

**MAESTRÍA EN  
METALURGIA EXTRACTIVA**  
Acreditación-Resol. CONEAU n° 1069/10  
Carrera n° 30094/10

## Curso de Posgrado

# HIDROMETALURGIA

### DOCENTES

**MSc. Roberto José MEISSL**  
(Docente responsable del curso)

**Dr. Ing. Pedro Edgardo SARQUIS**

**Mag. Ing. Ivana OROZCO SANTANDER**

**Roberto José MEISSL** es egresado como Ingeniero de Minas de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ en 1987. Ha obtenido el título de MSc. En Metalurgia en la Universidad de Concepción en Chile en 1996. Actualmente es Docente –Investigador del Departamento de Ingeniería de Minas y del Instituto de Investigaciones Mineras; y Profesor del Programa desde 1997.

**Pedro Edgardo SARQUIS** es Ingeniero de Minas, egresado de la Universidad Nacional de Cuyo en el año 1974. Es especialista en flotación de minerales e hidrometalurgia. Profesor de materias de su especialidad en las carreras de Ingeniería de Minas e Ingeniería en Metalurgia Extractiva. Ha realizado numerosos trabajos de investigación y de Transferencia de Tecnologías en temas relacionados al Procesamiento de Minerales, y ha participado del dictado de cursos de posgrado. Actualmente es Director de la Maestría y Director del Instituto de Investigaciones Mineras. Desde 2012, es Dr. en Minería, Proyectos y Medioambiente. Universidad de Oviedo. España

**Ivana Marcela OROZCO SANTANDER** es Ingeniera en Alimentos desde el año 2005. Obtuvo su Maestría Extractiva en el año 2013, egresada de la Universidad Nacional

de San Juan, Argentina. Es Jefe de Trabajos Prácticos en las Cátedras “Química” y “Química Analítica”. Ha realizado trabajos de Investigación y Transferencia de Tecnología en temas relacionados al Análisis Instrumental del Tratamiento de Minerales.

**TIPO:** Curso Obligatorio Electivo, para alumnos de la Maestría en Metalurgia Extractiva. De Perfeccionamiento para Profesionales

**DESTINATARIOS:** Alumnos de la Maestría en Metalurgia Extractiva, Profesionales, Docentes, e Investigadores relacionados a la temática.

### METODO DE DICTADO:

Clases magistrales (expositivas con diálogos e interrogatorios).

Clases grupales participativas (discusión y debates sobre temas específicos)

### METODO DE EVALUACIÓN:

Evaluación individual escrita u oral.

Elaborar y defender monografías sobre temas específicos planteados por los docentes.

El curso se aprobará con una nota final igual o mayor a 7 puntos en la escala 0 a 10.

### OBJETIVOS GENERALES:

Al aprobar el curso se espera que el alumno logre:

Comprender los conceptos básicos que definen un proceso hidrometalúrgico. Conocer las distintas operaciones y procesos unitarios en hidrometalurgia. Valorar la importancia de los estudios hidrometalúrgicos en un proyecto minero. Emitir juicio de valor con respecto a la aplicación de un proceso hidrometalúrgico. Desarrollar hábitos que le permitan actualizar y profundizar los conocimientos adquiridos con relación al procesamiento de minerales. Integrarse en equipos multidisciplinarios, para afrontar y resolver adecuadamente los desafíos que se le presenten en su vida profesional.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Ubicar la hidrometalurgia en el desarrollo de la ciencia y en la historia de la humanidad. Explicar los objetivos de los procesos hidrometalúrgicos. Enumerar las etapas de procesamiento a que se somete una mena, en un esquema hidrometalúrgico. Describir los aspectos termodinámicos y cinéticos de la lixiviación. Enumerar los factores que intervienen en la velocidad de lixiviación. Definir la termodinámica de la lixiviación a través de los diagramas de Pourbaix. Analizar la importancia de los estudios termodinámicos y cinéticos en la lixiviación. Explicar los fundamentos de la hidrometalurgia del cobre. Ejemplificar a través de esquema hidrometalúrgicos, el procesamiento de minerales cupríferos. Explicar los fundamentos de la hidrometalurgia del oro. Ejemplificar a través de esquemas hidrometalúrgicos, el procesamiento de minerales auríferos. Explicar los fundamentos de la hidrometalurgia del uranio. Ejemplificar a través de esquemas hidrometalúrgicos, el procesamiento de minerales uraníferos.

### PROGRAMA ANALÍTICO:

#### Tema 1: Introducción

1) Historia de la Hidrometalurgia. 2) Procesos hidrometalúrgicos. Objetivos. Ventajas. Operaciones y procesos unitarios de un proceso hidrometalúrgico. Etapas. 3) Preparación. 4) Lixiviación. Aspectos químicos de la lixiviación (lixiviación de sales, lixiviación ácida, lixiviación alcalina, intercambio básico, lixiviación con formación de complejos, lixiviación con oxidación, lixiviación con reducción, lixiviación bacteriana o biolixiviación: indirecta y directa). Tipos de lixiviación. 5) Purificación de la solución. 6) Producción de un metal o compuesto.

