



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

(Programa del año 2017)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE MINERALES	ING.EN MINAS	18/13	2017	1° cuatrimestre
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE MINERALES	ING.EN MINAS	6/15	2017	1° cuatrimestre
SERVICIOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE MINERALES	TEC.PROC.MINER.	11/13	2017	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
ENCINAS, JUAN CARLOS	Prof. Responsable	P.Asoc Exc	40 Hs
ROMANO, EDUARDO ANTONIO	Responsable de Práctico	JTP Exc	40 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
8 Hs	4 Hs	4 Hs	0 Hs	8 Hs

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

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
13/03/2017	23/06/2017	15	120

### IV - Fundamentación

#### FUNDAMENTACION

La inclusión de Planta de Tratamiento de Minerales, 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.

Los metales y minerales de importancia comercial se encuentran solo muy raras veces en el estado natural en formas y grados de purzas 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 biohidrometalúrgicos.

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-líquido (espesadores y filtros).

Planta de Tratamiento de Minerales es una materia del quinto año de la Carrera de Ingeniería de Minas que se dicta en el primer cuatrimestre. No tiene correlativas inmediatas posteriores, y como correlativa inmediata anterior tiene a tratamientos I Y II. Pero además hay otras materias en las cuales se apoya, Geología y Química Analítica Instrumental. Las unidades temáticas a desarrollar están basadas en los contenidos mínimos de la materia, y se han estructurado de la siguiente manera: Flujograma de Ingeniería, Trituración, Molienda, separación por tamaños, ciclones, clasificadores atkins y sistemas de distribución de pulpas.

## V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

### PROPOSITOS

Las operaciones de separación y concentración tienen vinculación directa con el Tratamiento de Minerales.

El objetivo general de esta materia, es proveer los medios necesarios para que los alumnos, puedan establecer y/o resolver los problemas de separación, concentración o beneficio de minerales cuando se encuentran mezclados con otros, teniendo en cuenta los criterios de procesos establecidos.

Entre los objetivos particulares podemos mencionar:

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

Proveer los conocimientos necesarios para la elaboración de un circuito de concentración de minerales.

Desarrollar en el estudiante el interés por la investigación y desarrollo de procesos mineros.

Dar los conocimientos fundamentales que permitan al alumno elaborar un estudio del proceso de un mineral.

Brindar los conocimientos básicos del desarrollo sostenible y de la interacción Desarrollo Minero y Ambiente.

Al finalizar el curso se espera que el alumno logre y/o confirme destrezas que le permitan expresarse con propiedad utilizando términos de la Ciencia y la Técnica Minera y desarrollar una conducta que le permita participar en trabajos de equipo.-

Es importante destacar que los trabajos prácticos correspondientemente a esta materia son de gabinete y de laboratorio, pues a través de la ejecución de los mismos se logra obtener los datos necesarios para dimensionar equipos, seleccionar reactivos, definir parámetros y establecer criterios de trabajo.

## VI - Contenidos

### CARACTERIZACION DE LA MATERIA: : De acuerdo a la Ordenanza N 001-04 del Consejo Superior de la

Universidad Nacional de San Luis, la caracterización de la asignatura es: Operaciones unitarias en el procesamiento de minerales. Cálculos integrales de circuitos de trituración, molienda, clasificación por tamaños. Instalaciones.

Bancos de celdas: cálculos, sistema de distribución de pulpas. Bombas de pulpa, hidrociclones, clasificadores de espiral, cálculo. Transporte y Almacenamiento de minerales: transportadores de correa. Apiladores y retomadores de minerales sólidos (staker and reclaimers). Instalaciones y cálculos. Esquema de instalaciones de áridos, rocas de aplicación, cal y cementos.

### PROGRAMA ANALITICO

UNIDAD 1: Flujograma de Ingeniería

Tema 1: Objetivos del Tratamiento de Minerales. Operaciones de Concentración, Adecuación granulométrica. Otras adecuaciones.

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

Tema 2: Fórmulas sobre suspensión de sólidos en Líquidos: porcentajes de sólidos en peso y en volumen. Dilución.

Peso específico del sólido y de la pulpa.

Tema 3: Desarrollo de un Flowsheet o Flujograma del Proceso.

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

Instalaciones de Conminución y Clasificación

UNIDAD 2: Selección de Circuitos de Trituración

Tema 1 - Trituración primaria, secundaria y cuaternaria Relación de reducción. Usos y aplicaciones

Tema 2 - Selección y cálculo de un triturador. Granulometrías en circuito abierto y cerrado. Curvas. Esquemas típicos de trituración. Cálculo de la carga circulante. Flow sheet típicos de plantas de trituración de áridos y rocas industriales.

UNIDAD 3: Selección de Circuitos de Molienda

Tema 1 - Características del diseño de los molinos. Molinos de Barras. Molinos de Bolas. Molinos Autógenos. Usos.

