

PROGRAMA DE CURSO MINERÍA Y SUSTENTABILIDAD

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Minas (DIMIN)					
Nombre del curso	Minería y sustentabilidad	Código	MI3110	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Mining and Sustainability</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	CD2201: Módulo interdisciplinario					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes puedan analizar las etapas de desarrollo de un proyecto minero y sus características, desde la prospección geológica hasta la obtención de los productos y subproductos minerales, con un enfoque ético y sustentable del negocio minero. Para ello, el curso se desarrolla integrando los conceptos de Geo-Minero-Metalurgia (GMM) y Sostenibilidad. De esta forma, los/las estudiantes tendrán una visión global de los desafíos técnicos y de los impactos socio económicos y socio ambientales de los procesos del negocio minero.

Asimismo, elabora y plantea, a nivel conceptual, estrategias para el desarrollo de una minería responsable en torno al medio ambiente y comunidades, considerando la relación entre la normativa vigente, la legislación minera y aspectos técnicos y económicos de esta actividad.

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.

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

CE5: Evaluar y/u optimizar técnica y económicamente recursos, procesos y proyectos de ingeniería en el ámbito de la industria minera, incorporando las dimensiones sociales, ambientales e interpersonales.

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 variados tipos de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos de acuerdo 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.

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.

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
CE4	RA1: Analiza el impacto ambiental y socioeconómico de la actividad minera en Chile, en cada una de sus etapas, considerando aspectos técnicos, normativos y de seguridad, a fin de contextualizar el negocio minero, desde una mirada global y disciplinar.
CE1, CE5	RA2: Determina la relación entre Geología, Minería y Metalurgia Extractiva, bajo el concepto de GMM (Geo–Minero–Metalurgia), describiendo desde una perspectiva aplicada y técnica cómo es dicha vinculación.
	RA3: Resuelve ecuaciones químico – matemáticas con balances de masa que permiten cuantificar flujos, tamaño y número de equipos para el procesamiento de minerales y metalurgia extractiva (piro, hidro y electrometalurgia).
	RA4: Utiliza y elabora diagramas de procesos respecto de las operaciones unitarias y procesos, considerando variables técnicas, ambientales y económicas que los afectan y los requerimientos que concurren al desarrollo de la explotación minera.

CE5	RA5: Elabora y plantea, a nivel conceptual, estrategias para el desarrollo de una minería responsable en torno al medio ambiente y comunidades, considerando la relación entre la normativa vigente, la legislación minera y aspectos técnicos y económicos de esta actividad.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1, CG2	RA6: Lee comprensivamente, en español e inglés, artículos científicos y textos sobre economía y legislación minera, para relacionar aspectos técnicos y teóricos con el desarrollo y evolución de la actividad en minería.
CG4	RA7: Ejecuta con su equipo diversas actividades, considerando una participación activa, el respeto por las ideas del otro al momento de dialogar, consensuar y exponer una propuesta común de estrategias para el desarrollo de una minería responsable.
CG3, CG5	RA8: Integra criterios técnicos, económicos y de desarrollo sostenible a una estrategia conceptual de desarrollo de una minería responsable, considerando el respeto por el medio ambiente, entorno y comunidades.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA5, RA6, RA8	Economía de minerales y legislación minera	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1.Contexto de la situación de la minería y del negocio minero: minería metálica y no-metálica en el mundo; minería metálica y no metálica en Chile con énfasis en cobre. 1.2.Legislación minera y su relación con la minería. 1.3.Nociones de Economía de Minerales. 1.4.Los ejes del negocio minero: social, ambiental y económicos. Sustentabilidad y medio ambiente.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Explica la importancia de la minería como actividad económica para Chile, y su desarrollo en el contexto nacional y mundial. Analiza la participación y trayectoria de Chile en el negocio minero, a partir de la producción y obtención de cobre y de otros minerales explotados en Chile. Identifica las bases económicas que rigen los mercados de minerales. Analiza la actividad minera, considerando la legislación minera y normativas asociadas. Describe y analiza el vínculo de la minería con la sociedad y comunidades, considerando los problemas socio - ambientales y económicos del manejo de recursos naturales. Lee de manera comprensiva artículos científicos y textos sobre economía y legislación minera. 	

