

PROGRAMA DE CURSO

Código		Nombre		
MI6011		PROCESOS PIROMETALURGICOS		
Nombre en Inglés				
Pyrometallurgical processes				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
MI5101: Ingeniería de Procesos Metalúrgicos			Obligatorio para: Carrera de Ingeniero Civil de Minas.	
Resultados de Aprendizaje				
El estudiante al termino del curso demuestra que:				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Analiza los diferentes procesos utilizados en la extracción pirometalúrgica de metales, junto con sus ventajas y desventajas. 2. Identifica y cuantifica los parámetros relevantes a incorporar en la ingeniería conceptual, considerando la variabilidad de los componentes en los concentrados y/o minerales. 3. Construye diagramas de flujo que representen una secuencia de extracción de metal a alta temperatura. 4. Analiza la extracción de un metal en función de la termodinámica, fenómenos de transporte y cinética de la reacciones. 5. Calcula, desarrolla balances de materia y energía, y analiza críticamente los procesos tanto del punto de vista conceptual como operacional y de diseño. 				

Metodología Docente	Evaluación General
La estrategia metodológica es activo-participativa, consistente en: <ul style="list-style-type: none"> • Clases expositivas • Clases auxiliares 	Las instancias de evaluación son: <ul style="list-style-type: none"> • Se realizarán actividades en clase auxiliar (resolución de ejercicios, presentaciones, visitas técnicas, y tutoriales dirigidos al uso y a la aplicación de ingeniería de procesos). • Dos controles escritos • Un examen. <p>La nota final del curso se calculará según la ponderación definida por los docentes.</p>

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	El rol de la metalurgia extractiva a alta temperatura en la producción de metales.	1,0 sem.
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1.1 Introducción – Contenidos del curso 1.2 Clasificación de los metales. 1.3 Caracterización de los metales según sus propiedades 1.4 Flujo gramas de proceso en la extracción de metales. 1.5 Fluidos metalúrgicos: metales, matas, escorias, sales	El estudiante demuestra que: <ol style="list-style-type: none"> 1. Clasifica los metales según sus propiedades en la tabla periódica. 2. Describe los procesos metalúrgicos en alta temperatura para metales ferrosos y no ferrosos 3. Describe de fluidos metalúrgicos a alta temperatura, metales matas, escorias, sales fundidas 	[1, 4,5,11]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Pre tratamiento de Concentrados: Secado, Calcinación, Tostación, Aglomeración	3,0 sem.
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
2.1 Secado de concentrados 2.1.1 Teoría de secado, 2.1.2 Procesos de secado aplicados a concentrados, equipos. 2.2 Calcinación. 2.2.1 Teoría calcinación, 2.2.1 Aplicación a hidróxidos, y equipos afines 2.3 Tostación 2.3.1 Bases termodinámicas 2.3.2 Tipos de tostadores y sistemas industriales 2.3.4 Consideraciones ambientales 2.4 Aglomeración 2.4.1 Sistemas de aglomeración, sinterización, peletización y briquetización	El estudiante demuestra que: <ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica los diferentes métodos utilizados en el pre tratamiento de concentrados concordante con sus características químicas y mineralógicas: Ventajas-Desventajas. 2. Identifica aplicaciones, mediante ejemplos de casos específicos de secado, calcinación de compuestos y tostación. 3. Desarrolla balances de materia y energía. 	[1,2, 4, 12, 13]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Procesos de fusión de concentrado y conversión de mata	4 sem.
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
3.1 Formación de escorias 3.1.1 Propiedades físico químicas de las escorias 3.1.2 Bases termodinámicas 3.1.3 Caracterización de escorias industriales 3.2 Formación de mata 3.2.1 Bases termodinámicas 3.2.2 Equilibrio mata/escoria/gas 3.3 Procesos de fusión 3.3.1 Fusión por calentamiento: Reverbero, Eléctrico. 3.3.2 Fusión en baño: Noranda, CT, Ausmelt, Vanyukov, Mitsubishi. 3.3.3 Fusión Flash: Outokumpu, Inco 3.4 Procesos de Conversión. 3.4.1 Propósito y base termodinámica 3.4.2 Conversión discontinua: Peirce-Smith, Hoboken, TBRC. 3.4.3 Conversión continua: Mitsubishi, Noranda, Flash, Lecho empacado	El estudiante demuestra que: 1. Logra una visión integral de los procesos de fusión y conversión de concentrados de cobre 2. Desarrolla balances de materia y energía 3. Interpreta los resultados y su aplicación en los procesos de concentración y producción de cobre a alta temperatura.	[2,3,4,5, 8, 10, 11, 13]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	Recuperación de cobre desde escorias	1,5 sem.
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
4.1 Pérdidas de cobre en las escorias 4.1.1 Métodos de limpieza de escoria, flotación, lixiviación y pirometalúrgico 4.1.2 Mecanismos 4.2 Procesos de recuperación de cobre 4.2.1 Horno de limpieza de escoria Horno eléctrico de limpieza de escoria	El estudiante demuestra que: 1. Identifica los conceptos de la recuperación de cobre desde escorias de fusión y conversión 2. Interpreta los resultados y su aplicación en los procesos de concentración y producción de cobre a alta temperatura.	[2,4,11,13]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	Refinación y moldeo de cobre	2, 5 sem.
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
5.1 Refinación a fuego de cobre blister 5.1.1 Bases termodinámicas 5.1.2 Refinación oxidante y empleo de fundentes 5.1.3 Refinación reductora 5.2 Procesos de refinación 5.2.1 Refinación en horno basculante 5.2.2 refinación continua en lecho empacado 5.3 Moldeo de cobre anódico 5.3.2 Fundamentos 5.3.2 Moldeo de ánodos en ruedas Clark 5.3.3 Moldeo continuo	El estudiante demuestra que: 1. Identifica la teoría y aplicación de los procesos de refinación y moldeo de cobre anódico y RAF. 2. Interpreta los resultados y su aplicación en los procesos de concentración y producción de cobre a alta temperatura.	[2,8,11,13]

