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

(Programa del año 2017)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 24/08/2017 09:26:08)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
TRATAMIENTO DE MINERALES I	ING.EN MINAS	6/15	2017	2° cuatrimestre
TRATAMIENTO DE MINERALES I	ING.EN MINAS	007/08	2017	2° cuatrimestre
TRATAMIENTO DE MINERALES I	ING.EN MINAS	18/13	2017	2° cuatrimestre
TRATAMIENTOS DE MINERALES	TEC.PROC.MINER.	11/13	2017	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
ENCINAS, JUAN CARLOS	Prof. Responsable	P.Asoc Exc	40 Hs
ACUÑA, VICTOR GUSTAVO	Prof. Colaborador	P.Adj Semi	20 Hs
AMAYA, EDGAR GILBERTO	Responsable de Práctico	JTP Semi	20 Hs
CEBALLOS, MARTIN OSCAR GUSTAVO	Auxiliar de Práctico	A.2da Simp	10 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	**Teóricas**	**Prácticas de Aula**	**Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.**	**Total**
6 Hs	3 Hs	1 Hs	2 Hs	6 Hs

Tipificación	Periodo
E - Teoria con prácticas de aula, laboratorio y campo	2º Cuatrimestre

Duración			
Desde	**Hasta**	**Cantidad de Semanas**	**Cantidad de Horas**
07/08/2017	18/11/2017	15	90

IV - Fundamentación

Fundamentación:

La inclusión de Tratamiento Mecánico de Minerales en la curricula de la carrera de Ingeniería en Minas, se justifica a partir de la incumbencia directa que posee con el título que se otorga al egresado y que le permitirá desempeñarse en el desarrollo y control de todos y cada uno de los procesos que se llevan a cabo en los distintos sectores de una Planta de Tratamiento de Minerales dentro de un marco técnico - económico y ambientalmente factible.

El estudio del Tratamiento de los Minerales necesita como base el conocimiento de otras ciencias tales como la Física, Química, Matemáticas (Algebra, Análisis Matemático), Geologia (Mineralogía Yacimientos Minerales)

Los minerales de importancia comercial se encuentran muy raras veces en el estado natural en formas y grados de purezas que permita su aplicación directa. Generalmente estos se encuentran mezclados con otros de diferente valor y/o con concentraciones muy variadas. Por lo tanto para su utilización, es necesario separarlos de las sustancias de escaso valor económico, a través de procesos físicos o químicos.

Considerando las características y propiedades de los minerales, se han desarrollado diferentes métodos y técnicas de separación y concentración los cuales utilizan equipos y máquinas específicas.

Las propiedades físicas de los minerales, permite aplicar diferentes procesos de concentración, como por ejemplo la concentración por láminas líquidas, medios densos, entre otros.

Las propiedades físico-químicas, permite aplicar métodos de concentración por flotación.

Si las características del mineral de interés lo exige, se pueden aplicar métodos HIDROMETALÚRGICOS, que considera sistemas acuosos con reacciones químicas y/o métodos BIOHIDROMETALÚRGICOS, que son sistemas acuosos con reacciones químicas y actividad microbiana.

Para aplicar óptimamente los diferentes métodos de concentración y separación, se debe acondicionar o adecuar la granulometría del mineral de acuerdo al método de concentración a aplicar, para ello se debe planificar una eficiente etapa de conminución (trituración, clasificación y molienda).

El control de todo proceso metalúrgico está basado en la distribución y selección adecuada de los equipos complementarios de planta, tales como: clasificadores (harneros, hidrociclones, clasificadores hidráulicos), bombas, tanques acondicionadores, distribuidores, conductos, manejo de pulpas, etc.
Finalmente para un control y recuperación de agua de proceso, seleccionar y ubicar el equipo adecuadamente (espesadores, clarificadores, filtros, circuitos de conducción de pulpas, etc.).

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Objetivos.

Que el alumno sea capaz de seleccionar cada equipo de conminución adecuado a la producción planificada y a las características del producto a obtener.
Que sea capaz de planificar un proceso de conminución y clasificación.
Que adquiera los conocimientos básicos para aplicarlo en la asignatura Plantas de Tratamiento.
Que el alumno sea capaz de integrarse a grupos de trabajo en laboratorio metalúrgico.
Que sepa operar y controlar procesos de concentración gravitacional.

