



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

**(Programa del año 2007)**  
**(Programa en trámite de aprobación)**  
**(Presentado el 01/11/2007 16:52:40)**

### **I - Oferta Académica**

| <b>Materia</b>       | <b>Carrera</b>  | <b>Plan</b> | <b>Año</b> | <b>Período</b> |
|----------------------|-----------------|-------------|------------|----------------|
| PROYECTO METALURGICO | ING. EN MINERIA | 12/98       | 5          | 2c             |

### **II - Equipo Docente**

| <b>Docente</b>         | <b>Función</b>       | <b>Cargo</b> | <b>Dedicación</b> |
|------------------------|----------------------|--------------|-------------------|
| MAS, MIGUEL ANGEL      | Prof. Responsable    | P.TIT EXC    | 40 Hs             |
| WISZYNSKI, JUAN MARIO  | Prof. Colaborador    | P.ADJ EXC    | 40 Hs             |
| AGUIRRE, FERNANDO LUIS | Auxiliar de Práctico | A.1RA SEM    | 20 Hs             |

### **III - Características del Curso**

| <b>Credito Horario Semanal</b> |                 |                          |                                              |              |
|--------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------------------------|--------------|
| <b>Teórico/Práctico</b>        | <b>Teóricas</b> | <b>Prácticas de Aula</b> | <b>Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.</b> | <b>Total</b> |
| 90 Hs                          | 40 Hs           | 30 Hs                    | 20 Hs                                        | 6 Hs         |

| <b>Tipificación</b>                            | <b>Periodo</b> |
|------------------------------------------------|----------------|
| B - Teoría con prácticas de aula y laboratorio | 2 Cuatrimestre |

| <b>Duración</b> |              |                            |                          |
|-----------------|--------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Desde</b>    | <b>Hasta</b> | <b>Cantidad de Semanas</b> | <b>Cantidad de Horas</b> |
| 06/08/2007      | 09/11/2007   | 15                         | 90                       |

### **IV - Fundamentación**

#### **FUNDAMENTACION**

La inclusión de Proyecto metalurgico, en la currícula de la carrera de Ingeniería de Minas esta justificada a partir de la temática especial que ella trata, a saber, el diseño y calculo de los equipos y aparatos que se utilizan en la separación y concentración de minerales, pero en forma integrada y teniendo como respaldo o referencia el Flujograma de Ingenieria y los balances de Masas, Aguas y metalurgico..

Los metales y minerales de importancia comercial se encuentran solo muy raras veces en el estado natural en formas y grados de purezas que su utilización practica exige, pues, casi sin excepción están mezclados, con otros de diferente valor. Por tanto tenemos que proceder a separarlos de estas sustancias desprovistas de valor a través de métodos físicos o procedimientos químicos.

Aprovechando las características y propiedades de los minerales, es que se desarrollaron diferentes métodos de separación y concentración, los cuales deben ser asistidos por equipos y maquinarias específicas.

El uso de las propiedades físicas para efectuar la separación define diferentes procesos de concentración, como por ejemplo la separación magnética, la electrostática, la separación por medios densos, entre otros.

El uso de las propiedades físico-químicas, define los procesos de flotación.

Si el proceso de recuperación de componentes valiosos de la matriz rocosa se produce por medio de reacciones químicas en solución acuosa, se define entonces la hidrometalurgia. En la actualidad también se aprovechan los microorganismos para producir esta separación a través de los procesos biohidrometalurgicos.

Así es como, para llegar a estas etapas de concentración de los minerales y/o de recuperación de metales hace falta acondicionar o adecuar los minerales granulométricamente mediante la trituración, clasificación y molienda. Hay que

distribuirlos (Cañerías y tubos), clasificarlos (Hidrociclones, clasificadores espiral) y transportarlos en forma de pulpa (bombas), concentrarlos y realizar las operaciones de separación sólido-liquido (espesadores y filtros).