Tema 2 - Pruebas con mineral para la selección del Molino. Molturabilidad para molinos de bolas y barras. Índice de Bond (Bond Work Index), índice de abrasión. Experiencias en planta piloto. Ecuaciones usadas para determinar la potencia requerida en la molienda.

Tema 3 - Cálculo de molino de barras en circuito simple. Cálculo de un molino de bola en un circuito Barras - Bolas.

Cálculo molino de Bolas en circuito simple. Selección del tamaño de los cuerpos moledores y estimación del consumo de acero.

UNIDAD 4: Selección del tamaño y tipo de zarandas vibratorias en plantas de trituración de minerales

Tema 1 - Zarandas. Tipos de Zarandas. Tipos de Telas. Diferentes aberturas. Ubicación de las zarandas dentro de un esquema de flujo. Zarandas desaguadoras.

Tema 2 - Selección de Zarandas vibratorias. Cálculo del área. Factores que intervienen. Cálculo de la carga circulante. Circuitos de clasificación de áridos y rocas industriales.

Instalaciones de Separación Sólido-liquido

UNIDAD 5: Tratamiento de Pulpas Minerales

Tema 1: Conocimientos sobre lamas: Importancia del tratamiento de las lamas en la concentración de minerales.

Lamas primarias. Lamas secundadas. Dispersión. Floculación.

Tema 2: Teoría de la Floculación: Definición del fenómeno. Análisis de los factores que intervienen. Mineral, Medio y Reactivo. Efecto de la concentración del floculantes. Efecto del peso molecular del polímero. Potencial hidrógeno y fuerza iónica.

UNIDAD 6: Espesamiento y filtrado

Tema 1: Teoría del dimensionamiento de un espesador: Decantación intermitente. Decantación continua. Espesador Dorr.

Capacidad de los espesadores Dorr. Velocidad de asentamiento. Cálculo del área: Velocidad ascendente del agua.

Determinación del punto critico. Cálculo del volumen. Cálculo de la altura H.

Tema 2: Filtración. principio, ventajas y limitaciones. Tipos de filtros. Descripción y equipo de un sistema de filtración. Aplicaciones. Prácticas sobre dimensionamiento de espesadores.

Instalaciones Auxiliares y de concentración

UNIDAD 7: Selección y Aplicación de Clasificadores Espiral

Tema 1 - Clasificadores Espiral. Descripción del equipo. Instalación. Régimen de clasificación. Régimen de corriente.

Discusión de los parámetros de operación. Definiciones. Distribuciones granulométricas. Diámetro de corte.

Partición. Aplicación de los Clasificadores Espiral.

Tema 2 - Diseño actual. Rendimiento. Ubicación del Clasificador Espiral en un esquema de flujo. Balance de Masas, selección y cálculo.

UNIDAD 8: Selección de Hidrociclones Clasificadores

Tema 1 - Clasificación. Ciclones. Funcionamiento del Ciclón. Variables asociadas a la geometría (variables de diseño). Variables asociadas al proceso (variables operativas).-

Tema 2 - Materiales de Construcción de los Ciclones. Rendimiento de los Ciclones y tamaño de separación. Ubicación del Ciclón en un esquema de flujo. Instalación. Balance de Masa, selección y cálculo.

UNIDAD 9: Selección de Circuitos de distribución de Pulpas.

Tema 1- Equipo e instalaciones. Bombas Centrifugas. Diferencia entre una bomba de pulpa y de agua.

Revestimientos: diferentes tipos. Bombas de Eje Vertical. Bombas de desplazamiento positivos. Usos.

Tema 2 - Montaje de una bomba centrífuga. Caja de bomba. Diferentes tipos de sello o estopa duras. Cañerías y accesorios. Válvulas. Manómetros.

Tema 3 - Bombeo de Pulpas. Curvas características de la bomba y del sistema, Desempeño de una bomba de pulpa. Potencia consumida.-

Tema 4 - Comportamiento de las pulpas. Tipos de flujo. Velocidad de transporte Velocidad límite.

Tema 5 - Dimensionamiento de bombas de pulpa y cañerías. Perdidas de carga. Cálculo de las cañerías. Velocidad de transporte y velocidad límite de sedimentación. Curvas. Ubicación de una bomba en un esquema de flujo. Balance de masas, selección y cálculo.-

Unidad 10 Almacenamiento de gráneles sólidos

Tema 1 -Almacenamiento de gráneles sólidos según su función -Almacenamiento de gráneles sólidos por su concepción

Tema 2 -Características de las pila . Diseño de pilas : criterio de homogeneización, Máquina utilizada en las operaciones de apilamiento y desapilamiento, criterio constructivos, criterio medioambientales.

