

## PROGRAMA DE CURSO FUNDAMENTOS DE TECNOLOGÍA MINERA

### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería de Minas					
Nombre del curso	Fundamentos de tecnología minera	Código	MI4070	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Mining Technology Fundamentals</i>					
Horas semanales	Docencia	4	Auxiliares	2	Trabajo personal	5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	MI3215: Mecánica de rocas II					

### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes determinen la arquitectura existente de los dos métodos de explotación más utilizados en el mundo: explotación subterránea y a cielo abierto, comparándolos y asociándolos a los procesos unitarios requeridos. En dicho marco, aplica los fundamentos de cada una de las operaciones unitarias relacionadas con la explotación de minerales, mediante cálculos de ciclo de transporte, requerimientos de ventilación, construcción de accesos y diseño minero general, a fin de dar respuesta a problemas reales en el ámbito de la tecnología minera.

Las clases tendrán una estructura teórico-práctica que consideran el análisis de los temas con diversas metodologías entre las que se pueden mencionar: exposiciones, lectura de textos en inglés y español, análisis de casos, de forma individual o en equipo.

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

CE1: Concebir, diseñar, optimizar e implementar soluciones científico-tecnológicas para la adecuada explotación de yacimientos.

CE2: Diseñar operaciones y proyectos mineros, aplicando conocimientos de ingeniería y gestión.

CE3: 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 ambientes sociales, académicos y profesionales.

**CG2: Comunicación en inglés**

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

**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, líder o colaborador, según requerimientos u objetivos del trabajo.

**CG6: Innovación**

Concebir ideas viables y novedosas que generen valor para resolver necesidades latentes, materializadas en productos, servicios o en mejoras de procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural y económico y los beneficios para el usuario.

### C. Resultados del aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje (RA)
CE1	RA1: Determina y analiza la arquitectura existente de los métodos de explotación subterránea y a cielo abierto, comparándolos y asociándolos a los procesos unitarios requeridos.
CE2	RA2: Aplica los fundamentos de las operaciones mineras para: (1) diseñar diagramas de arranque roca y construcción de accesos, (2) calcular flotas y/o dimensionar equipos de carguío y transporte, y (3) calcular requerimientos y flujos de ventilación.  RA3: Elabora un proyecto de benchmark sobre perforación y tronadura, carguío y transporte y ventilación a fin de acercar sus conocimientos a la realidad minera e interiorizar valores típicos.
CE3	RA4: Calcula requerimientos de energía, mano de obra, administración, consumibles y otros costos que permiten diferenciar alternativas de diseño y/o flota de equipos, a fin de tomar decisiones.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA5: Comunica en forma oral y escrita los resultados de sus investigaciones considerando criterios de claridad, precisión y adaptación del mensaje según su audiencia.
CG1, CG2	RA6: Lee en inglés y español diversos textos (artículos de congreso, memorias, manuales, reglamentos de seguridad minera), sintetizando ideas que le permitan analizar críticamente problemas de la minería, marco legal, avances tecnológicos y soluciones ambientalmente amigables.
CG4	RA7: Organiza su quehacer con el de sus compañeros para ejecutar una serie de actividades asociadas a un benchmark, considerando la distribución de roles y tareas, responsabilidad, disponibilidad para la ejecución y una evaluación y auto-evaluación del quehacer propio y el de sus pares.
CG6	RA8: Realiza un proyecto de benchmark sobre perforación y tronadura, carguío y transporte y ventilación el cual aporta datos técnicos que le permiten al estudiante conocer la realidad operacional y a partir de ello concebir/proponer posibles soluciones tecnológicas innovadoras.