Proyecto Metalurgico es una materia del quinto año de la Carrera de Ingeniería de Minas que se dicta en el segundo cuatrimestre. No tiene correlativas inmediatas posteriores, y como correlativa inmediata anterior a tiene que tener regularizada planta de tratamiento de Minerales.

Las unidades temáticas a desarrollar están basadas en los contenidos mínimos de la materia.

## V - Objetivos

El objetivo general de esta materia, es proveer los medios necesarios para que los alumnos, puedan establecer y/o resolver en forma integral el proyecto de una planta de beneficio de minerales, teniendo en cuenta criterios de procesos, de proyectos y económicos.

## VI - Contenidos

**CARACTERIZACION DE LA MATERIA: : De acuerdo a la Ordenanza N 012-98 del Consejo Superior de la Universidad Nacional de San Luis, la caracterización de la asignatura es: Desarrollo de procesos metalurgicos. Elaboracion de flujogramas de Ingenieria. Calculo de balances de masas, de aguas y metalurgico. Calculo de Instalaciones de Conminucion y Clasificación. Calculo Instalaciones de separación Sólido-Líquido y desenlodado. calculo de Instalaciones de Concentración. Calculo de instalaciones Auxiliares en Plantas mineralurgicas. Estimación de costos de Inversion y operativos en Instalaciones Mineras.**

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

Plan de Trabajos Practicos

Practico 1: A partir de un mineral entregado por el profesor elaborar el diagrama de procesos correspondiente para separar los elementos valiosos de los no valiosos.

Practico 2: Para el diagrama de proceso elaborado en el practico 1, determinar el balance de masas, de aguas y metalurgico correspondiente para la escala operatoria fornecida por el profesor.

Practico 3: Calculo integrado del area Trituracion-Separacion por tamaños segun lo establecido en los balances obtenidos en el practico 2.

Practico 4: Calculo integrado de un circuito de molienda en humedo y clasificacion, trabajando en circuito cerrado.

practico 5: Calculo integrado de un circuito de separacion solido - liquido.

Practico 6: Calculo de las inversiones de capital de la planta de tratamiento determinada.

Practico 7: Calculo de los Costos operativos para la planta determinada.

Practico 8: Determinacion del TIR (tasa interna de retorno) y analisis economico del proyecto (Factibilidad)

## VIII - Regimen de Aprobación

PARA REGULARIZAR SE REQUIERE EL 80 % DE LA ASISTENCIA A LAS CLASES TEORICO PRACTICAS, LA APROBACIÓN DEL 100% DE LOS TRABAJOS PRACTICOS Y LA PRESENTACIÓN DE LA CARPETA DE T. PRACTICOS. POSTERIORMENTE LA EVALUACIÓN DEL EXAMEN FINAL.

## IX - Bibliografía Básica

[1] -Trituración, Molienda y Clasificación (Apuntes) - RAMON ALVAREZ, 1996.

[2] -Laboratorio de Concentración de Menas (Apuntes) - RAMON ALVAREZ & DULCE GOMEZ LIMON, 1995.

[3] -Operación de Espesamiento y Filtrado (Apuntes) - LUIS MAGNE ORTEGA, 1991

[4] –Tratamiento de Mineros, volumen 1,2 y 3- Dr Arthur Pinto Chaves, 1998 y 2004

[5] –Mineral Procesing Plant Design, Mullar y Bappu, 1978

[6] -The Chemistry of Gold Extraction, Marsden, J. and House, I.; SME 2006

[7] -Rocas de aplicacion de la Provincia de la Rioja, Mas, M.; Calbo,V.; Balmaceda, E. Año 2004

## **X - Bibliografía Complementaria**

- [1] 1--Hidrometalurgia del Cobre (Apuntes) - ALONSO ARENAS F., 1985.  
[2] 2-Hidrometalurgia de Metales No Ferrosos (Apuntes) - P. NAVARRO DONOSO, 1994  
[3] 3-Process Principles in Minerals and Materials Productions, Hayes,P;Año 2003

## **XI - Resumen de Objetivos**

Entre los objetivos particulares podemos mencionar:

Hacer que los alumnos internalicen las relaciones conceptuales y procedimientos que se aplican en la concentración en forma integrada.