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
6	Procesos de reducción de óxidos	3 sem.
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
6.1 Reducción de óxidos metálicos 6.1.1 Termodinámica de la reducción de óxidos 6.2 Proceso de producción de hierro 6.2.1 Producción de arrabio en alto horno 6.2.3 Refinación de acero líquido 6.2.4 Procesos de reducción directa 6.3 Proceso de producción de Plomo y Cinc 6.3.1 Producción de plomo en alto horno 6.3.2 Producción de Cinc en horno de retorta vertical y ISF	El estudiante demuestra que: 1. Identifica la teoría y aplicación de los procesos de reducción de óxidos 2. Logra una visión integral de los procesos de producción de hierro, plomo y zinc. 3. Desarrolla balances de materia y energía 4. Interpreta los resultados y su aplicación en los procesos de producción de metales.	[1,9,10,11, 12]

Bibliografía General

- [1] Hayes, Peter (1993). Process Principles in Minerals & Materials Production, Hayes Publishing Co., Queensland, Australia.
- [1] Biswas, A.K. and Davenport, W. G. (2002) Extractive Metallurgy of Copper, fourth edition, Pergamon Press.
- [3] Davenport, A.K. and Partelpeog (1987) Flax Smelting – Analysis, Control and Optimisation, Pergamon Press.
- [4] Rosenquist, T. (1974), Principles of Extractive Metallurgy, McGraw-Hill.
- [5] Moskalyk, R.R. and Alfantazi. (2003). Review of copper pyrometallurgical practice: today and tomorrow, Minerals Engineering 16, 893-919.
- [6] Kellog, H.H. (1987) Thermochemistry of nickel matte converting, Can. Met. Quart., Vol 26, 285-298.
- [7] Kellog, H.H. (1969) Thermochemical properties of the system Cu-S at elevated temperature, Can. Met. Quart., Vol 8, 3-23.
- [8] Yazawa, A.(1981). Extractive metallurgical chemistry with special reference to copper smelting, 28th Congress IUPAC, Vancouver, 1-21.
- [9] Matuszewicz, R. and Sofra, J. (2001). Lead smelting, copper smelting and copper converting using ausmelt technology, NMD/ATM Congress, Bhubaneswar, Orissa, India, 1-24.
- [10] Willbrandt, P. (2008). Environmental protection as a challenge, Nordeutsche Affinerie Bulletin, 1-38.
- [11] Alcock, C.B. (1976). The principles of Pyrometallurgy, Academic Press.
- [12] Biswas, A.K. (1981). Principles of Blast Furnaces Ironmaking, Brisbane.
- [13] Proceedings of International Copper Conferences (1987- 1991-1995-1999-2003-2007-2010), Pyrometallurgy Volumes.

Vigencia desde:	Otoño 2012
Elaborado por:	Gabriel Riveros
Revisado por:	Leandro Voisin Área de Desarrollo Docente (ADD)