



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

(Programa del año 2018)  
(Programa en trámite de aprobación)  
(Presentado el 05/12/2018 11:43:59)

### I - Oferta Académica

| Materia                               | Carrera      | Plan   | Año  | Período         |
|---------------------------------------|--------------|--------|------|-----------------|
| (OPTATIVA IV) METALURGIAS ESPECIALES  | ING.EN MINAS | 6/15   | 2018 | 2° cuatrimestre |
| (OPTATIVA III) METALURGIAS ESPECIALES | ING.EN MINAS | 007/08 | 2018 | 2° cuatrimestre |

### II - Equipo Docente

| Docente                       | Función                 | Cargo      | Dedicación |
|-------------------------------|-------------------------|------------|------------|
| ACUÑA, VICTOR GUSTAVO         | Prof. Responsable       | P.Adj Semi | 20 Hs      |
| BARROSO QUIROGA, MARIA MARTHA | Responsable de Práctico | JTP Semi   | 20 Hs      |
| VIDAL TREBER, JUAN ANTONIO    | Auxiliar de Práctico    | A.1ra Simp | 10 Hs      |

### III - Características del Curso

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

| Tipificación | Periodo |
|--------------|---------|
|              |         |

| Duración |       |                     |                   |
|----------|-------|---------------------|-------------------|
| Desde    | Hasta | Cantidad de Semanas | Cantidad de Horas |
|          |       |                     |                   |

### IV - Fundamentación

La presente actividad curricular otorga conocimiento de los procesos pirometalúrgicos extractivos y de refinación más representativos del amplísimo campo de la metalurgia extractiva. Los conocimientos previos adquiridos en cursos de físico-química y fenómenos de transporte son relevantes para facilitar el estudio y entendimiento de los temas tratados. Los conocimientos otorgados por esta asignatura capacitan al futuro profesional sobre las operaciones y procesos que tienen lugar en plantas de tostación, aglomeración de minerales, reducción y refinación de metales.

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Conocer los principales procesos y tecnologías que se utilizan en la metalurgia extractiva para la obtención de metales ferrosos y no ferrosos a partir de procesos pirometalúrgicos. 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. Conseguir la integración de conocimientos adquiridos en asignaturas previas como Procesos Unitarios de la Ingeniería Química y Fundamentos Químicos de la Metalurgia.

### VI - Contenidos

Unidad 1 – Tecnologías de las Altas Temperaturas: su aplicación a los Procesos Pirometalúrgicos.

Particularidades de los procesos a altas temperaturas. Generación de altas temperaturas. Optimización de la transferencia de calor. Desarrollo de los procesos. Selección de los materiales refractarios. Diseño y construcción de las instalaciones. Combustibles. Carbones minerales y coque metalúrgico. Refractarios. Principales propiedades y requisitos a ser considerados en la selección de los materiales refractarios. Clasificación de los materiales refractarios. Aplicaciones de los materiales refractarios. Reactores pirometalúrgicos. Diseño de los reactores. Clasificación de los reactores pirometalúrgicos.

#### **Unidad 2 – Tratamientos térmicos de beneficiación de minerales**

Tostación. Termodinámica de la tostación. Tostación clorurante. Procesos industriales de Tostación. Calcinación. Hornos de calcinación.

#### **Unidad 3 – Procesos de aglomeración**

Peletizado. Fabricación de pelets verdes de minerales de hierro. Endurecimiento de pelets verdes de minerales de hierro. Sinterizado de Menas sulfurosas de plomo y de cinc.

#### **Unidad 4 – Procesos de reducción**

Reducción de minerales de hierro. Termodinámica de la reducción de los óxidos de hierro. Cinética de reducción de los óxidos de hierro. Proceso de alto horno. Descripción de la instalación. Materias primas. Distribución de carga. Descripción del proceso. Procesos de reducción directa. Introducción. Proceso HyL, Proceso Midrex, Proceso SL/RN, Proceso FIOR. Proceso Corex. Descripción de la planta. Materias primas. Descripción del proceso. Reducción de menas oxidadas de plomo. Proceso de alto horno para plomo. Reducción de menas oxidadas de cinc. Teoría de la reducción. Procesos de retortas horizontales. Procesos de retortas verticales. Proceso Josephstown. Proceso ISP. Reducción de menas oxidadas de estaño. Reducción de hornos de reverbero.

