

PROGRAMA DE CURSO

ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE PROCESOS MINERALÚRGICOS

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Civil de Minas					
Nombre del curso	Análisis y simulación de procesos mineralúrgicos	Código	MI5022	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Analysis and Simulation of Mineral Processing</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1	Trabajo personal	6
Carácter del curso	Electivo			X		
	Obligatorio con opción para carrera de Ingeniería Civil de Minas V3					
	Electivo para carrera de Ingeniería Civil de Minas V5					
Requisitos	MI4040: Análisis Estadístico y Geoestadístico de datos, MI4250: Procesamiento de Minerales II					

B. Propósito del curso:

El curso MI5022, Análisis y simulación de procesos mineralúrgicos, tiene como propósito que el estudiante aplique técnicas de modelamiento y modelos del tipo balance poblacional, empírico y ARMAX en operaciones de procesamiento de minerales integrándolas (con énfasis en conminución y flotación) para revisar las configuraciones de proceso utilizando bases de datos reconciliadas, además de modelación y simulación utilizando softwares.

La estrategia metodológica del curso incluye clases teórico – prácticas, desarrollo y uso de software, así como también el desarrollo de un proyecto, en las que el estudiante debe aplicar las técnicas de modelamiento y simulación aplicadas a plantas de procesamiento de minerales.

El docente actúa como mediador del proceso de aprendizaje pues guía, corrige, resuelve dudas, en síntesis, retroalimenta de manera continua.

El curso tributa a las siguientes competencias del perfil de egreso:

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.

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

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.

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.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Analiza, de manera reflexiva, representaciones de operaciones unitarias en el procesamiento de minerales, distinguiendo tipo de génesis (balance poblacional, empírico y/o tipo ARMAX), a fin de seleccionar el modelo que se adapta a cada situación.
CE3	RA2: Aplica técnicas de modelamiento y modelos del tipo balance poblacional, empírico y ARMAX en operaciones de procesamiento de minerales para revisar críticamente y desde una mirada técnica, configuraciones de proceso, usando datos reconciliados.

CE2 CG1, CG3, CG4	RA3: Determina, con perspectiva ética y uso de lenguaje técnico, una solución para modelar una unidad y/o simular un sistema, considerando la operación de una planta concentradora, a fin de optimizar índices de desempeño claves de un proceso.
CE2, CG1	RA4: Propone con su equipo de trabajo, en forma oral o escrita, un escenario de optimización de un sistema, considerando factibilidad técnica y económica de su ejecución, con el fin de plantear, de manera reflexiva, una mejora a una condición base.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1	Introducción a la modelación de procesos	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Definiciones de modelo y sistema. 1.2. Clasificación y aplicaciones de los modelos. 1.3. Importancia del análisis de procesos vía simulación.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Define los conceptos de modelo y sistema, caracterizando ambos conceptos. Clasifica modelos de operaciones unitarias, en el ámbito de procesamiento de minerales, considerando su génesis. Determina la importancia de la existencia de la representación de un proceso, considerando diversos escenarios y el uso de herramienta de simulación de procesos, analizando ejemplos. 	
Bibliografía de la unidad		[King, Cap. 1] [Himmelblau (b), Cap. 1] [Casali y Vallebuona, Cap.1]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2	Modelos de balance poblacional	1,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Ecuaciones de balance poblacional. 2.2. Funciones de 'nacimiento' y 'muerte'.		El/la estudiante: 1. Describe técnicas del modelamiento por balance poblacional macroscópicas o microscópicas, considerando la escala del proceso. 2. Identifica procesos que se pueden modelar, utilizando la noción de funciones de <i>nacimiento</i> y <i>muerte</i> , en el procesamiento de minerales. 3. Utiliza técnicas del modelamiento por balance poblacional macroscópicas o microscópicas, en ejemplos clásicos y simples que selecciona, identificando la fenomenología del proceso a representar.	
Bibliografía de la unidad		[Ramkrishna] [King, Cap. 2] [Himmelblau (b), Cap. 4 y 6] [Casali y Vallebuona, Caps. 2 y 4] [King, Cap. 2]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA2	Modelos empíricos y ARMAX	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Modelos empíricos. 3.2. Método de regresión por pasos.		El/la estudiante: 1. Determina el contexto de aplicación de las técnicas de modelación por regresión lineal múltiple y por regresión por pasos en la generación de modelos de las operaciones, en ejercicios pertinentes para tales fines. 2. Utiliza técnicas del modelamiento de regresión, por pasos, en ejemplos clásicos y simples, identificando las variables y las relaciones que entre ellas se establecen de modo de representar el proceso.	
Bibliografía de la unidad		[Casali y Vallebuona, Cap.3]	