#### Tema 2: Termodinámica

1) Generalidades. 2) Diagramas de Eh-pH. Ecuación general de construcción de estos diagramas. Ejemplos. 3) Análisis para los sistemas S-H<sub>2</sub>O; Zn-S-H<sub>2</sub>O; Fe-S-H<sub>2</sub>O; Cu-Fe-S-H<sub>2</sub>O; Fe-S-H<sub>2</sub>O en ausencia de pirita; Pb-S-H<sub>2</sub>O; Mo-S-H<sub>2</sub>O; Cu-S-H<sub>2</sub>O; calcopirita en ausencia de pirita;

Au-H<sub>2</sub>O y Au-CN-H<sub>2</sub>O. **4)** Fases metaestables. **5)** Mecanismo de lixiviación galvánica. Ejemplos. **6)** Diagramas espaciales.

### Tema 3: Cinética

**1)** Introducción. Clasificación de las reacciones. Velocidad de reacción. **2)** Cinética homogénea. Datos desde un reactor discontinuo. Método Diferencial. Método Integral. **3)** Cinética heterogénea. Transferencia de masa entre una superficie sólida y un líquido. Coeficientes de difusión. Cinética intrínseca de la reacción química. Difusión de especies líquidas a través de un sólido poroso. Cinética mixta. Partícula esférica no porosa. Control por transferencia de masa. Control químico reacción de primer orden. Control por difusión a través de un sólido poroso. Cinética mixta. Sistemas particulados. **4)** Efecto de la temperatura. Determinación de la energía de activación.

### Tema 4: Hidrometalurgia del cobre

**1)** Procesamiento de minerales oxidados de cobre. Introducción. **2)** Lixiviación. Generalidades. Lixiviación en pilas. **3)** Alternativas de recuperación de cobre. Cementación. Extracción por solvente. Electrodeposición. Electrodeposición directa. **4)** Procesamiento de minerales sulfurados de cobre. Lixiviación bacteriana. Lixiviación indirecta. Lixiviación directa. **5)** Procesamiento del cobre blister. Electrorefinación.

### Tema 5: Hidrometalurgia del oro

**1)** La mineralogía del oro y su importancia en la metalurgia extractiva. **A)** Tipo de minerales de oro; **B)** El tamaño del grano. **C)** Minerales portadores y asociaciones. **2)** La mineralogía del oro y la metalurgia. Beneficio de minerales de oro. Otros procesos para concentrar oro: Concentración gravitacional, Flotación, Amalgamación. **3)** Cianuración. Química de la lixiviación. Práctica de la cianuración. Cianuración por agitación. Circuitos de lixiviación. Actividades de operación de una planta. Sedimentación y filtración. **4)** Cianuración por percolación. Construcción y manejo de una pila, variantes. Manejo de las soluciones. **5)** Recuperación del oro disuelto, métodos. **6)** Otros solventes para oro.

### Tema 6: Hidrometalurgia del uranio

**1)** Introducción. Uranio. Usos y aplicaciones. Producción de energía atómica. **2)** Yacimientos de uranio. Minerales de uranio. Clasificación de los yacimientos de uranio. Recursos de uranio en Argentina. Génesis de los yacimientos en areniscas. **3)** Metalurgia del uranio. Respuesta química de los minerales de uranio. Respuesta química de los minerales de ganga. Química de la concentración a partir de la solución. Química de la precipitación (Yellow cake). **4)** Formulación de un programa experimental. Reactivos de lixiviación. Temperatura. Oxidantes. Conminución y clasificación. Concentración por métodos físicos. Tostación. **5)** Práctica industrial.

**MATRICULA:** Alumnos de la Maestría: cubiertos por el arancel anual del programa. Docentes e Investigadores de la UNSJ: \$ 500. Profesionales \$ 1.000.

**CUPO:** 10 participantes.

**CARGA HORARIA:** Total 100 horas (72 horas presenciales) - (28 personales)

**PERIODO DICTADO:** 01, 02, 03, 04, 05, 08, 09, 10 y 12 de septiembre de 2014.

**HORARIO:** Mañana: 08.00 a 12.00 horas  
Tarde: 16.00 a 20.00 horas

**LUGAR:** Aula de Posgrado del Nucleamiento Ingeniería de Minas

**INSCRIPCIÓN:** Desde el 19 de agosto al 02 de septiembre de 2014. Departamento de Estudios de Posgrado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av Libertador 1109 (oeste) CP 5400 San Juan. Argentina. Tel 54 264 4211700 – Int 291. e-mail: [posgrafi@unsj.edu.ar](mailto:posgrafi@unsj.edu.ar)

#### **INFORMES:**

Secretaría de Posgrado. Nucleamiento Ingeniería de Minas. Av. Libertador 1109 (oeste). CP 5400. San Juan. Argentina. Tel: 54 264 4220556, 4211700. Int 376. e-mail: [dobertero@unsj.edu.ar](mailto:dobertero@unsj.edu.ar)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN 1973  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MINERAS

Curso de Posgrado  
Maestría en  
Metalurgia Extractiva  
**HIDROMETALURGIA**

MSC. Ing. Roberto José MEISSL  
(Docente responsable del curso)  
Dr. Ing. Pedro Edgardo SARQUIS  
Mag. Ing. Ivana OROZCO SANTANDER

2014