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA6, RA7, RA8	Introducción a las Operaciones Unitarias Mineras	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Métodos de explotación. 1.2. Operaciones unitarias de los métodos de explotación. 1.3. Costeo y productividad de las diferentes operaciones unitarias.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conoce los diferentes métodos de explotación, según su arquitectura.</li> <li>2. Identifica las operaciones unitarias de un determinado proceso de arranque de roca.</li> <li>3. Distingue rangos de productividad de las diferentes operaciones unitarias, considerando las actividades críticas que las componen.</li> <li>4. Lee en inglés sobre casos de estudio con aplicación directa de tecnología minera, extrayendo, sintetizando e interiorizando información clave.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		Hamrim H (2001) <i>Underground Mining Methods and Applications</i> , in W Hustruid & R Bullock (Eds.) <i>Underground Mining Methods – Engineering Fundamentals and International Case Studies</i> , Cap. 1, SME. Carter P (2011) <i>Selection Process for Hard-Rock Mining</i> , in P Darling (Ed.) <i>Mining Engineering Handbook</i> , 3rd ed., Cap. 6.3, SME. Orr Stephen (1992) <i>Hard-Rock Mining: Method Selection Criteria</i> , in H Hartman (Ed.) <i>Mining Engineering Handbook</i> , 2nd ed., Cap. 21.1, SME.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA2, RA3, RA4, RA5, RA7	Fragmentación y arranque de rocas	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Fundamentos de perforación y tronadura. 2.2. Diseño de diagramas de disparo en minería subterránea y a cielo abierto. 2.3. Cálculo de ciclos de perforación y tronadura. 2.4. Determinación de equipos. 2.5. Estimación de costos.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplica los fundamentos de la operación de perforación y tronadura, para el diseño minero.</li> <li>2. Diseña un diagrama de disparo aplicable a una faena minera.</li> <li>3. Selecciona el agente de tronadura y accesorios de acuerdo a requerimientos técnico/económicos.</li> <li>4. Determina el costo de perforación y tronadura para un diagrama de disparo.</li> <li>5. Selecciona y determina la flota de equipos requeridos de perforación y tronadura acuerdo a distintos criterios técnicos y económicos.</li> <li>6. Lee en inglés artículos y documentos técnicos sobre fragmentación y arranque de rocas, sintetizando información aplicable al análisis y búsqueda de soluciones.</li> <li>7. Incorpora en su proyecto de benchmark el ámbito de perforación y tronadura de diferentes faenas.</li> <li>8. Redacta, de manera clara y coherente, junto a su equipo, un avance del proyecto.</li> <li>9. Trabaja con su equipo, ajustándose a una planificación y cumplimiento de metas.</li> <li>10. Expone con claridad los avances del proyecto.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		Hustrulid W (1999) <i>Blasting principles for open pit mining</i> , Vol. 1, Cap. 4, 7, 8. Persson P, Holmberg R & Lee J (1994) <i>Rock Blasting and Explosives Engineering</i> , 1st ed., Cap. 2, 3. Rodríguez F, Berg A, Videla JC, Jamett N, Morales D, Castro R & Arancibia L (2020) <i>Lessons learned during the initial undercutting at the Chuquicamata Underground Mine</i> , in R Castro, K Suzuki & F Báez (Eds.) proceedings of the 8 <sup>th</sup> International Conference & Exhibition on Mass Mining, Chile. Paredes P, Rodríguez F, Castro R, Morales D, García D (2019) <i>Design and evaluation of single-phase drawbell excavation at the Chuquicamata underground mine</i> , The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 119, 1061-1070.	

	DS N°132-2004, Diario Oficial de la República de Chile, Ministerio de Minería, Título III - Cap. 5, Título IV - Cap.2
--	---

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA8	Carguío y Transporte	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Aplicación de carguío y transporte a los sistemas mineros. 3.2. Selección de equipos de carguío y transporte 3.3. Flotas de equipo utilizadas para el arranque de mineral y sus características productivas. 3.4. Cálculo de ciclos de carguío y transporte. 3.5. Estimación de costos de carguío y transporte. 3.6. Sistemas de traspaso de mineral.		El/la estudiante: 1. Aplica los fundamentos y conceptos de carguío y transporte minero a un problema relacionado con la productividad en un sistema minero. 2. Calcula ciclos y determina la productividad esperada para equipos de carguío tales como LHD, palas, cargadores frontales. 3. Calcula ciclos y determina la productividad esperada para equipos de transporte tales como camiones, trenes, correas transportadoras y sistemas de extracción vertical. 4. Diseña sistemas de traspaso de minerales 5. Calcula los costos asociados al manejo de minerales 6. Incorpora en su proyecto de benchmark el ámbito de carguío y transporte de diferentes faenas mineras. 7. Redacta, de manera clara y coherente, un avance del proyecto. 1. Expone de manera fundamentada y coherente un avance del proyecto	
Bibliografía de la unidad		H Hartman (Ed.) (1992) Mining Engineering Handbook, 2nd ed., Cap. 9.3, 9.4, 17.5, SME BA Kennedy (Ed.) Surface Mining, 2nd ed., Cap. 6.5, SME Vega H & Castro R (2020) <i>Semi Autonomous LHD operational philosophy for panel caving applications</i> , in R Castro, K Suzuki & F Báez (Eds.) proceedings of the 8 <sup>th</sup> International Conference & Exhibition on Mass Mining, Chile Paredes P, Gajardo D, Leaño T, Peñaloza S & Tramón C (2020) <i>Simplifying the Ore Handling System through the Use of Current Technnology at Chuquicamata Underground Mine Project</i> , in C Carr & G Chitombo (Eds.) proceedings of the 7 <sup>th</sup> International Conference & Exhibition on Mass Mining, Australia	

	DS N°132-2004, Diario Oficial de la República de Chile, Ministerio de Minería, Título III - Cap.2, 3, Título IV - Cap.3
--	---