Proveer los conocimientos necesarios para la elaboración de un circuito de concentración de minerales, elaboración de flujoramas de ingeniería, balances de masas, metalúrgico y de aguas.

## **XII - Resumen del Programa**

CATEDRA: PROYECTO METALURGICO

### **PROGRAMA ANALÍTICO**

#### **BOLILLA 1**

Elección de un proceso metalúrgico. Programa de investigación Metalúrgica:

Información Requerida: Localización del Yacimiento. El depósito mineral. Muestras. Método de Explotación . Mercados y Especificaciones. Restricciones ambientales.

Determinación de los valores presentes en una mena. Examinación visual y microscópica. Análisis químicos, diferentes tipos. Búsqueda Bibliográfica.

#### **BOLILLA 2**

Pruebas de Laboratorio:

Trituración, Molienda. Remolienda. Clasificación. Flotación: cantidad y tipo de reactivos. Regulación del pH. Densidad de la pulpa. Aireación y acondicionamiento. Tiempo de retención. Temperatura. Calidad del Agua. Mineral reactivo. (Cycle tests), Pruebas en ciclo. Concentración gravimétrica y de medios densos. Lixiviación. Calcinación o tostación. Intercambio iónico. Extracción por solvente. Separación Magnética. Separación electrostática. Fluorescencia y Radioactividad. Estudios Mineralógicos. Análisis de tamaño, pruebas de bombeo. Espesamiento y Velocidad de Asentamiento. Filtrado, Análisis químicos. Tratamientos de efluentes. Estudio de la contaminación a producir por la implantación del proceso. Equipos. Prueba de Planta Piloto.

#### **BOLILLA 3**

Reportes o Informes de Investigación:

Formato. Título. Índice. Introducción. Resumen de resultados obtenidos Conclusiones. Recomendaciones de trabajos adicionales y/o desarrollo del flowsheet. Detalles resumidos de la Investigación, etapa por etapa y balance de materiales. Resultado de las pruebas en ciclo. Tablas. Gráficos. Flowsheet. Apéndices o anexos.

Diseño de un Flowsheet o Flujograma del Proceso para un mineral determinado, seleccionado en clase. Evaluación de los resultados de las pruebas. Cuantificación de los procesos. Curvas de selectividad. Elementos a considerar para el desarrollo de un flowsheet. Balance de masas, metalúrgico y de aguas

#### **BOLILLA 4**

Almacenamiento de minerales. Homogenización. Diseño de tolvas. Inclinación del fondo de una tolva. Dimensiones básicas. Tolvas de gruesos y de finos. Tolvas de diferentes formas. Alimentadores de minerales. Selección y cálculo de transportadores de correa.

#### **BOLILLA 5**

Diseño de instalaciones de plantas de trituración y separación por tamaños.

Cálculo y selección del circuito más conveniente para el caso práctico seleccionado.

**BOLILLA 6**

Diseño de circuitos de molienda – clasificación.

Calculo y selección de la instalación mas conveniente para el caso practico seleccionado.

**BOLILLA 7**

Diseño de circuitos de concentración. Calculo de celdas de flotación.

Calculo y selección de la instalación mas conveniente para el caso práctico seleccionado.

**BOLILLA 8**

Integración de los circuitos parciales y elaboración del esquema general de planta para el procesamiento del mineral seleccionado.

Listado de los equipos intervinientes con sus especificaciones técnicas.

**BOLILLA 9**

Estimación de los costos de capital. Índices de Costos (Marshall and Swift y otros).

Estimación de Costos de plantas. Regla de los seis decimos, Relación de la mayor unidad del proceso. Costos de equipos en función de un parámetro. Ejemplos.

**BOLILLA 10**

Costos operativos. Costos directos e indirectos. Etc

**BOLILLA 11**

Prefactibilidad Económica.

Decisiones operativas basadas en un análisis de Cash Flow

**XIII - Imprevistos**

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

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