#### **Unidad 5 – Procesamiento de matas**

Introducción. Procesamiento pirometalúrgico de concentrados sulfurosos de cobre. Fusión de matas de cobre. Termodinámica de la Fusión de la fusión de matas de cobre. Fusión en alto horno para cobre. Fusión en horno de reverbero. Fusión en horno eléctrico. Flash smelting. Conversión de matas de cobre. Convertidor Peirce-Smith. Proceso de conversión.

#### **Unidad 6 – Procesos de refinación térmica**

Aceración. Convertidor al oxígeno – Proceso LD. Horno de solera – Proceso Siemens-Martin (Básico)Proceso de Horno eléctrico de Arco. Refinación del plomo de obra. Espumado (drossing). Ablandamiento. Recuperación de la plata –Proceso Parkes. Tratamiento posterior – Separación del bismuto. Refinación del cinc. Proceso de destilación fraccionada. Refinación del estaño. Proceso de Licuación.

### **VII - Plan de Trabajos Prácticos**

El curso incluye un trabajo práctico de carácter integrador, cuya presentación tendrá lugar al término del cursado de todos los contenidos. Este trabajo será ejecutado en forma individual y deberá ser presentado en forma oral (con soporte electrónico) ante los docentes y demás alumnos.

### **VIII - Regimen de Aprobación**

Los requisitos para la APROBACIÓN por PROMOCIÓN comprenden:

- Aprobación de la evaluación continua a través de cuestionarios, seminarios y exposiciones al inicio de cada clase.
  - Aprobación de los tres (3) parciales teóricos escritos, con un puntaje mínimo de ocho (8) en la escala 0 – 10, ya sea en el parcial o en instancia de recuperación. En caso de aprobar alguno o varios de los parciales teóricos con un puntaje de siete(7), el alumno podrá acceder a la promoción, rindiendo un coloquio integrador oral al finalizar el cursado de la materia.
  - Aprobación de un trabajo práctico con una nota mínima de ocho (8) en la escala 0 – 10.
- En caso de obtener en la evaluación teórica una nota menor que siete (7) pero mayor que cuatro (4) en la escala 0-10, el alumno alcanzará la condición de regular.

Requisitos para la APROBACIÓN con EXAMEN FINAL (en condición REGULAR):

- Aprobación de la evaluación continua a través de cuestionarios, seminarios y exposiciones al inicio de cada clase.
- Aprobación de los tres (3) parciales teóricos escritos, con un puntaje mínimo de cuatro (4) en la escala 0 – 10, ya sea en el

parcial o en instancia de recuperación.

c) Aprobación de un trabajo práctico con una nota mínima de seis (6) en la escala 0 – 10.

\*Para regularizar o promocionar la materia se requiere el 80 % de la asistencia a las clases teórico-prácticas.

Requisitos para la APROBACIÓN con EXAMEN FINAL (en condición LIBRE):

a)Aprobación de un trabajo práctico integrador.

b)Aprobación de un examen final de los contenidos correspondientes al espacio curricular, con una nota mínima de cuatro(4) en la escala 0 - 10.