	[James, Cap. 4-7] [Himmelblau, Caps. 4, 5, 6 y 7]
--	--

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA3	Modelación y simulación de unidades de proceso y de circuitos simples	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Modelos principales de operaciones unitarias en el procesamientodeminerales.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica la familia de origen con que se conceptualiza un cierto modelo de operación unitaria, desglosandocriterios y supuestos bajo los cuales fue construido. 2. Elige modelos que representen un proceso unitario en función de las ventajas y desventajas, considerando el alcance y aplicación de cada uno deestos. 3. Experimenta con un modelo de una operación, programándolo y analizando la respuesta del modelo en diversos escenarios de simulación. 4. Discute, en grupo, de manera clara y argumentada, acerca de la representatividad del modelo y sobre el proceso que intenta reproducir. 	
Bibliografía de la unidad		[Gupta & Yan, Cap. 10] [Kawatra, Cap 5] [King, Cap. 4, 5 y 9] [JKTech, Part VIII] [Casali y Vallebuona, Cap. 4] [Napier-Munn et al.]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA2, RA3	Simuladores de proceso en estado estacionario	2 semanas
Contenidos		Indicador de Logro	
5.1. Conceptos generales de simuladores. 5.2. Simuladores en estado estacionario de procesos de conminución. 5.3. Simuladores en estado estacionario de procesos de flotación.		El/la estudiante: 1. Construye diagramas de flujo, estableciendo relaciones entre los modelos de operaciones unitarias, como apoyo para la ingeniería de procesos, aplicando dichos diagramas de flujo a ejemplos específicos seleccionados. 2. Identifica simuladores en estado estacionario de procesamiento de minerales, considerando el alcance y aplicación de cada uno de estos. 3. Aplica simuladores en estado estacionario a problemas de análisis y diseño de procesos mineralúrgicos.	
Bibliografía de la unidad		[Mular et al., Cap. 4] [King, Cap. 10] [Napier-Munn et al.]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA3, RA4	Análisis de procesos vía simulación	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
6.1. Modelación de una unidad y/o sistema. 6.2. Análisis de la operación de una planta o proyecto específico. 6.3. Análisis de un caso de estudio.		El/la estudiante: 1. Aplica las herramientas de simulación de procesos, para analizar la operación de una planta o un proyecto específico, considerando la necesidad de optimar dicha operación. 2. Determina una solución para modelar una unidad y/o sistema, considerando índices clave de desempeño de un proceso. 3. Redacta un texto donde presenta una solución para modelar una unidad y/o sistema, considerando índices clave de desempeño de un proceso, mediante el uso de un lenguaje técnico, claro y preciso. 4. Discute, en grupo, sobre la solución propuesta para el procesamiento de minerales de una planta específica, utilizando datos de una	

	operación existente y criterios que permitan su optimización, los que ejemplifica con situaciones reales.
Bibliografía de la unidad	[Mular et al., Cap. 4] [Kawatra, Cap. 5] [King, Cap. 10] [Himmelblau (b), Cap. 8]

E. Estrategias de enseñanza:

La estrategia es activo - participativa:

- Clases expositivas con estructura de INICIO – DESARROLLO - CIERRE
- Actividades en clase
- Clases auxiliares
- Tareas y resolución de ejercicios
- Laboratorios

F. Estrategias de evaluación:

La evaluación es de proceso a través de instancias de evaluación tales como:

1. Prueba escrita de desarrollo.
2. Desarrollo de investigaciones y proyectos
3. Exposiciones durante las sesiones de clases.
4. Desarrollo de laboratorios computacionales.
5. Presentación de informes.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

1. Apuntes del profesor sobre la base de estos textos:
2. [Casali y Vallebuona]
A. Casali, G. Vallebuona; Apuntes del curso: Modelación de Procesos Mineralúrgicos. Apuntes del profesor.
3. [Ramkrishna]
D. Ramkrishna; Population Balances: Theory and Applications to Particulate Systems in Engineering. Academic Press, 1st edition, 2000.
4. [Gupta & Yan]
5. A. Gupta, D Yan; Mineral Processing Design and Operation: An Introduction. Elsevier Science, 1st edition, 2006.
6. [Himmelblau (a)]

D. Himmelblau; Process Analysis by Statistical Methods, Wiley Online Library. DOI 10.1002/aic.690170103. June 2004.

7. [Himmelblau (b)]
D.M. Himmelblau, K.B. Bischoff. Análisis y Simulación de Procesos. Editorial Reverté, 2004.
[G. James, D. Witten, T. Hastie & R. Tibshirani; **An introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer, 2013.**

8. [JKTech]
JKTech Pty. Ltd. JKSimMet Version 6.0 User Manual. Steady State Mineral Processing Simulator, 2012.

9. [Kawatra]
S. K. Kawatra; Advances in Comminution. Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2006.

10. [King]
R. P. King; Modeling & Simulation of Mineral Processing Systems. 2ND Edition. Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2012.

11. [Mular et al.]
A. Mular, D. Halbe and D. Barrat, Eds.; **Mineral Processing Plant Design, Practice and Control, Vol. 1 y 2. Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2002.**

12. [Napier-Munn et al.]
T.J. Napier-Munn, S. Morrell, R. Morrison and T. Kojovic; **Mineral Comminution Circuits: Their Operation and Optimisation. JKMRC, Reprinted 2005.**

13. [Wills]
A. Wills; **Mineral Processing Technology. 7ª Edición, Butterworth - Heinemann. 2005.**

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

Vigencia desde:	2017
Elaborado por:	Magin Torres
Validado por:	Gonzalo Montes
Revisado por:	Área de Gestión Curricular