

PROGRAMA DE CURSO

PROCESAMIENTO DE MINERALES II

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Minas (DIMIN)					
Nombre del curso	Procesamiento de minerales II	Código	MI4250	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Mineral processing II</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	MI4150: Procesamiento de minerales I, MI3235: Fenómenos de transporte					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes comprendan los fundamentos y operación en los procesos de concentración de minerales, transportes de pulpas y relaves, y separación sólido-líquido, siendo capaces de seleccionar o dimensionar sus equipos principales.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Analizar datos y elaborar modelos para la caracterización geominero-metalúrgica de materiales, recursos minerales y procesos.

CE2: Concebir, diseñar, optimizar e implementar soluciones científico-tecnológicas en explotación de yacimientos, procesamiento de minerales o metalurgia extractiva.

CE3: Diseñar operaciones y proyectos mineros, aplicando conocimientos de ingeniería y gestión.

CE4: Gestionar, coordinar y supervisar de manera sustentable operaciones y proyectos en evaluación de yacimientos, geomecánica, explotación minera, procesamiento de minerales y metalurgia extractiva.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG2: Comunicación en inglés

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2	RA1: Analiza la naturaleza de los procesos de concentración de minerales, transportes de pulpas y relaves, y separación sólidos-líquidos, considerando sus fundamentos, a fin de relacionarlos con las características de los minerales a procesar.
CE1, CE4	RA2: Plantea y resuelve balances másicos por especies minerales y elementos, y balances de energía en los circuitos de procesamiento, estimando indicadores de eficiencia de proceso (tales como, recuperación, recuperación por tamaño, consumos específicos de energía y agua, entre otros).
CE1, CE2, CE3	RA3: Selecciona de un grupo de ensayos mineralúrgicos, según su naturaleza y limitaciones, el que permite apoyar el dimensionamiento de equipos a nivel de prefactibilidad, de los procesos de concentración de minerales, transportes de pulpas y relaves, y separación sólidos-líquidos y caracterización geometalúrgica.
CE3	RA4: Selecciona los componentes de los procesos de concentración de minerales, transportes de pulpas y relaves, y separación sólidos-líquidos, de acuerdo a requerimientos y características de los minerales a tratar, para dimensionar secciones de un circuito de procesamiento de minerales.

CE4	RA5: 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.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	<p>RA6: Produce textos de carácter explicativo – argumentativo en los que analiza críticamente procesos unitarios, tendencias en procesamiento de minerales, considerando el uso de términos técnicos, ajustándose a criterios de claridad, capacidad de síntesis, y manejo de referencias bibliográficas debidamente citadas.</p> <p>RA7: Expone en forma oral sobre temas asociados al procesamiento de minerales, cuya presentación evidencia claridad y concisión en las ideas, manejo del tiempo y uso de soportes visuales (tablas, imágenes, figuras) para respaldar su análisis y sus conclusiones.</p>
CG1, CG2	RA8: Lee en inglés y español, sintetizando y relacionando información sobre procesamiento de materiales a fin de aplicar nuevos aprendizajes y conceptos a problemas de procesos de concentración de minerales, transportes de pulpas y relaves, y separación sólidos-líquidos.
CG3, CG5	RA9: Plantea una visión crítica sobre la relación entre el uso del recurso hídrico en el contexto minero chileno y los procesos unitarios de separación sólido-líquido relevantes, considerando aspectos como escasez del agua, la mirada de la sociedad, entre otros.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA8	Introducción y métodos físicos de concentración de minerales	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Marco general de operaciones de concentración y separación sólido-líquido y transporte de pulpa. 1.2. Fundamentos de métodos físicos de concentración. 1.3. Concentración por selección. 1.4. Concentración gravitacional y por medios densos. 1.5. Concentración magnética. 1.6. Separación electrostática.		El/la estudiante: 1. Define y caracteriza la naturaleza del procesamiento de minerales, en particular las operaciones de concentración, separación sólido-líquido, transporte de pulpas. 2. Compara los fundamentos de distintas alternativas de concentración de minerales, analizándolos según las características del mineral. 3. Realiza una lectura crítica de capítulos de libros, en inglés sobre métodos físicos y concentración.	
Bibliografía de la unidad		<ul style="list-style-type: none"> • B. A. Wills; Mineral Processing Technology. 8ª Edición, Butterworth - Heinemann. 2016. • M.C. Fuerstenau, and N.H. Kenneth; Principles of Mineral Processing. SME, 2003. 	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA8	Flotación de minerales	8 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Reactivos de flotación. 2.2. Mecanismos de adsorción de reactivos de flotación. 2.3. Electroquímica de la flotación. 2.4. Mineralización de burbujas. 2.5. Ensayos de flotación y cinética de flotación batch. 2.6. Equipos industriales. 2.7. Cinética de flotación en continuo. 2.8. Etapas y circuitos. 2.9. Eficiencia de separación.		El/la estudiante: 1. Utiliza modelos cinéticos a escala de laboratorio, piloto e industrial para la descripción de procesos y subprocesos de flotación. 2. Determina la relación entre ensayos de flotación con el funcionamiento de los equipos a escala industrial, considerando su relevancia. 3. Usa los resultados de las pruebas de laboratorio para el dimensionamiento de equipos y circuitos de escala industrial.	