Bibliografía de la unidad

(1) Cap.1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 14.
(5) Apuntes del curso, disponibles en Materiales

Ucursos.
 Código de Minería (2014): Ley 18.248 de la República de Chile.
 Reglamento de Seguridad Minera (2013): D.S. Número 132, de la República de Chile.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA2	Geología–Minería–Metalurgia Extractiva: la relación geo-minero metalúrgica (GMM)	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. El rol de la geología: su rol en la actividad minera. 2.2. Reconocimiento de depósitos minerales. 2.3. Definición de unidades geológicas y su proyección en la explotación. 2.4. Relación de la geología en los modelos Geo-Minero-Metalúrgicos.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Explica la importancia de la geología y su relación con la explotación minera, el procesamiento de minerales y la metalurgia extractiva en el contexto del negocio minero. Relaciona la existencia de diferentes depósitos minerales con la definición de unidades geológicas, considerando su proyección en la explotación en el contexto del negocio minero. 	
Bibliografía de la unidad		(1) Cap.1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 14 (2) Cap. 2, 3, 4, 5 y 6 (4) Cap.1, 2, 3, 4, 7 y 8. (5) Apuntes del curso, disponibles en Materiales Ucursos.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA4, RA5	Sistemas mineros	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Métodos de Explotación. 3.2. Planificación Minera. 3.3. Diseño Minero. 3.4. Excavación. 3.5. Carguío y Transporte. 3.6. Gestión de operaciones mineras y su relación con las comunidades y su entorno.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Clasifica y describe los diferentes métodos de explotación minera, en el contexto del diseño y la planificación del negocio minero. Elabora diagramas de procesos de los métodos de explotación, integrando las operaciones unitarias de excavación, carguío y transporte, en el contexto de la geo-minero – metalurgia. Describe las distintas estrategias de gestión e inversión en la industria minera, considerando elementos de mercado financiero y la relación con las comunidades y su entorno. 	
Bibliografía de la unidad		(1) Cap.1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 14. (5) Apuntes del curso, disponibles en Materiales Ucursos.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2, RA3, RA4, RA8	Procesamiento de Minerales y Metalurgia Extractiva	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Introducción a procesos mineralúrgicos y metalúrgicos. 4.2. Procesamiento de minerales. 4.3. Concentración de minerales. 4.4. Pirometalurgia. 4.5. Hidrometalurgia. 4.6. Electrometalurgia. 4.7. Seguridad en procesos.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Analiza las operaciones de procesamiento de minerales y metalurgia extractiva para la extracción de valiosos y los minerales que estos contienen. Compara y describe las rutas extractivas, en el contexto del procesamiento de minerales y metalurgia extractiva, considerando ventajas y desventajas. Resuelve ecuaciones químico – matemáticas para establecer balances de masa que permiten cuantificar flujos, tamaño y número de equipos. Elabora diagramas de las rutas de procesamiento de minerales y metalurgia extractiva (piro, hidro y electrometalurgia), dependiendo de las características del mineral a tratar. Describe los procesos involucrados en la obtención de valiosos durante el tratamiento de minerales y la extracción metalúrgica, así como la disposición de pasivos ambientales, considerando su impacto en el negocio minero. Relaciona fundamentos y principios de seguridad con procesos y operaciones unitarias extractivas, considerando medidas de seguridad mínimas para operar en forma, responsable, segura y sustentable en una faena. 	
Bibliografía de la unidad		(3) Capítulos: 2, 3, 4, 5, 8, 13, 14, 15, 16, 17 and 18. Código de Minería: Ley 18.248 de la República de Chile. Reglamento de Seguridad Minera: D.S. Número 132, de la República de Chile.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA5, RA7, RA8	Sustentabilidad, Medio Ambiente y Comunidades	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Responsabilidad social en los negocios mineros. 5.2. La relación de la minería con las comunidades y su entorno. 5.3. Cierre de mina.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Diseña estrategias, a nivel conceptual, para el desarrollo de una minería sostenible, considerando aspectos técnicos, normativos, económicos, sociales y medioambientales. Elabora con su equipo la estrategia, a nivel conceptual, para el desarrollo de una minería sostenible, considerando en su trabajo una participación activa y una comunicación efectiva entre los pares y con el entorno. Analiza los factores involucrados en el cierre de una mina, considerando, entre otros, aspectos legales y medio ambientales. Determina la importancia de integrar los ejes social, ambiental y económico como pilares para el desarrollo del negocio minero. 	
Bibliografía de la unidad		(1) Cap.1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 14. (5) Apuntes del curso, disponibles en Materiales U cursos.	

