



Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales  
Departamento: Minería  
Area: Minería

(Programa del año 2023)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
METALURGIA EXTRACTIVA	TEC. UNIV. EN MINERÍA	004/2 0-CD	2023	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
MARCHEVSKY, NATALIA JUDITH	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
VIDAL TREBER, JUAN ANTONIO	Responsable de Práctico	JTP Exc	40 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
4 Hs	Hs	Hs	Hs	4 Hs

Tipificación	Periodo
C - Teoría con prácticas de aula	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
13/03/2023	23/06/2023	15	4

### IV - Fundamentación

La inclusión de la asignatura Metalurgia Extractiva, en el plan de estudio de la carrera Tecnicatura Universitaria en Minería se justifica dado que la obtención de metales de importancia comercial requiere cada vez más la necesidad de utilizar procesos químicos para separar los elementos de interés económico.

Cuando la recuperación de metales, se realiza a través de la implementación de procesos a altas temperaturas, se define el campo de acción de la pirometalurgia. Metales como el cobre, plomo, fabricación de acero, entre otros son producidos mediante este tipo de procesos. Nociones básicas sobre los procesos de tostación, calcinación, aglomeración de minerales, sinterización, reducción y refinación de metales serán abordados en esta asignatura.

Si la obtención de metales se hace por medio de reacciones químicas en solución acuosa, se define el campo de acción de la hidrometalurgia. Esta disciplina involucra operaciones como la lixiviación, biolixiviación, adsorción con carbón activado, extracción por solventes, intercambio iónico, precipitación y electro deposición de metales. En la actualidad también se aprovechan microorganismos para la recuperación de metales a través de procesos bio-hidrometalúrgicos.

La electrometalurgia, suele ser utilizada como un proceso posterior a cualquiera de las otras etapas, y se basa en el uso de la corriente eléctrica para lograr la obtención o refinación de metales.

La presente actividad curricular otorga conocimiento básico de los procesos más representativos del amplísimo campo de la metalurgia extractiva; a saber: pirometalurgia, hidrometalurgia y electrometalurgia.

## V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Conocer los principales procesos y tecnologías que se utilizan en la metalurgia extractiva para la obtención de metales.

Entender cada una de las etapas involucradas en la obtención de los metales que abarcan desde la preparación de las materias primas hasta la refinación de los mismos.

## VI - Contenidos

### Unidad 1

Fundamentos y campos de acción de la metalurgia extractiva. Hidrometalurgia versus pirometalurgia.

### Pirometalurgia

### Unidad 2

Tratamientos térmicos de beneficiación de minerales. Tostación. Termodinámica de la tostación. Tostación clorurante. Procesos industriales de Tostación. Calcinación. Hornos de calcinación. Procesos de aglomeración: peletizado, fabricación y endurecimiento de pelets verdes de minerales de hierro. Sinterizado de minerales de hierro: materias primas, mezclado de materias primas, sinterizado de la mezcla, mecanismos de sinterizado.

### Unidad 3

Reducción de minerales de hierro. Proceso de alto horno: materias primas, distribución de carga, instalaciones, descripción del proceso. Procesos de reducción directa. Procesos de refinación térmica: aceración, convertidor al oxígeno – Proceso LD, Horno de solera – Proceso Siemens-Martin. Proceso de Horno Eléctrico de Arco.

### Unidad 4

Procesamiento pirometalúrgico de concentrados sulfurosos de cobre para la obtención de cobre blíster. Matas. Fusión de matas de cobre: Horno de reverbero, horno eléctrico, procesos flash smelting. Conversión de matas de cobre: convertidor Peirce-Smith. Proceso de Conversión.

### Hidrometalurgia

### Unidad 5

Contexto y práctica de la lixiviación. Métodos de lixiviación. Lixiviación de oro y plata con cianuro. Química del cianuro en medio acuoso. Lixiviación de minerales de cobre. Efecto preg-robbing. Biolixiviación y biooxidación.

### Unidad 6

Procesos de purificación y concentración. Adsorción con carbón activado (CA): etapas del proceso de CA aplicado al oro y la plata, procedimiento de descarga o elución del carbón. Extracción por solventes: reactivos, etapas, proceso SX para la recuperación de cobre, diagrama de flujos, equipos.

### Unidad 7

Precipitación con metales. Termodinámica del proceso de cementación. Cementación de cobre con chatarra de hierro. Cementación de oro y plata desde soluciones de cianuro (Proceso Merrill Crowe).