VI - Contenidos

Metodología.
Métodos de Enseñanza Socializada: Este método tienen por principal objeto –sin descuidar la individualización- la integración social, el desenvolvimiento de la aptitud de trabajo en grupo y del sentimiento comunitario, como asimismo el desarrollo de una actitud de respeto hacia las demás personas.
El Estudio en Grupo: Es una modalidad que debe ser incentivada a fin de que los alumnos se vuelquen a colaborar y no a competir. M.y H. Knowles dicen que las característica de un grupo son: 1) Una unión definible; 2) Conciencia de Grupo; 3) Un sentido de participación con los mismos propósitos; 4) Independencia en la satisfacción de las necesidades; 5) Interacción y 6) Habilidad para actuar de manera unificada.

PROGRAMA ANALÍTICO
TRATAMIENTO MECÁNICO DE MINERALES.

UNIDAD 1.
- Esquema de la elaboración de las sustancias minerales
- Definición y alcance del tratamiento mecánico de minerales.
- Operaciones fundamentales
- Justificación económica.
- Secuencia de las operaciones.
- Futuro del tratamiento mecánico de minerales.-
- Reducción de tamaño o conminución.- objeto:
- Distribución del trabajo de conminución.-

- Características de la conminución de minerales.
- Razón de reducción.
- Razón de reducción aparente; razón de reducción límite; razón de reducción 80 % Granulometría, granulometría cerrada, granulometría abierta.
- Energía consumida.
- Molturabilidad forma en que se produce la molturabilidad.-
- Tratamiento mecánico de minerales, preparación y concentración.
- Cálculos metalúrgicos, mena, ganga, alimentación, concentrado, cola, ley, fino, recuperación, razón de concentración.
- Justificación económica de la concentración de minerales.

UNIDAD 2.

Trituradoras.

- Trituradoras de mandíbulas, máquina blake, máquina tipo dodge, trituradora kue-ken, máquinas de un solo togle.
- Propiedades de las trituradoras; capacidad.

Trituradoras giratorias.

- Máquinas de uso suspendido; máquinas de huso soportado; máquinas de huso fijo:
- Factor de reducción, ángulo de aprehensión
- Capacidad; consumo de energía.
- Campos de aplicación.

Trituradoras de cono.

- Trituradoras giratoria Telsmith.
- Trituradora giratorias de reducción.
- Trituradores de rodillos (cilindros)- lisos y dentados.
- Molinos de rollos.

Chancadoras de impacto.

- Trituradoras de rotores de eje horizontal.
- Trituradores de rotores de eje vertical.
- Trituradores y molinos de martillos.

UNIDAD 3.

Pulpas.

- Fórmulas básicas para el cálculo de pulpas:
- Pulpas metalúrgicas.
- Conceptos básicos y definiciones.
- Formas de expresar la concentración de sólidos en una pulpa.
- Dilución; porcentaje de humedad, determinación de la densidad de sólidos; por desplazamiento de volumen y por picnómetro. Densidad de pulpa.
- Fujos volumétricos y flujos másicos de pulpa; flujos volumétricos y másicos de sólidos; flujos volumétricos y másicos de agua.

Molienda.

- Molienda convencional. Molinos de barras. Molinos cilíndricos y cilindro–cónicos; de descarga central y descarga periférica.-
- Forros o revestimientos.
- Alimentación. Alimentadores de cuchara. Alimentadores de tambor. Alimentador de combinación.
- Teoría del molino de bolas. Condiciones de molienda en molinos de bolas. Velocidad crítica.
- Fracción en volumen de llenado con bolas. Fracción del volumen del molino ocupada por el lecho de mineral. Relación de la carga de mineral a la carga de bolas. Carga de bolas en el molino. Carga de mineral.
- Régimen de trabajo. Forma en que se produce la molienda. Molienda en circuito cerrado
- Cargas circulantes. Molienda en etapas. Factor de reducción.
- Característica de los productos molidos. Límites de tamaño.
- Abundancia relativa de los distintos tamaños que componen un producto molido. Consumo de acero en los molinos de

barras y de bolas. Cálculo del diámetro de bolas según Bond.
- Modo de operar un molino de bolas. Leyes de la conminución. Postulado de rittinger. Postulado de kick.
- Dimensionamiento de equipos de conminución.-
- Molienda autógena y semiautógena.
- Molinos Aerofall.
- Vertical Mill.