## IX - Bibliografía Básica

- [1] [1] Janikow, Arturo R., Pirometalurgia - Introducción a los Procesos Pirometalúrgicos Extractivos, Editorial UNJU, San Salvador de Jujuy, 2000.
- [2] [2] Biswas, Anil K. and Davenport, W. G., Extractive Metallurgy of Copper, Pergamon Press, New York, 1976.
- [3] [3] Feinman, J. "Direct reduction and smelting processes." Iron and steel engineer 76.6 (1999): 75
- [4] [4] Gill, Charles B., Nonferrous Extractive Metallurgy, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1980.
- [5] [5] Kubaschewski, O., Evans, E. Ll. and Alcock, C. B., Metallurgical Thermochemistry, Fourth edition, Pergamon Press, Oxford, 1967.
- [6] [6] Kurunov, I. F. The direct production of iron and alternatives to the blast furnace in iron metallurgy for the 21st century. Metallurgist, Vol. 54, Nos. 5–6, 2010.
- [7] [7] Lawrence Berkeley National Laboratory. The State-of-the-Art Clean Technologies.(SOACT) for Steelmaking Handbook(2nd Edition), 2010.
- [8] [8] Nava, A. C., Revisión y evaluación de procesos alternativos al horno alto. Rev. Metal Madrid 36, 420-434, 2000.
- [9] [9] Peacey, J. G., & Davenport, W. G. The iron blast furnace: Theory and practice (Vol. 31). Elsevier, 2013.
- [10] [10] Pehlke, Robert D., Unit Processes of Extractive Metallurgy, American Elsevier Publishing Company, Inc., New York, 1973.
- [11] [11] Rosenqvist, Terkel, Principles of Extractive Metallurgy, 2nd edition, McGraw-Hill, Inc., New York, 1983.
- [12] [12] Sohn, Hong Yong, and Milton E. Wadsworth. Rate processes of extractive metallurgy. Springer Science & Business Media, 2013.

## X - Bibliografía Complementaria

- [1] [1] Biswas, C., M. G. Chaudhuri, and R. Dey. Reduction behaviour of agglomerated iron ore nuggets by devolatilisation of high-ash, high-volatile lignite coal for pig iron production. Ironmaking & Steelmaking: 1-11, 2016.
- [2] [2] Casey, L. et al. Organic binders for iron ore pelletization. 2016.
- [3] [3] Chesters, J. H., Refractories, Production and Properties, The Iron and Steel Institute, London, 1973.
- [4] [4] Eisele, T. C., and S. K. Kawatra. "A review of binders in iron ore pelletization." Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review 24.1: 1-90, 2003.
- [5] [5] Francis, Wilfrid, Los Combustibles y su Tecnología, Ediciones Urmo, Bilbao, 1969.
- [6] [6] Mohr, S., Giurco, D., Yellishetty, M. et al. Natural Resource Research 24: 317, 2015. doi:10.1007/s11053-014-9256-6
- [7] [7] Newton, Joseph, Extractive Metallurgy, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1959.
- [8] [8] Queneau, Paul B., E. C. Douglas, and K. M. Douglas. "Optimizing matte and slag composition in rotary furnace smelting of lead residues." Int. Symp. on Primary & Secondary Lead Processing. 2013.
- [9] [9] Schuhmann, Reinhardt, Jr., Ingeniería Metalúrgica, Tomo I, Compañía Editorial Continental, S. A., México, 1968.
- [10] [10] Sukagawa, P. Is iron ore priced as a commodity? Past and current practice. Resources Policy, vol. 35, no 1, p. 54-63, 2010.
- [11] [11] Toguri, J. M., N. J. Themelis, and P. H. Jennings. "A review of recent studies on copper smelting." Canadian metallurgical quarterly, 2013.

## XI - Resumen de Objetivos

Conocer los principales procesos pirometalúrgicos para la obtención de metales ferrosos y no ferrosos. Adquirir conocimiento de cada una de las etapas involucradas en el procesamiento de menas para la obtención de metales, a través de la vía pirometalúrgica.

## **XII - Resumen del Programa**

Tecnologías de las Altas Temperaturas: su aplicación a los Procesos Pirometalúrgicos. Tratamientos térmicos de beneficiación de minerales. Procesos de aglomeración. Procesos de reducción. Procesamiento de matas. Procesos de refinación térmica.

## **XIII - Imprevistos**

Se irán solucionando en la medida que se presenten.

## **XIV - Otros**

|  |
|--|
|  |
|--|

| <b>ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA</b> |                             |
|------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                | <b>Profesor Responsable</b> |
| Firma:                                         |                             |
| Aclaración:                                    |                             |
| Fecha:                                         |                             |