

PROGRAMA DE CURSO QUÍMICA MINERALÓGICA

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Minas (DIMIN)					
Nombre del curso	Química mineralógica	Código	MI3100	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Mineralogical Chemistry</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	2	Trabajo personal	5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	IQ2211: Química					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes trabajen con las propiedades físico-químicas de los minerales y sus aplicaciones en el campo de la explotación minera, mineralogía aplicada y procesamiento de minerales, comprendiendo su relevancia en la industria minera. Para ello, analizan elementos químicos formadores de los principales grupos minerales; considerando principios cristalquímicos básicos para la formación de estructuras cristalinas. Asimismo, el y la estudiante identifican y analizan técnicas para la identificación y cuantificación mineral.

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

CE1: Analizar datos y elaborar modelos para la caracterización geo-minero-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.

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.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Clasifica y compara tipos de rocas y minerales a macroescala, considerando las diferencias de estas en cuanto a mineralogía, hábitos y textura, en el contexto del procesamiento mineral.
	RA2: Utiliza conceptos de nucleación y crecimiento de distintos minerales en la formación de texturas de las rocas a fin de establecer criterios asociados a técnicas analíticas que permiten una mayor eficiencia de los procesos extractivos.
CE1, CE2	RA3: Analiza y utiliza datos que aportan a la definición de unidades geometalúrgicas, considerando sus ventajas y limitaciones en la caracterización de la mena a distintas escalas, en el contexto de la búsqueda de soluciones en el procesamiento de minerales o metalurgia extractiva.
CE4	RA4: Usa como criterios la información de bases de datos y mediciones obtenidas con técnicas analíticas sobre asociación mineralógica y textura, así como las propiedades fisicoquímicas de los minerales, para permitir mejoras en la gestión y control de los procesos mineros.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA5: Reporta, en forma oral y escrita, resultados de los laboratorios y del uso de bases de datos en el contexto de las operaciones unitarias, informando sobre la estructura y comportamiento de los minerales y las propiedades físicas y químicas de las rocas.
CG4	RA6: Ejecuta con su equipo, un trabajo colaborativo y coordinado, en diversas actividades, considerando distribución de roles y respeto por los plazos para cumplir con lo solicitado.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA6	Química inorgánica y crecimiento cristalino	3,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Tabla periódica para Ciencias de la Tierra. 1.1.1. Distribución de los elementos en el Universo y en la Tierra. 1.1.2. i. átomo. ii.- Tipos de enlaces. 1.2. Cristalografía. 1.2.1. Principios de cristalografía. i.- Estructuras cristalinas, ii.- Reglas de Pauling. 1.2.2. Empaquetamiento cristalino. 1.2.3. Sistemas cristalográficos. 1.3. Procesos de crecimiento cristalino clásicos. 1.3.1. Nucleación y crecimiento cristalino. 1.3.2. Mecanismos de crecimiento. 1.3.3. Tipos de hábitos cristalinos, texturas y fábricas.		El/la estudiante: 1. Identifica elementos químicos en la tabla periódica de la Ciencias de la Tierra, en función de su posición, de las propiedades físico – químicas y tipos de enlace. 2. Analiza la distribución de elementos químicos en la tierra y el universo. 3. Usa índices de Miller para caracterizar la estructura cristalina en función de su sistema cristalográfico. 4. Analiza la formación de estructuras cristalinas, considerando los procesos clásicos de crecimiento cristalino. 5. Clasifica minerales, considerando su formación, hábitos y propiedades características. 6. Trabaja con su equipo en actividades laboratorio de manera colaborativa y coordinada.	
Bibliografía de la unidad		-Apuntes del profesor sobre la base de los siguientes textos: (9) Cap. 7; (12) paper; (16) paper; (6) paper; (8) Cap. 5. (2) Cap. 8-14.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA4, RA5, RA6	Propiedades fisicoquímicas de los minerales	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Minerales: propiedades físicas y químicas. i. densidad. ii. dureza iii. elasticidad iii. Reactividad iii. Hidrofobicidad iv. Punto de fusión v. color. 2.2. Elementos nativos y Halógenos: i. Propiedades físicas, ii. Interés económico. 2.3. Sulfuros, Óxidos e Hidróxidos. i. Propiedades físicas, ii. Interés económico.		El/la estudiante: 1. Determina y explica la relevancia de cada grupo mineral, distinguiendo entre formadores de rocas y yacimientos minerales. 2. Identifica y analiza minerales fundamentales para la industria minera, considerando su importancia económica. 3. Diferencia y caracteriza grupos de minerales metálicos y no metálicos por sus propiedades fisicoquímicas e interés económico. 4. Identifica y analiza las principales propiedades	

2.4. Carbonatos, Sulfatos i. Propiedades físicas, ii. Interés económico. 2.5. Silicatos: i. Propiedades físicas, ii. Interés económico.	físicas y químicas de cada grupo mineral, considerando principios cristalquímicos de formación de minerales. 5. Trabaja con su equipo de manera coordinada y planificada en las solicitudes y trabajo de laboratorio. 6. Reporta un avance sobre el uso de datos para el análisis de la estructura y comportamiento de los minerales, las propiedades físicas y químicas de las rocas en el contexto de las operaciones unitarias.
Bibliografía de la unidad	-Apuntes del profesor sobre la base de los siguientes textos: (9) Cap. 6, 8; (4) paper; (15) paper; (1) Cap. 1