UNIDAD 4.

Hidrociclones.
- Sedimentación centrífuga.
- Tamaño límite o de corte.
- Aplicaciones de los hidrociclones.
- Aero-ciclones e hidrociclones.
- Aero-ciclones de alta velocidad.
- Clasificación en hidrociclones.
- Razón de circulación. (c)
- Balance de masa en pulpas de un hidrociclón.
- Balance total de pulpa; balance de sólidos.
-

UNIDAD 5.

Clasificación de partículas.
- Tamizado o cribado industrial; ensayos de tamices; presentación de resultados,
- propósito del tamizado; acción del tamiz; tipos de tamices o cedazos.
- Cedazos fijos (parrillas):
- Tamices o cernidores rotatorios tromels.
- Cedazos vibratorios; cedazos vibratorios inclinados:
- Mecanismos de vibración para cedazos horizontales; tipos de superficies de cribado.
- Clasificación hidráulica de partículas.

Movimiento de partículas sólidas dentro de fluidos.
Partículas de igual velocidad de caída o isódromas.
Clasificadores de caída libre.
Caida contrariada.
Clasificadores de corriente superficial y de corriente vertical, mecánicos y no mecánicos.

UNIDAD 6.

Muestreo.
- Definición; métodos de muestreo; muestreo mecánico de pulpas; procedimiento de muestreo; muestreo de sólidos; muestreo por conos y cuarteo.
- Equipo partidor Jones; muestreo por tubo.
- Peso mínimo de muestra; procedimiento para el cálculo de peso mínimo de muestra.
- Ecuación de Pierre Gy.
- Muestreo para minerales con oro ligado. Muestreo con escasa información.

UNIDAD 7.

Jigs.
- Jigs o cribas pulsantes. Clasificación por tamaños para la concentración en jig sin succión. Límite de tamaños de una clase cerrada concentrable. Finkey, cociente de criba.
- Extracción de los productos de los jigs.

- Jig Harz. Relación entre el largo de la carrera y el número de revoluciones por minuto. Relación entre velocidad y tamaño de la partícula. Influencia de la cama artificial. Influencia de la succión. Corriente superficial. Consumo de energía. Consumo de agua.
- Otros jigs de criba fija. Jig Pan-American. Denver Mineral Jig.
- Pulsadoras. Pulsadora Richards. Jig con pulsión a aire comprimido. Jig Woodbury. Jig de cribas movibles (la maritata). Jig Hancock.

UNIDAD 8.
Concentración en láminas líquidas.
- Velocidad del Fluido en una Lámina Líquida. Gasto de una Lámina Líquida. Influencia de la Altura de la Lámina, sobre la Velocidad a una Distancia “y” sobre el Fondo.
- Fuerzas que Actúan Sobre las Partículas que Están sobre el Plano o Tablero. Ecuación de Movimiento de una Partícula Esférica. Pendiente Crítica de Resbalamiento.
- Rodamiento de Partículas. Influencia de la Aspereza del Tablero o Fondo.
- Buddles. Buddles Redondos o Circulares.
- Mesas de Lona. Mesas de Corderoy. Mesas Bukman. Mesas Redondas. Mesas Sacudidoras. Mesa Buchart. Mesas diagonales.
- Movimiento de Partículas sobre el Tablero. Distribución de las Partículas sobre el Tablero. Efecto de los Riffles.
- Aplicación de las Mesas Sacudidoras. Tamaño de las Partículas Separables. Capacidad. Revoluciones y Largo de la Carrera. Cantidad de agua e Inclinación del Tablero. Riffles y Cubiertas.
- Espiral Humphreys. Pricipio de funcionamiento.

UNIDAD 9.
Desaguado
Desaguado. Introducción. Sedimentación: coagulación y floculación, floculación selectiva, sedimentación por gravedad, espesadores de alta capacidad, sedimentación centrífuga. Filtración: el medio filtrante, pruebas de filtración, tipos de filtros. Secado.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

PLAN DE TRABAJOS DE LABORATORIO.
Las prácticas de laboratorio se planifican teniendo en cuenta la estricta relación con la teoría desarrollada en cada unidad del programa.

