

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
MI 3010	Fenómenos de Transporte en Metalurgia Extractiva			
Nombre en Inglés				
Transport Phenomena in Extractive Metallurgy				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
MA2002, (FI2004/CM2004)/MA2002 Cálculo avanzado y aplicaciones/ FI2004 Termodinámica/ CM2004 Físico-Química			Obligatorio para: Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería Mención Minería y Metalurgia Extractiva.	
Competencias a las que tributa el curso				
Competencias específicas				
CE1: Analizar datos y elaborar modelos para la caracterización geo-minero-metalúrgica de materiales, recursos minerales y procesos.				
Competencias genéricas				
CG1: Comunicar ideas y resultados de trabajos profesionales o de investigación, en forma escrita y oral, tanto en español como en inglés.				
CG2: Trabajar en equipos interdisciplinarios, asumiendo el liderazgo en las materias inherentes a su profesión en forma crítica y autocrítica.				
Propósito del curso				
<p>El curso MI 3010, Fenómenos de Transporte en Metalurgia Extractiva, tiene por finalidad que los estudiantes trabajen con modelos existentes sobre transporte de masa y calor en metalurgia extractiva, utilizando el formalismo matemático y conceptos fundamentales de transporte y ciencias de los materiales, por medio del análisis, la cuantificación y el cálculo, a fin de examinar y evaluar dichos fenómenos y dar respuesta a problemas en el ámbito de la metalurgia extractiva. Para ello, resuelven analíticamente problemas básicos de fenómenos de transporte.</p> <p>Las clases tendrán una estructura teórico-práctica en las que se introducirá cada tema, a partir de problemas seleccionados sobre fenómenos de transporte. En este contexto el docente actúa como un mediador que apoya a los estudiantes en el análisis, cuantificación y cálculo de estos fenómenos. En este sentido, la estrategia metodológica a utilizar permite que el estudiante pueda ejercitar activamente, resolver dudas y fortalecer sus conocimientos adquiridos en las horas de cátedra, por medio de la resolución de problemas aplicados en forma individual y en grupo, para luego ser capaces de comunicarlos de manera clara y precisa.</p>				

Resultados de Aprendizaje

CE1-RA1: Evalúa la ocurrencia de fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, calor y materia en sistemas metalúrgicos, aplicando balance de masa y condiciones de borde particulares a fin de cuantificar y dar respuesta a problemas metalúrgicos reales.

CE1-CG1-RA2: Calcula las propiedades físicas de los fenómenos de transporte tales como transferencia de calor en hornos, movimiento de relaves, caracterizando dichos fenómenos, a fin de distinguir y determinar las fases del procesamiento de minerales.

CE1-CG1-CG2-RA3: Estima una solución a problemas sobre fenómenos de transporte, considerando propiedades, coeficientes de transferencia de calor y masa, a fin de argumentar por escrito su eficiencia desde una perspectiva técnica, basada en evidencia.

Metodología Docente	Evaluación General
<p>La estrategia metodológica que se desarrollará en este curso es:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases expositivas con estructura de INICIO – DESARROLLO – CIERRE • Resolución de problemas • Lectura de bibliografía especializada mediante artículos científicos específicos. • Trabajos prácticos en el desarrollo de casos de estudio. • Clases auxiliares con ejemplos y ejercicios prácticos 	<p>La propuesta de evaluación es de proceso y contempla las siguientes instancias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 controles (C1, C2 y C3) • 1 examen (Ex) • Ejercicios (E), Tareas (T) y Lecturas (L)

Unidades Temáticas

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	RA1	Fundamentos de fenómenos de transporte en metalurgia extractiva	1
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
1.1	Introducción general al tema, importancia y ocurrencia en procesos metalúrgicos.	<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Analiza fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, calor y materia en sistemas metalúrgicos, aplicando balance de masa, según determinadas condiciones de borde particulares. Determina la ocurrencia de los fenómenos de transporte en metalurgia extractiva en operaciones con alto tonelaje de material, examinando la trascendencia de los procesos de transporte de materia y energía para la industria minera, según condiciones de borde particulares. Deduca postulados fundamentales asociados a fenómenos de transporte en metalurgia extractiva, aplicando herramientas matemáticas de cálculo diferencial e integral a través del uso de ecuaciones que modelan procesos de transferencia de masa y energía. 	<p>[Utigard, cap. 1 a 3] [Bird, cap. 1] [Szeckely, cap. 1]</p>
1.2	Definición de unidades y conceptos básicos.		
1.3	Postulado del medio continuo.		
1.4	Cinemática.		
1.5	Teorema de transporte.		