<p>2.10. Flotación verdadera y flotación por arrastre. 2.11. Recuperación en la fase espuma. 2.12. Dimensionamiento de equipos y circuitos. 2.13. Dispersión de gas en flotación.</p>	<p>4. Determina los usos asociados a la operación de equipamiento de flotación, considerando los problemas que de estas operaciones se derivan. 5. Resuelve balances de masa, en el contexto de la concentración de minerales. 6. Produce textos de carácter explicativo – argumentativos, a partir de un análisis, teórico y práctico del proceso de flotación de minerales, (fases, requerimientos y criterios), demostrando manejo de términos técnicos. 7. Lee en español o inglés artículos sobre flotación de minerales, para adquirir nuevos aprendizajes sobre el proceso.</p>
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● M.C. Fuerstenau, and N.H. Kenneth; Principles of Mineral Processing. SME, 2003. ● B. A. Wills; Mineral Processing Technology. 8ª Edición, Butterworth - Heinemann. 2016. ● J. Leja, Surface Chemistry of Froth Flotation, 2nd Edition 2007 ● Y. Hu, W. Sun, D. Wang; Electrochemistry of Flotation of Sulphide Minerals. Springer, 2009. ● O. Levenspiel; Chemical Reaction Engineering. 3ª Edición. John Wiley & Sons Inc., 1999. ● Mular, D. Halbe and D. Barrat, Eds.; Mineral Processing Plant Design, Practice and Control, Vol. 1 & 2. SME, 2002.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA7, RA8, RA9	Operaciones unitarias en separación sólido – líquido	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Operaciones unitarias en separación sólido-líquido. 3.2. Coagulación y floculación de partículas. 3.3. Sedimentación de partículas. 3.4. Espesamiento. 3.5. Espesadores. 3.6. Dimensionamiento de espesadores. 3.7. Operación de espesadores.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Utiliza modelos cinemáticos o dinámicos en la descripción de operaciones unitarias en separación sólido - líquido. 2. Determina la importancia de realizar ensayos de sedimentación y filtración, considerando el funcionamiento de los equipos a escala industrial. 3. Aplica los resultados de las pruebas de laboratorio al dimensionamiento general de espesadores. 	

