

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
MI5071	Sistemas Mineros			
Nombre en Inglés				
Mining systems				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
MI4060: Mecánica de Rocas MI4070: Fundamentos de Tecnología Minera			Obligatorio	
Resultados de Aprendizaje				
El estudiante demuestra que:				
<ul style="list-style-type: none"> Comprende las relaciones constitutivas entre macizo rocoso y distribución de leyes y las condiciones de operación que deben ser integradas en el diseño del sistema minero que cumpla con los requisitos del programa de producción de la mina. Aplica los fundamentos de los sistemas mineros de explotación a cielo abierto y subterráneos con el propósito que pueda definir y proyectar las operaciones unitarias de extracción, el sistemas de manejo de materiales y el sistema de reducción que permitan cumplir con un programa de producción para un yacimiento de características geológicas y geotécnicas determinadas, atendiendo un nivel de ingeniería de perfil. Aplica metodologías en la selección de equipos y su infraestructura asociada en función de los requerimientos del sistema minero definido. 				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La estrategia metodológica es activo-participativa, consistente en:</p> <ul style="list-style-type: none"> Clases expositivas Clases auxiliares Visitas técnicas 	<p>Las instancias de evaluación serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> Actividades en clase auxiliar (presentaciones, visitas técnicas). 2 controles escritos 1 examen. <p>Se sigue la ponderación planteada a continuación: $NC = (C1 + C2 + Ex) / 3$ $NA = \text{Promedio de notas de actividades auxiliares}$ $NF = 0,6 * NC + 0,4 * NA$</p>