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	RA2	Transferencia de cantidad de movimiento	4.0 semanas
Contenidos		Indicador de logro	Referencias a la Bibliografía
2.1 Definición de viscosidad.		<p>El estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza la variable viscosidad, relacionándola con el comportamiento de fluidos, en el procesamiento de minerales. 2. Calcula propiedades físicas de fenómenos de transporte, para la estimación de viscosidad, a partir de la resolución de ecuaciones clásicas en ejemplos concretos. 3. Determina aspectos simples asociados a varias aplicaciones de los procesos metalúrgicos existentes, comparándolos y distinguiéndolos de los sistemas complejos para el transporte de fluidos. 4. Explica con claridad y manejo de vocabulario técnico las fases del procesamiento de minerales, considerando transporte de momentum, flujo en medios porosos, entre otros. 	[Bird, cap. 1 a 7]
2.2 Ley de viscosidad de Newton, definición y unidades.			[Szeckely, cap. 1 a 5]
2.3 Factores de los que depende.			[Geiger, cap. 1 a 5]
2.4 Predicción teórica de Mediciones experimentales para fluidos de importancia metalúrgica.			[Dullien, cap. 1 a 3]
2.5 Problemas simples de fluidodinámica.			[Utigard: cap. 4]
2.6 Ecuación de continuidad.			
2.7 Ecuación de Navier-Stokes.			
2.8 Flujo turbulento.			
2.9 Transporte de momentum entre dos fases: factor de fricción, correlaciones adimensionales.			
2.10 Flujo en medios porosos.			
2.11 Balances macroscópicos.			

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	RA3	Transferencia de calor	3.5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	Referencias a la Bibliografía
3.1 Definición de conductividad térmica, k .		El estudiante:	[Bird, cap. 8 a 15]
3.2 Factores de los que depende k .		1. Distingue los fundamentos de transferencia de calor estacionaria y no estacionaria, considerando medios estáticos y en movimiento.	[Szeckely, cap. 6 a 10]
3.3 Predicción teórica de k .		2. Explica, de manera clara y con vocabulario técnico, los fundamentos de transferencia de calor estacionaria y no estacionaria, en relación con medios estáticos y en movimiento.	[Geiger, cap. 6 a 12]
3.4 Mediciones experimentales de k para sólidos y fluidos de importancia metalúrgica.		3. Identifica los fundamentos de transferencia de calor por convección natural y forzada, distinguiéndola de la transferencia de calor entre interfases.	[Utigard, cap. 5-9]
3.5 Ley de Fourier de transferencia de calor.		4. Estima propiedades y coeficientes de transferencia de calor, particularmente coeficientes de transferencia locales y globales, en problemas simplificados relacionados con el transporte de energía en procesos metalúrgicos.	
3.6 Formulación de problemas simples de conductividad térmica.		5. Plantea con fundamentos basados en evidencia la estimación de una solución a problemas relacionados con fenómenos de transporte y su eficiencia.	
3.7 Transferencia de calor estacionaria.			
3.8 Transferencia de calor no estacionaria.			
3.9 Transferencia de calor por convección natural y forzada.			
3.10 Transferencia de calor entre interfases: el			

<p>concepto del coeficiente de transferencia de calor, h.</p> <p>3.11 Estimación de h.</p> <p>3.12 Transferencia de calor por radiación.</p> <p>3.13 Transferencia de calor con cambio de fase.</p> <p>3.14 Balances macroscópicos.</p>		
---	--	--