Las prácticas de laboratorio se llevan a cabo normalmente después que los correspondientes temas teóricos ya han sido desarrollados.

El objetivo que persigue el desarrollo de las prácticas de laboratorio, es que el alumno, aplique los conocimientos teóricos recibidos y adquiera practicidad, familiaridad y control de los equipos de conminución y concentración que están involucrados en cada una de las prácticas planificadas; como así también, de las técnicas de clasificación, muestreo y preparación de muestras para distintos tipos de estudio de las mismas etc.

El desarrollo de estas prácticas le permitirá al alumno aplicar el conocimiento teórico que se le imparte en el aula y adquirir criterios técnico metalúrgicos en la toma de decisiones.

Se entregará con anticipación a los alumnos una Guía de Trabajos Prácticos de laboratorio y el alumno tiene la oportunidad de asistir a clases de consulta, lo que permitirá al alumno, tener muy claro los conocimientos teóricos que deberá aplicar en todas y cada una de las operaciones que requiere el buen desarrollo de la respectiva práctica.

TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO
1) Determinación de leyes de diferentes menas por medios ópticos.
2) Ensayos de trituración: descripción, manejo y determinación de la capacidad de la máquina en función de la nueva superficie creada.

3) Trituración Secundaria (molino a martillos): descripción, manejo y análisis de los productos obtenidos en ensayos realizados con grilla y sin grilla.
4) Clasificación de tamaño a escala laboratorio: aprendizaje de la técnica de tamizado, determinación de la eficiencia del tamizado, representaciones gráficas de los resultados.
5) Concentración gravitacional en Jig: aprendizaje y comprensión del funcionamiento del mismo.
6) Clasificación Hidráulica: aprendizaje y comprensión del funcionamiento de los clasificadores hidráulicos.
7) Determinación del índice de Bond
8) Concentración Gravitacional en mesa: aprendizaje y comprensión de los diferentes principios que operan en el funcionamiento de las mesas de concentración y las diferentes variables que afectan la eficiencia y/o rendimiento de las mismas.

TRABAJOS PRÁCTICOS DE AULA
Consisten en prácticas de aula, en las que el alumno lleva a cabo la resolución de problemas varios. Con ello se pretende que el alumno comprenda y fije conceptos básicos, es decir, que aprenda a razonar e incluso que logre ejercer un rol protagónico en cuanto a tomas de decisiones se refiere, siempre dentro del tema en el que se está trabajando.

1) Determinación de razón de reducción.
2) Cálculo del índice de liberación.
3) Confección de curvas de distribución de tamaños.
4) Cálculo de razón de concentración.
5) Cálculo de recuperación.
6) Confección de curvas de distribución de tamaños.
7) Cálculo de carga circulante
8) Cálculo de índice de Bond.
9) Cálculo de eficiencia en la reducción de tamaño.
10) Cálculo de balances metalúrgicos.
11) Construcción de circuitos de conminución clasificación.

TRABAJOS DE CAMPO

El objetivo de esta actividad es que el alumno vea cuales son los puntos claves de control en una planta de procesamiento de minerales, desde la entrada del mineral a planta hasta la salida como concentrado, compare, interprete y relacione, todo lo desarrollado a nivel áulico (teoría y cálculos) y de laboratorio con las actividades reales de producción a escala industrial en las Plantas de Tratamiento del Mineral en empresas mineras.

El desarrollo de los diferentes prácticos de laboratorio es de vital importancia contar con diversas muestras minerales. A tal efecto (obtención de muestras) se programan visitas a plantas de beneficio de minerales y/o canteras, sujetos a la disponibilidad presupuestaria.

VIII - Regimen de Aprobación

Règimen de Aprobaciòn

Para regularizar la asignatura el alumno debe aprobar:
Tres exàmenes parciales.
Todos los trabajos Pràcticos de Aula
Todos los trabajos Pràcticos de Laboratorio
Todos los informes de Pràcticas de campo.