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
1	Introducción Sistemas Mineros de Explotación	2	
Contenidos		Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1.1 Definición de los métodos de explotación 1.2 Definición de yacimiento 1.3 Minería subterránea versus minería a cielo abierto 1.4 Selección del método de explotación 1.5 Clasificación de los métodos subterráneos 1.6 Comparación de los sistemas productivos 1.7 Consideraciones geomecánicas de los métodos de explotación 1.8 Comparación de la metodología tradicional de diseño y planificación versus el enfoque sistémico de ingeniería de minas.		El estudiante demuestra que: <ol style="list-style-type: none"> 1. Reconoce los fundamentos y características de los distintivos métodos de explotación de minas a cielo abierto y subterráneas. 2. Comprende la ventaja de utilizar una aproximación sistémica al proceso de diseño en ingeniería de minas. 	(1) [Kennedy, cap. 5, 6, 7] (2) [Hustrulid, Section 2, Section 1]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Sistemas de explotación a cielo abierto	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
2.1. Definiciones geométricas 2.1.1 Altura de berma 2.1.2 Angulo de talud 2.1.3 Angulo inter-rampa 2.1.4 Construcción de rampas 2.2 Definiciones económicas 2.2.1 Ley de corte marginal 2.2.2 Razón estéril mineral 2.2.3 Pit final y fases 2.3 Operaciones unitarias Equipos de perforación y su selección Diagramas de perforación y tronadura Selección equipos de carguío y transporte Dimensionamiento de flota Equipos de reducción secundaria en mina 2.4 Diseño y equipos de carguío y transporte, selectividad de diferentes métodos de explotación a cielo abierto: banco simple, doble, banco cerrado, abierto. 2.5 Costos de extracción y capital	El estudiante demuestra que: <ol style="list-style-type: none"> 1. Reconoce los fundamentos y características distintivas de los métodos de explotación de minas a cielo abierto. 2. Define los parámetros y variables fundamentales para el diseño de una mina a cielo abierto. 3. Diseña el pit final y sus fases que lo secuencian 4. Analiza diferentes configuraciones de manejo de materiales para atender al programa de producción con un costo y diseño minero definido. 	(1) [Kennedy , cap. 5, 6, 7]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Sistemas de explotación subterráneos auto-soportados	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>3.1 Métodos auto-soportados</p> <p>3.1.1 Variantes de método subterráneos auto-soportados</p> <p>3.1.2 Comparación de variantes de explotación para caserones vacíos</p> <p>3.1.3 Definición de ritmo de explotación</p> <p>3.2 Diseño de unidad básicas de explotación</p> <p>3.2.1 Diseño de caserones</p> <p>3.2.2 Diseño de pilares</p> <p>3.3 Infraestructura mina</p> <p>3.3.1 Preparación del caserón</p> <p>3.3.2 Diseño nivel de extracción</p> <p>3.3.3 Diseño nivel de perforación</p> <p>3.3.4 Diseño nivel de transporte</p> <p>3.3.5 Dimensionamiento unidades de traspaso, chimeneas, piques</p> <p>3.4 Accesos principales y secundarios</p> <p>3.4.1 Rampas</p> <p>3.4.2 Piques</p> <p>3.5 Selección de equipos mineros en función del diseño y viceversa</p> <p>3.6 Ventilación y drenaje en métodos auto-soportados</p> <p>3.6.1 Circuitos principales y secundarios de ventilación</p> <p>3.6.2 Sistemas de drenaje</p> <p>3.7 Consideraciones básicos de planificación de sistemas de explotación a rajo abierto</p> <p>3.7.1 Secuencia de explotación</p> <p>3.7.2 Plan de producción y preparación</p> <p>3.7.3 Plan de ventilación</p> <p>3.8 Determinación de costos</p> <p>3.8.1 Cálculo de costos mina</p> <p>3.8.2 Costos de capital e inversiones</p>	<p>El estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza y propone diferentes alternativas de variantes de sistemas mineros para el método de caserones abiertos para un determinado yacimiento. 2. Reconoce los fundamentos y características distintivos de los métodos de explotación de minas subterráneos. 3. Diseña variantes de los métodos de caserones abiertos para atender diferentes singularidades del yacimiento y el programa de producción. 4. Calcula productividad y costo del método de caserones abiertos 	<p>(2) [Hustrulid, Section 2, Section 6]</p> <p>(3) [Howart, cap. 18]</p> <p>(4) [Brady, cap. 13]</p> <p>(5) [Hartman, cap. 14]</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	Sistemas de explotación subterráneos con soporte artificial	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>4.1 Métodos con soporte artificial</p> <p>4.1.1 Variantes del método subterráneos con soporte artificial</p> <p>4.1.2 Comparación de variantes del método de explotación con caserones rellenos</p> <p>4.1.3 Definición de ritmo de explotación</p> <p>4.2 Diseño de unidad básicas de explotación</p> <p>4.2.1 Diseño de caserones</p> <p>4.2.2 Diseño de pilares</p> <p>4.2.3 Diseño de relleno</p> <p>4.2.4 Secuencia de extracción de caserones</p> <p>4.3 Infraestructura mina</p> <p>4.3.1 Preparación del caserón</p> <p>4.3.2 Diseño nivel de extracción</p> <p>4.3.3 Diseño nivel de perforación</p> <p>4.3.4 Diseño nivel de transporte</p> <p>4.3.5 Dimensionamiento unidades de traspaso, chimeneas, piques</p> <p>4.4 Accesos principales y secundarios</p> <p>4.4.1 Rampas</p> <p>4.4.2 Piques</p> <p>4.5 Selección equipos mineros</p> <p>4.6 Ventilación métodos de relleno</p> <p>4.7 Costos y planes mineros</p> <p>4.7.1 Estimación de costos mina</p> <p>4.7.2 Costos de capital e inversiones</p> <p>4.7.3 Cálculo de productividad de la variante y el sistema minero a implementar.</p>	<p>El estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza y propone diferentes variantes del método de explotación para un determinado yacimiento. 2. Reconoce los fundamentos y características distintivos del método 3. Diseña sistemas de explotación utilizando sistemas de explotación con soporte artificial. 4. Calcula productividad y costos para la variante del método y la alternativa de sistema minero escogido 	<p>(2) [Hustrulid, Section 5, Section 7]</p> <p>(3) [Howart, cap. 19]</p> <p>(4) [Brady, cap. 14]</p> <p>(5) [Hartman, cap. 14]</p> <p>(6) [Landriault]</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
5	Sistemas explotación subterráneos en minería por hundimiento	3	
Contenidos		Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
5.1 Métodos por hundimiento 5.1.1 Variantes del método subterráneos por hundimiento 5.1.2 Comparación de métodos de explotación por hundimiento 5.2 Fundamentos de los métodos de explotación por hundimiento 5.2.1 Hundibilidad 5.2.2 Fragmentación 5.2.3 Flujo gravitacional 5.2.4 Recuperación y dilución 5.3 Infraestructura mina 5.3.1 Preparación del caserón 5.3.2 Diseño nivel de extracción 5.3.3 Diseño nivel de hundimiento 5.3.4 Diseño nivel de transporte 5.3.5 Dimensionamiento unidades de traspaso, chimeneas, piques. 5.4 Accesos principales y secundarios 5.4.1 Rampas 5.4.2 Piques 5.5 Sistema minero y secuenciamiento 5.6 Cálculo de productividad, costo de operación e inversiones 5.7 Programas de Producción 5.7.1 Secuenciamiento 5.7.2 Velocidad de extracción 5.7.3 Programa de preparación minera 5.7.4 Funciones de extracción y apertura de área.		El estudiante demuestra que: 1. Analiza y propone diferentes variantes de métodos de explotación por hundimiento para un determinado yacimiento. 2. Diseña sistemas de mineros utilizando los fundamentos del método de explotación por hundimiento 3. Calcula productividad, inversiones y costo de operación del método de explotación por hundimiento	(2) [Hustrulid, Section 8, Section 9] (3) [Howart, cap. 20] (4) [Brady, cap. 15] (5) [Hartman, cap. 14] (7) [Brown]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
6	Selección del método de explotación	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>6.1 Características de macizo rocoso</p> <p>6.2 Régimen de esfuerzos tectónicos</p> <p>6.3 Sistemas estructurales geotécnicamente activos y pasivos</p> <p>6.4 Hundibilidad/ Estabilidad</p> <p>6.5 Continuidad y geometría del yacimiento</p> <p>6.6 Selectividad y productividad</p> <p>6.7 Costo e inversiones</p> <p>6.8 variables de entorno: legal, social, medio ambiental</p> <p>6.9 Consumo energético y recursos críticos</p>	<p>El estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplica las diferentes variables y criterios que influyen en la definición del sistema minero, integrando características del macizo rocoso, entorno socio económico, restricciones productivas y criterios de diseño tradicionalmente utilizados para aplicar las operaciones unitarias mineras 	<p>(2) [Hustrulid, Section 8, Section 9]</p> <p>(3) [Howart, cap. 20]</p> <p>(4) [Brady, cap. 15]</p>