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	RA3	Transferencia de Masa	3.5 semanas
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
4.1 Concepto de difusión y definición de difusividad, D .		<p>El estudiante:</p> <p>1. Calcula propiedades y coeficientes de transferencia de masa, específicamente cálculos de difusión, explicando el resultado de los cálculos respecto de los sistemas simplificados que representan procesos metalúrgicos.</p>	[Bird, cap. 16 a 22]
4.2 Factores en los que depende D .			[Szeckely, cap. 11 a 12]
4.3 Predicción teórica de D .			[Geiger, cap. 13 a 16]
4.4 Mediciones experimentales de D para sólidos y fluidos de importancia metalúrgica.			[Geankoplis, cap. 1 a 7]
4.5 Ley de Fick de difusión.			[Utigard, cap. 10-12]
4.6 Formulación de problemas simples de difusividad.			



<p>4.7 Transferencia de masa estacionaria sin y con reacción química.</p> <p>4.8 Transferencia de masa por convección natural y forzada.</p> <p>4.9 Transferencia de masa entre interfases: coeficiente de transferencia de masa.</p> <p>4.10 Estimaciones de coeficiente de transferencia de masa.</p> <p>4.11 Difusión en medios porosos, difusividad efectiva.</p> <p>4.12 Balances macroscópicos.</p>		
---	--	--

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	RA2–RA3	Análisis de Problemas de Fenómenos de Transporte en Metalurgia Extractiva y Minería	3
Contenidos		Indicador de Logro	Referencias a la Bibliografía
5.1 Solidificación de ánodos. 5.2 Moldeo continuo de cobre o acero. 5.3 Transporte de pulpa a través de cañerías. 5.4 Rellenos de caserones. 5.5 Sistemas de ventilación. 5.6 Modelación de burbujas en fluidos metalúrgicos. 5.7 Pérdidas de calor desde reactores metalúrgicos. 5.8 Solución de problemas de convección natural y estimación de coeficientes de transferencia de calor y masa. 5.9 Magnetohidrodinámica en limpieza de escorias. 5.10 Flujo en medios porosos: impregnación en una pila de lixiviación.		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza los principales que afectan a los fenómenos de transporte, caracterizándolos e identificando los principales consideraciones que deben tomarse frente a estas situaciones. 2. Estima coeficientes de transferencia de calor y masa, aplicando ecuaciones y modelos genéricos, en problemas representativos de metalurgia extractiva y minería. 3. Plantea una respuesta sobre una solución a problemas de fenómenos de transporte, los que explica de manera fundamentada. 	[Szeckely, cap. 10, 13, 17 a 20] [Zimmerman, cap 8, 9]

5.11 Flujo reactivo.

Bibliografía General

Bibliografía obligatoria

1. [Utigard]
"An introduction to Fluid Flow, Heat and Mass Transfer", T. Utigard, University of Toronto, 2000.
2. [Bird]
"Transport Phenomena", R. B. Bird, W. E. Stewart and E. N. Lightfoot, 2nd Ed., Wiley, New York, 2001.
3. [Zimmerman]
"Multiphysics Modeling with Finite Element Methods", W. Zimmerman, World Scientific, UK, 2006.

Textos clásicos de base:

4. [Geankoplis]
Mass Transport Phenomena, C. J. Geankoplis, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1972.
5. [Szeckely]
"Rate Phenomena in Process Metallurgy", J. Szeckely and N. J. Themelis, Wiley, New York, 1971.
6. [Dullien]
"Porous Media: Fluid Transport and Pore Structure", F. A. L. Dullien, Academic Press, 1992.
7. [Geiger]
"Transport Phenomena in Metallurgy", G. H. Geiger and D. R. Poirier, Minerals Metals and Materials Society, 1994.

*Apuntes de clases

Vigencia desde:	2017
Elaborado por:	Leandro Voisin, Christian Ihle
Validado por:	Bruno Behn
Revisado por:	Área de Gestión Curricular, SGD