Para aprobar definitivamente la asignatura el alumno debe aprobar un EXÀMEN FINAL (en las turnos de exàmen correspondientes)

IX - Bibliografía Básica

[1] [1] -Apuntes del esquema de la elaboración de las sustancias minerales. Definición y alcance del tratamiento mecánico de

minerales. Ing. Juan Carlos Encinas, AUZa.
[2] [2] -Apuntes de Trituración, equipos de trituración primaria, secundaria. Ing. Juan Carlos Encinas, AUZa.
[3] [3] -Apuntes de teoría de los molino. Molienda. Ing. Juan Carlos Encinas, AUZa.
[4] [4] -Apuntes teoría de la clasificación de partículas. Ing. Juan Carlos Encinas, AUZa.
[5] [5] -Apuntes teoría de muestreo y cálculo de peso mínimo de muestra. Ing. Juan Carlos Encinas, AUZa.
[6] [6] -Cálculo y dimencionamiento de equipos de conminución (Trabajos Prácticos). Ing. Juan Carlos Encinas, AUZa.
[7] [7] -Apuntes teoría de pulpas y cálculo de pulpas. Pulpas metalúrgicas. Ing. Juan Carlos Encinas, AUZa.
[8] [8] -Apuntes teoría de hidrociclones, manejo de pulpas en hidrociclones, balance de finos, y gruesos en pulpas. Ing. Juan Carlos Encinas, AUZa.
[9] [9] -Apuntes de Trat. Mec., de Minerales. Ing. Pedro Pablo Marquina Jorge Luis Venaruzzo. AUZa.
[10] [10] -SME Mineral Processing Handbook. N.L. Weiss Editor vol I y II.
[11] [11] -Elementos de Preparación de Minerales. Arthur F. Taggart.
[12] [12] -Handbook of Mineral Dressing. Ores and Industrial Minerals. ºArthur F. Taggart Process Engineering of Size Reduction: Ball Milling. L.G. Austin, R.R. Klimpel, P.T. Luckie.
[13] [13] -Fundamentos de los Procesos de Concentración Ing. Roberto Meissl. I.I.M. U.N.S.J.
[14] [14] -Apuntes del Posgrado del Magíster en Metalurgia Extractiva.”Fundamentos de los Procesos de Concentración”, tomos I y II. Fac. de Ingeniería Univ. Nac. De San Juan.
[15] [15] -Catálogos de Equipos para Plantas de Tratamiento, Actas de Jornadas Metalúrgicas.
[16] [16] -Videos y catálogos de equipos de conminución y clasificación, selección y compilación Ing. Juan Carlos Encinas. UNSL.

X - Bibliografia Complementaria

[1] [1] -SME Mineral Processing Handbook. N.L. Weiss Editor vol I y II.
[2] [2] -Artur Pintos Chaves, tomos: I, II, III, IV.
[3] [3] -Elementos de Preparación de Minerales. Arthur F. Taggart.
[4] [4] -Handbook of Mineral Dressing. Ores and Industrial Minerals. ºArthur F. Taggart
[5] [5] -Process Engineering of Size Reduction: Ball Milling. L.G. Austin, R.R. Klimpel, P.T. Luckie.
[6] [6] -Dimensionamiento y Optimización de Plantas Concentradoras Mediante Técnicas de Modelación Matemática. Leonel Gutierrez, Jaime Sepúlveda. CIMM. 1986.
[7] [7] -Conminución de Minerales. Prof. Luis Magne Ortega. Dep. Ing. Metalúrgica. USACH.

XI - Resumen de Objetivos

Resumen de Objetivos.

Que el alumno sea capaz de controlar procesos de conminución y concentraciòn gravitacional en una planta de tratamiento de Minerales.

XII - Resumen del Programa

CONTENIDOS MÍNIMOS
Preparación Mecánica de Minerales: Liberación. Consideraciones mecánicas sobre la reducción de tamaño.
Trituración, trituradoras. Molienda, molinos. Clasificación por tamaños. Clasificación hidráulica. Concentración en láminas líquidas:
Concentración gravitacional. Equipos de concentración gravitacional. Separación Sólido - Liquido: Preparación de pulpas. Lamas. Floculación y dispersión. Espesadores. Filtros. Hidrociclones.

XIII - Imprevistos

En caso de presentarse algun inconveniente en el dictado de las clases , este sera resuelto en fechas que se acordaran con los alumnos.

XIV - Otros

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA	
	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	