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Ventilación de minas subterráneas	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Requerimiento de ventilación de los sistemas mineros. 4.2. Caudales, presiones y pérdidas de caudal en minería subterránea. 4.3. Diseño y simulación de redes de ventilación mediante software.		El/la estudiante: 2. Determina los requerimientos de ventilación de acuerdo el sistema productivo y de acuerdo con la legislación vigente. 3. Diseña una red de ventilación, estimando las alteraciones en los flujos de aire y considerando los requerimientos de caudal de aire, de acuerdo a la legislación y a las prácticas existentes en la industria. 4. Calcula los costos asociados a la ventilación. 5. Incorpora en su proyecto de benchmark el ámbito de ventilación de diferentes faenas mineras. 6. Redacta, de manera clara y coherente, un avance del proyecto y reportes técnicos, considerando cálculos de ventilación. 7. Expone de manera fundamentada los resultados del proyecto.	
Bibliografía de la unidad		H Hartman, Mutmanky JM, Ramani RV & Wang YJ (1997) Mine Ventilation and Air Conditioning, 3rd ed., Cap. 3, 7, 14, 17. Yanes E (2014) <i>Ventilación de minas subterráneas</i> , 4° Ed., Cap. 1, 2, 6, Universidad Católica de Santa María, Perú. DS N°132-2004, Diario Oficial de la República de Chile, Ministerio de Minería, Título III, Cap.4. DS N°594-2000, Diario Oficial de la República de Chile, Ministerio de Salud, Título IV, Párrafo II.	

### E. Estrategias de enseñanza -aprendizaje:

<p>El curso considera las siguientes estrategias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases expositivas.</li> <li>• Exposiciones orales.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Resolución de problemas.</li> </ul>
---

- Aprendizaje basado en proyecto.

## F. Estrategias de evaluación:

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

- Controles.
- Tareas.
- Proyecto de benchmark con sus respectivos avances (presentaciones).
- Examen.

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

## G. Recursos bibliográficos:

### Bibliografía obligatoria:

- (1) Hamrim H (2001) "Underground Mining Methods and Applications", in W Hustruid & R Bullock (Eds.) Underground Mining Methods – Engineering Fundamentals and International Case Studies, Cap. 1, SME
- (2) Carter P (2011) "Selection Process for Hard-Rock Mining" in P Darling (Ed.) Mining Engineering Handbook, 3rd ed., Cap. 6.3, SME
- (3) Orr Stephen (1992) "Hard-Rock Mining: Method Selection Criteria" in H Hartman (Ed.) Mining Engineering Handbook, 2nd ed., Cap. 21.1, SME
- (4) Hustruid W (1999) Blasting principles for open pit mining, Vol. 1, Cap. 4, 7, 8
- (5) Persson P, Holmberg R & Lee J (1994) Rock Blasting and Explosives Engineering, 1st ed., Cap. 2, 3
- (6) H Hartman (Ed.) (1992) Mining Engineering Handbook, 2nd ed., Cap. 9.3, 9.4, 17.5, SME
- (7) BA Kennedy (Ed.) (1990) Surface Mining, 2nd ed., Cap. 6.5, SME
- (8) H Hartman, Mutmanský JM, Ramani RV & Wang YJ (1997) Mine Ventilation and Air Conditioning, 3rd ed., Cap. 3, 7, 14, 17
- (9) Yanes E (2014) *Ventilación de minas subterráneas*, 4° Ed., Cap. 1, 2, 6, Universidad Católica de Santa María, Perú

### Bibliografía complementaria:

- (1) Brown ET (2007) Block Caving Geomechanics, 2nd ed., ICS
- (2) Carrasco J (2011) Manual de Ventilación de Minas y Obras Subterráneas, 1st ed., Aitemin
- (3) McPherson MJ (2008) Subsurface Ventilation Engineering, Cap. 5, 7, 9, 10



- (4) Salinas C (1998) “Construcción de túneles, piques y chimeneas”, Departamento de Ingeniería de Minas, Universidad de Chile
- (5) Rodríguez F, Berg A, Videla JC, Jamett N, Morales D, Castro R & Arancibia L (2020) *Lessons learned during the initial undercutting at the Chuquicamata Underground Mine*, in R Castro, K Suzuki & F Báez (Eds.) proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference & Exhibition on Mass Mining, Chile
- (6) Paredes P, Rodríguez F, Castro R, Morales D, García D (2019) *Design and evaluation of single-phase drawbell excavation at the Chuquicamata underground mine*, The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 119, 1061-1070
- (7) Vega H & Castro R (2020) *Semi Autonomous LHD operational philosophy for panel caving applications*, in R Castro, K Suzuki & F Báez (Eds.) proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference & Exhibition on Mass Mining, Chile
- (8) Paredes P, Gajardo D, Leaño T, Peñaloza S & Tramón C (2020) *Simplifying the Ore Handling System through the Use of Current Technology at Chuquicamata Underground Mine Project*, in C Carr & G Chitombo (Eds.) proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference & Exhibition on Mass Mining, Australia
- (9) DS N°132-2004, Diario Oficial de la República de Chile, Ministerio de Minería, Título III - Cap. 5, Título IV - Cap.2
- (10) DS N°132-2004, Diario Oficial de la República de Chile, Ministerio de Minería, Título III - Cap.2, 3, Título IV - Cap.3
- (11) DS N°594-2000, Diario Oficial de la República de Chile, Ministerio de Salud, Título IV, Párrafo II

#### H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa

Vigencia desde:	Otoño, 2022
Elaborado por:	Raúl Castro
Validado por:	Validación académico par: Luis Felipe Orellana, Kimie Suzuki Validación CTD de Minas
Revisado por:	Área de Gestión Curricular