### Unidad 8

Precipitación por electrólisis. Proceso de Electro-obtención (EW). Proceso de Electro-Refinación (ER). Aplicaciones de la electrólisis en metalurgia extractiva.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

Trabajo práctico N° 1. Pirometalurgia vs. Hidrometalurgia

Trabajo práctico N° 2. Procesos de aglomeración

Trabajo práctico N° 3. Procesos de reducción de minerales de hierro - Fabricación de acero

Trabajo práctico N° 4. Procesamiento pirometalúrgico de concentrados sulfurosos de cobre para la obtención de cobre blíster  
Trabajo práctico N° 5. Lixiviación  
Trabajo práctico N° 6. Procesos de purificación y concentración (Adsorción con carbón activado y extracción por solventes)  
Trabajo práctico N° 7. Precipitación con metales  
Trabajo práctico N°8. Procesos electrolíticos

### **VIII - Regimen de Aprobación**

Para regularizar la asignatura se requiere la aprobación del 100% de los trabajos prácticos y la aprobación de un (1) parcial integrador con una nota superior a 6 (seis).

Importante: Para poder rendir el parcial, el alumno deberá tener aprobado el 70% de los trabajos prácticos de aula.

Para promocionar se requiere la aprobación del 100% de los trabajos prácticos y la aprobación de un (1) parcial integrador con una nota superior a 8 (ocho), conseguida en el parcial o en instancias de recuperación.

Recuperaciones: Se darán 2 (dos) recuperaciones para el parcial. Los alumnos que presenten certificado de trabajo podrán acceder a una recuperación más.

Evaluación con examen final: podrá ser escrito u oral de acuerdo a la disposición de la cátedra para ese turno de mesa de examen.

Aprobación en condición libre: podrá ser escrito u oral de acuerdo a la disposición de la cátedra para ese turno de mesa de examen.

### **IX - Bibliografía Básica**

[1] Ballester, A., Verdeja, L. F., & Sancho, J. (2000). Metalurgia extractiva: fundamentos.

[2] Janikow, A. R. (2000). Pirometalurgia-Introducción a los Procesos pirometalúrgicos Extractivos. Editorial UNJU.

[3] Mihovilovic, E. M. D. (2001). Hidrometalurgia: fundamentos, procesos y aplicaciones.

### **X - Bibliografía Complementaria**

[1] Arzola, M., Espinosa, E., Rodríguez, A., & Méndez, M. V. (2013). Mercado tecnológico del proceso de producción de hierro de reducción directa: Caso SIDOR ca. Revista arbitrada de divulgación científica.

[2] Binnemans, K., Jones, P. T., Manjón Fernández, Á., & Masaguer Torres, V. (2020). Hydrometallurgical processes for the recovery of metals from steel industry by-products: a critical review. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 6, 505-540.

[3] Davenport, W., Cameron, I., Sukhram, M., & Lefebvre, K. (2019). *Blast Furnace Ironmaking: Analysis, Control and Optimization*. Elsevier.

[4] Schlesinger, M. E., Sole, K. C., & Davenport, W. G. (2011). *Extractive metallurgy of copper*. Elsevier.

[5] Seetharaman, S. (2013). *Treatise on Process Metallurgy, Volume 1: Process Fundamentals (Vol. 1)*. Newnes.

[6] Seetharaman, S., McLean, A., Guthrie, R., & Sridhar, S. (2013). *Treatise on process metallurgy (Vol. 2, pp. 1-860)*. Amsterdam: Elsevier.

[7] Seetharaman, S. (2013). *Treatise on process metallurgy, volume 3: industrial processes (Vol. 3)*. Newnes.

[8] Vidalón Gálvez, J. (1977). *La tostación*.

[9] Vignes, A. (2013). *Extractive metallurgy 1: Basic thermodynamics and kinetics*. John Wiley & Sons.

[10] Vignes, A. (2013). *Extractive metallurgy 2: metallurgical reaction processes*. John Wiley & Sons.

[11] Vignes, A. (2013). *Extractive metallurgy 3: Processing operations and routes*. John Wiley & Sons.

### **XI - Resumen de Objetivos**

Conocer los procesos que se utilizan en la metalurgia extractiva para la obtención de metales.

### **XII - Resumen del Programa**

Fundamentos y campos de acción de la metalurgia extractiva. Pirometalurgia: tratamientos térmicos de beneficiación de

minerales, alto horno, procesamiento de matas, refinación térmica. Hidrometalurgia: Métodos de lixiviación, absorción con carbón activado, extracción por solventes, precipitación con metales (proceso Merrill Crowe). Electrometalurgia: Electrólisis en la recuperación de metales.

### **XIII - Imprevistos**

No se prevén, en caso que surjan el equipo docente tratará de resolverlos para no afectar el desarrollo de la asignatura.

### **XIV - Otros**

-