Unidad 11 Silos de almacenamiento

Tema 1-Tipos de silos. Silos de homogeneización Presiones de los gráneles en un silo

Tema 2 - Eliminación de bóveda en el interior de un silo

Tema 3 - Diseño estructural de silo y tolva

Unidad 12 Transporte gráneles y pulpas

Tema 1 - Transportadora de correas, generalidades .Descripción de los distintos tipos de Transportadora de correas  
Calculo

Tema 2 - Transporte neumático, generalidades - Generalidades, propiedades de pulpas

Tema 3 - Reología de las pulpas minerales Mineraductos, conceptos básicos

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

Plan de trabajos prácticos

Practico N° 1

Elaboración de flujograma de ingeniería

Practico N° 2

Calculo de equipos de trituración primaria y secundaria. Por formula y por tabla

Practico N° 3

Calculo de zaranda y la carga circulante

Practico N° 4

Calculo de molino de barras y bolas

Practico N° 5

Calculo de hidrociclones

Practico N° 6

Calculo de espesadores

Practico N° 7

Calculo de clasificadores de espiral

Practico N° 8

Calculo de distribución de pulpa (bombas y cañerías)

Practico N° 9

Calculo de tolva

Practico N° 10

Calculo de pila de homogenización

Practico N° 11

Calculo de cinta transportadora

## VIII - Regimen de Aprobación

Régimen de aprobación

PARA REGULARIZAR SE REQUIERE EL 80 % DE ASISTENCIA A LAS CLASES TEORICAS PRACTICAS, LA APROBACIÓN DEL 100 % DE LOS TRABAJOS PRACTICOS Y LA PRESENTACIÓN DE LA CARPETA DE T. PRACTICOS. LA APROBACIÓN DE LA TOTALIDAD DE LOS PARCIALES.POSTERIORMENTE LA EVALUACIÓN DEL EXAMEN FINAL.De acuerdo a la Resolución vigente a tal efecto.

## IX - Bibliografía Básica

[1] [1] [1] 1-PROCESS DESIGN 562,D. Halbe, 1995

[2] [2] [2] 2-EQUIPOS DE TRITURACION, MOLIENDA Y CLASIFICACION - Tecnología, Dsieño y Aplicación, L.

[3] Fueyo,

[4] [3] 1999.

[5] [4] [5] 5-TRANSPORTADORES DE CINTA, R. Salvadeo.

[6] [5] [6] 6-Tratamiento de Minerios, volumen 1,2 y 3- Dr Arthur Pinto Chaves, 1998

[7] [6] [7] 7-Mineral Procesing Plant Design, Mullar y Bappu, 1978

## X - Bibliografía Complementaria

[1] [1] [1] [1] 1-LABORATORY MANUAL FOR HYDROMETALLURGY 562 - HYDROMETALLURGY 351, WASM, 2003.

[2] [2] [2] [2] 2-TRITURACION, MOLIENDA Y CLASIFICACION, R. Alvarez, 1996

[3] [3] [3] [3] 3-CONOCIMIENTOS BASICOS EN EL PROCESAMIENTO DE MINERALES, Metso Minerals.

[4] XI

## XI - Resumen de Objetivos

### INTRODUCCION

La Universidad Nacional de San Luis, tiene como objetivo fundamental la formación de profesionales en las distintas ramas de la Ciencia y de la Técnica.

Dentro de los profesionales que se forman en la Universidad y específicamente en la Facultad de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, están los del área de la Ingeniería de Minas.

La Minería Argentina está destinada a crear un fuerte impacto en la economía de nuestro país.. Esto ha permitido la radicación de numerosas empresas de capitales extranjeros, que esperan con gran expectativa, que nuestro país, se ordene desde el punto de vista económico y jurídico.

Con la sanción de la Ley de Inversiones Mineras, cerca de un centenar de prospectos mineros son estudiados por empresas argentinas y extranjeras.

Las empresas están priorizando en sus contrataciones a Ingenieros jóvenes con conocimiento del idioma Inglés, computación y una clara comprensión del problema minero, dirigido a solucionar problemas operacionales.

Las propuestas de cátedra que aquí presentamos trata, en el área de su competencia, de cumplir con estos requisitos.

## XII - Resumen del Programa

UNIDAD 1: Flujiagrama de Ingeniería

Instalaciones de Conminución y Clasificación

UNIDAD 2: Selección de Circuitos de Trituración

UNIDAD 3: Selección de Circuitos de Molienda

UNIDAD 4: Selección del tamaño y tipo de zarandas vibratorias en plantas de trituración de minerales Selección del tamaño y tipo .

Instalaciones de Separación Sólido-liquido

UNIDAD 5: Tratamiento de Pulpas Minerales

UNIDAD 6: Espesamiento y filtrado

Instalaciones Auxiliares y de concentración

UNIDAD 7: Selección y Aplicación de Clasificadores Espiral

UNIDAD 8: Selección de Hidrociclones Clasificadores

UNIDAD 9: Selección de Circuitos de distribución de Pulpas.

UNIDAD 10 Almacenamiento de gráneles sólidos

UNIDAD 11 Silos de almacenamiento

UNIDAD 12 Transporte gráneles y pulpas

## XIII - Imprevistos

## XIV - Otros