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas	
7	Simulación y confiabilidad del sistema minero	3	
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía	
<p>7.1 Conceptos básicos de simulación de elementos discretos para representar un sistema minero</p> <p>7.2 Construcción de modelo de simulación que represente un sistema minero con operaciones de: fragmentación, extracción, transporte, reducción y acumulación</p> <p>7.3 Análisis de entradas y salidas del modelo</p> <p>7.3.1 Modelación de entradas con distribuciones conocidas o datos de operaciones</p> <p>7.3.2 Análisis de colas y factores operacionales de los procesos involucrados en la simulación</p> <p>7.3.3 Presentación de resultados y recomendaciones</p> <p>7.4 Construcción de modelos de confiabilidad</p> <p>7.4.1 conceptos generales de la aplicación</p> <p>7.4.2 construcción de relaciones constitutivas de entrada</p> <p>7.4.3 modelación de flujo en redes del sistema minero</p> <p>7.4.4 cálculo de confiabilidad de un sistema minero para alcanzar el programa de producción</p> <p>7.4.5 Análisis de sensibilidad</p> <p>7.5 Desafíos futuros de los sistemas mineros</p> <p>7.5.1 Concepción de un sistema minero que resuelva la interacción de la transición rajo subterránea</p> <p>7.5.2 Diseño de un sistema minero subterráneo y a cielo abierto que incorpore el concepto de minería continua</p> <p>7.5.3 Diseño de un sistema minero subterráneo y a cielo abierto que incorpore conceptos de automatización</p>	<p>El estudiante demuestra que:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Construye modelos de simulación de elementos discretos para representar el sistema minero diseñado 2. Construye modelos de confiabilidad para analizar singularidades del sistema minero que pudiesen afectar el cumplimiento del programa de producción minero 3. Analiza los sistemas mineros revisados en el curso y aplica los conceptos para su adaptación a los desafíos futuros. 	<p>(7) [Brown]</p> <p>(8) [Karzulovic]</p> <p>(9) [Schunnesson]</p>	

Bibliografía General

1. Kennedy, B.A., 1992. Surface mining, 2nd edition, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
2. Hustrulid, W, Bullock, R.L., 2001. Underground Mining Methods: Engineering fundamentals and International Case Studies, SME.
3. Howart L. Hartman 1992. SME Mining Engineering Handbook, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.
4. Brady B.H.G, Brown, E.T, 2004. Rock Mechanics for underground mining, Kluwer Academic Press.
5. Hartman, L, Ramani, Mutmansky, J.M, Wang, Y.J. 1997. Mine ventilation and air conditioning, 3rd edition. John Wiley and Sons: USA.
6. Landriault, D. 2001 Back filling in underground mining. In: Engineering fundamentals and International Case Studies, SME. pp. 601
7. Brown, 2007. Block Caving Geomechanics, International Caving Study 1997-2004, JKMR, University of Queensland.
8. Karzulovic, A, Alfaro, M. (Eds). Proceedings of MassMin 2004, Instituto de Ingenieros de Chile. Sections: Transition from Open pit to Underground Mining; Automation in Mass Mining
9. Schunnesson, H, Nordlung (Eds). Proceedings of MassMin 2008, Lulea University of Technology, Sweden. Sections: Transition of mining method; Mining equipment and automation

Vigencia desde:	2011 Semestre otoño
Elaborado por:	Raúl Castro R.
Revisado por:	Enrique Rubio Hans Höpfert Xavier Emery Área Desarrollo Docente (ADD)