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA4, RA5, RA6	Técnicas de caracterización mineral	6,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Técnicas de análisis químico: <ul style="list-style-type: none"> Fluorescencia de rayos X (XRF). Digestiones y análisis por vía húmeda (ICP-OES/ICP-MS). <i>Electron Probe Microanalysis</i>. <i>Time-of-flight ion mass spectrometry</i>. 3.2. Técnicas de mineralogía en micro-escala: <ul style="list-style-type: none"> Difracción de rayos X (XRD). Microscopía óptica. Scanning electron microscope (SEM). 3.3. Técnicas de mineralogía en 3D. <ul style="list-style-type: none"> Tomografía y microtomografía. Synchrotron. 3.4. Mineralogía automatizada para minería i. Análisis químico en línea ii. SEM automático iii. Automatización en XRF, NIR, FT-TIR, FTIR iii. Espectroscopia automatizada. 3.5. Técnicas de análisis para partículas. i. tamizaje ii. análisis de láser iii. Análisis con imágenes.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Identifica y analiza distintas técnicas analíticas, considerando el tipo de dato obtenido, la información mineralógica y composicional que cada una de estas aporta. Relaciona cada técnica analítica con la información mineralógica o composicional requerida para el control del proceso productivo y definición de unidades geometalúrgicas. Compara los resultados de las escalas de medición de caracterización mineral, considerando la precisión y exactitud de cada técnica estudiada. Trabaja con su equipo en las solicitudes y trabajo de laboratorio, considerando en su quehacer coordinación, colaboración y respeto por plazos. Expone, con claridad, sobre el tipo de operación unitaria requerida en el contexto de la extracción minera, de acuerdo al análisis de datos de muestras de rocas en función de su textura y geoquímica. 	

3.6. Técnicas de mineralogía en mesoscala i. escaneo de sondajes ii. Técnicas de caracterización en correas transportadoras.	
Bibliografía de la unidad	(9) Cap. 7; (12) paper; (16), paper; (6) paper; (8) Cap. 5; (2) Cap. 8-14

E. Estrategias de enseñanza -aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- **Clases expositivas** donde se presentan y exponen los principales conceptos de la sesión de trabajo y luego el estudiante analiza ejemplos y resuelve problemas atinentes a los contenidos tratado.
- **Lectura de literatura especializada** (artículos) para analizar ejemplos del análisis de rocas en el contexto de las operaciones unitarias.
- **Resolución de problemas:** incluye resolución de problemas a partir del análisis de aspectos claves del trabajo de la química mineralógica y su aporte a las operaciones unitarias.
- **Trabajo de Laboratorio** en modalidad individual o grupal, donde ponen en práctica el uso de técnicas y cálculos para la caracterización y clasificación de minerales y propiedades fisicoquímicas de las rocas.

F. Estrategias de evaluación:

Al inicio de cada semestre, el cuerpo académico informará sobre los tipos de evaluación, la cantidad y las ponderaciones correspondientes.

Para esta propuesta se consideran las siguientes estrategias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
» Controles	Control 1 (unidad 1 y unidad 2) Evalúa RA1, RA2
» Reporte	Reporte del análisis de datos (se considera como un control 2)
» Actividades de laboratorio y quiz asociado a la actividad	Laboratorio 1: clasificación de minerales en función de su composición química, cristalografía y mecanismos de crecimiento. (unidad 1) Laboratorio 2: cálculo de liberación y disolución secuencial. (unidad 2). Laboratorio 3: análisis de datos geoquímicos y de SEM para calcular recuperación por especies (unidad 3). Evalúan RA1, RA2, RA4, RA5, RA6
» Proyecto	Reporte 1 de avance. Exposición y reporte final. Evalúa RA4, RA5, RA6.
» Examen (1)	Evalúa RA1, RA2, RA3

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- (1) Arndt, N. and Ganino C. (2012). *Metals and Society: An Introduction to Economic Geology*. Springer-Verlag, 160 pp.
- (2) Becker, M., Wightman E., Evans C., (2016) *Process Mineralogy*. JKMRC Monographs series in Mining and Minerals Processing. No.6
- (3) Bernal, J.P., Railsback, L.B., (2008) *Introducción a la tabla periódica de los elementos y sus iones para ciencias de la tierra*. Revista Mexicana de ciencias geológicas. V. 25, num. 2, pág. 236-246.
- (4) Deer, W.A., Howie, R.A. and Zussman, J., (2013). *An introduction to the rocks forming minerals*. Longman, London, (3rd ed.), 528 pp.
- (5) Dominy, O'Connor, Parbahakar-Fox, Glass, Purevgerel, (2018). *Geometallurgy- A route for more resilient mine operations*. *Minerals*
- (6) Gu, (2003). *Automated Scanning Electron Microscope Based Mineral Liberation Analysis*. *Journal of minerals and materials characterisation & engineering*.
- (7) Mariano C., Evans E., Manlapig E., *Definition of random and non-random breakage in minerals liberation –A review*. *Minerals Engineering*.
- (8) Higgins (2006). *Quantitative textural measurements in igneous and and metamorphic petrology*. Cambridge University Press.
- (9) Klein, C. y Hurlbut, C.S. (2001). *Manual de Mineralogía de Dana (22ª edición)*. Reverté, Barcelona, 641 pp.

Bibliografía complementaria

- (10) Cullity, B.D., Stock, S.R. (2001). *Elements of X-Ray Diffraction*. Prentice and Hall: 3ª edición.
- (11) Napier-Munn., T.J. (1996). *Statistical methods for minerals engineers*. JKMRC Monographs series in Mining and Minerals Processing. No.1.
- (12) Nesse, W.D. (1999). *Introduction to Mineralogy*. Oxford University Press.
- (13) Williams, D.B and Carter, C.B. (2009). *Transmission Electron Microscopy: A text book for material science*. Second Edition, Springer-Verlag New York Inc.

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

Vigencia desde:	Otoño, 2022
Elaborado por:	Pía Lois
Validado por:	Revisión par: Brian Townley Validación CTD de Minas
Revisado por:	Área de Gestión Curricular