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias de enseñanza:

- **Clase expositiva:** incluye una presentación y análisis de los conceptos centrales de cada unidad, considerando una participación activa de los y las estudiantes que analizan ejemplos, resuelven problemas, etc.
- **Resolución de problemas:** a partir de una serie de desafíos, los y las estudiantes resuelven problemas asociados a tareas y ejercicios asociados a los diversos contenidos, procedimientos tratados en las unidades.
- **Lectura crítica:** los y las estudiantes leen diversos textos sobre minería y sustentabilidad para incorporar dichos conceptos a su formación.

F. Estrategias de evaluación:

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

El curso considera las siguientes instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
• Control de lectura (1 a 2).	Evalúa RA1, RA5.
• Controles (2).	Control 1: RA1, RA2, RA3. Control 2: RA2, RA3, RA7.
• Ejercicios (5 a 6).	Evalúan los RA2, RA3.
• Tarea en donde se presenta la estrategia para el desarrollo de una minería sostenible.	Una nota por la tarea. Una nota por la exposición de resultados. Evalúa los RA4, RA5, RA6, RA7.
• Examen (1).	Evalúa RA1, RA2, RA3, RA7.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- (1) Kesler, S. and Simon, A., (2015). *Mineral Resources, Economics and the Environment*, Cambridge University Press.
- (2) Franks, D. (2015). *Mountain movers: Mining, Sustainability and the agents of change*, Earthscan.
- (3) Schlesinger M., King M., Sole K. and Davenport W., *Extractive Metallurgy of Copper*, (2011). 5th Ed., Chapters: 2, 3, 4, 5, 8, 13, 14, 15, 16, 17 and 18.
- (4) Tarbuck, E. J.; Lutgens, F. K., y Tasa, D. **Ciencias de la Tierra**. (2005), 8th Ed., Chapters: 1, 2, 3, 4, 7 and 8.
- (5) Apuntes de los/las profesores. Disponibles en Materiales U cursos.

Bibliografía complementaria:

- (6) Bodsworth C. *The Extraction and Refining of Metals*, 1st Ed., (1994), Chapters: 1, 4, 5, 6 and 7.
- (7) Hartman H, Mutmanský, J. (2002). *Introductory Mining Engineering*, John Wiley & Sons, New York, NY, Second Edition.
- (8) Millán, A. (2006). **La Minería en Chile en el Siglo XX**. Editorial Universitaria: Chile.
- (9) Código de Minería (2014): Ley 18.248 de la República de Chile.
- (10) Reglamento de Seguridad Minera (2013): D.S. Número 132, de la República de Chile
- (11) Hustrulid, W. et al (2001) - *Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies*
- (12) Read, J. and P. F. Stacey (2009) - *Guidelines for Open Pit Slope Design*, CSIRO Publishing.
- (13) Guilbert J, Park C (1996). *The Geology of Ore Deposits*, W.H. Freeman and Company, New York, NY.
- (14) Humphreys, D. (2015) - *The Remaking of the Mining Industry*, Palgrave Macmillan UK.
- (15) Maxwell, P. (ed.), (2006). *Australian Mineral Economics*, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, New York, N.Y., E.E.U.U.

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

Vigencia desde:	Otoño, 2021
Elaborado por:	Leandro Voisin, Luis Felipe Orellana
Validado por:	Validadores pares: comisión de académicos del DIMIN Validado por CTD de Minas
Revisado por:	Área de Gestión Curricular