<p>3.8. Filtración. 3.9. Tipos de filtros. 3.10. Dimensionamiento de filtros.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 4. Aplica los resultados de las pruebas de laboratorio al dimensionamiento general de filtros. 5. Lee en inglés y español literatura técnica sobre el contexto nacional en el uso de agua y el estado del arte asociado a los procesos unitarios de recuperación de agua. 6. Escribe textos de carácter explicativo – argumentativos, en donde demuestra manejo de conceptos teórico – prácticos sobre los procesos unitarios de separación sólido-líquido en plantas concentradoras (fases, requerimientos y criterios) considerando dimensiones de análisis asociadas a la sustentabilidad. 7. Expone en forma oral sobre temas asociados a la separación sólido – líquido, evidenciando claridad, coherencia y concisión en el desarrollo de sus ideas, manejo del tiempo y uso de soportes visuales (tablas, imágenes, figuras) para respaldar sus conclusiones.
<p>Bibliografía de la unidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • M.C. Fuerstenau, and N.H. Kenneth; Principles of Mineral Processing. SME, 2003. • B. A. Wills; Mineral Processing Technology. 8ª Edición, Butterworth - Heinemann. 2016. • Mular, D. Halbe and D. Barrat, Eds.; Mineral Processing Plant Design, Practice and Control, Vol. 1 & 2. SME, 2002. • Concha, F.; Solid-liquid separation in the mining industry. Springer, 2014.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Transporte de pulpas y disposición de relaves	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<ol style="list-style-type: none"> 4.1. Reología de pulpas. 4.2. Gradiente hidráulico. 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. 		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determina la importancia de los ensayos de Reología asociados al funcionamiento de sistema de transporte de pulpas, considerando ventajas, limitaciones y problemas asociados. 2. Aplica los resultados de las pruebas de laboratorio al dimensionamiento de equipos. 	

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Identifica los usos asociados a la operación de sistemas de transporte de pulpa, considerando problemas y limitaciones que derivan de estas operaciones. 4. Calcula el gradiente hidráulico y estima la capacidad y potencia requerida para el transporte por tuberías en un sistema de larga distancia.
Bibliografía de la unidad	<ul style="list-style-type: none"> ● Abulnaga, B; Slurry Systems Handbook 2ed, 2021.

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias de enseñanza:

- Clases expositivas.
- Lecturas.
- Resolución de problemas.
- Laboratorios demostrativos.

F. Estrategias de evaluación:

El curso tiene distintas instancias de evaluación entre las que se pueden mencionar:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
• Controles	Evalúa los RA1, RA2, RA3, RA4, RA5
• Ejercicios en clases auxiliares.	Evalúa los RA1, RA2, RA3, RA4, RA5
• Estudios de caso (reporte y presentación).	Evalúan RA4, RA5, RA6, RA7, RA8
• Examen	Evalúa los RA1, RA2, RA3, RA4, RA5

**Al principio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre el tipo de evaluaciones, cantidad y ponderaciones correspondientes.*

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria

- [1] M.C. Fuerstenau, and N.H. Kenneth; Principles of Mineral Processing. SME, 2003.
- [2] B. A. Wills; Mineral Processing Technology. 8ª Edición, Butterworth - Heinemann. 2016.
- [3] J. Leja, Surface Chemistry of Froth Flotation, 2nd Edition 2007.
- [4] Y. Hu, W. Sun, D. Wang; Electrochemistry of Flotation of Sulphide Minerals. Springer, 2009.
- [5] O. Levenspiel; Chemical Reaction Engineering. 3rd Edition. John Wiley & Sons Inc., 1999.
- [6] Mular, D. Halbe and D. Barrat, Eds.; Mineral Processing Plant Design, Practice and Control, Vol. 1 & 2. SME, 2002.
- [7] Concha, F.; Solid-liquid separation in the mining industry. Springer, 2014.
- [8] Abulnaga, B; Slurry Systems Handbook 2ed, 2021.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso

Vigencia desde:	Primavera, 2022
Elaborado por:	Willy Kracht, Christian Ihle
Validado por:	Validación académico par: Andreina García Validación CTD de Minas
Revisado por:	Área de Gestión Curricular