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

(Programa del año 2016)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 12/12/2016 18:58:33)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
(OPTATIVA III) HIDROELECTROMETALURGIA	ING.EN MINAS	6/15	2016	1° cuatrimestre
HIDROMETALURGIA	TEC.PROC.MINER.	11/13	2016	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	A.1ra Simp	10 Hs
CEBALLOS, JESICA ANAHI	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**
90 Hs	70 Hs	10 Hs	10 Hs	6 Hs

Tipificación	Periodo
E - Teoria con prácticas de aula, laboratorio y campo	1º Cuatrimestre

Duración			
Desde	**Hasta**	**Cantidad de Semanas**	**Cantidad de Horas**
14/04/2016	24/06/2016	15	90

IV - Fundamentación

La asignatura Hidroelectrometalurgia, en el plan de estudio de la carrera de Ingeniería de Minas esta justificada a partir de la temática especial que ella trata, a saber, las operaciones de lixiviación de diferentes minerales, biolixiviación de minerales y la adsorción, precipitación y electro deposición de los metales extraídos.

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 práctica 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.

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 bio-hidrometalúrgicos.

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 granulométrica mente mediante la trituración, clasificación y molienda, de una forma susceptible a ser atacado por las soluciones lixiviantes empleadas para cada caso.

Las unidades temáticas a desarrollar están basadas en los contenidos mínimos del plan docente que se encuentra actualmente vigente, correspondiente a la carrera de Ingeniería en Minas

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

El objetivo general de esta materia, es proveer los medios necesarios para que los alumnos, puedan establecer y/o resolver los problemas de separación de los minerales por lixiviación y/o biolixiviación, y la recuperación de metales por absorción y/o adsorción, precipitación y electro deposición, teniendo en cuenta los criterios de procesos establecidos.

VI - Contenidos

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS APLICADOS A LOS PROCESOS HIDROMETALÚRGICOS

Fundamentos teóricos aplicables a los procesos de hidrometalurgia: Importancia de la química de soluciones, de la termodinámica y de la cinética en hidrometalurgia. Elementos de química de soluciones aplicables en hidrometalurgia: Estructura de los minerales, Estructura de enlaces metálico, iónicos, covalentes, mixtos. Características estructurales del agua: Estructura, ionización, constante dieléctrica. Solubilidad en el agua: Producto de solubilidad. Iones compartidos y formación de complejos. Hidratación e hidrólisis. Ácidos y bases. Soluciones tampón. Oxidación y Reducción: Potencial de electrodo, Procesos galvánicos, procesos electrolíticos. Potencial de electrodo y cambio de energía libre. Compuestos de coordinación: Complejos, Quelatos. Precipitación.

2. TERMODINÁMICA APLICADA A LA HIDROMETALURGIA

Importancia. Termodinámica de las disoluciones. Limites de estabilidad del agua. Estabilidad de óxidos y carbonatos. Preparación de diagramas de estabilidad Eh/ pH. Interpretación y uso de los diagramas de estabilidad Eh/pH: Análisis de la estabilidad del agua, Análisis de las reacciones metal / solución, Análisis de las reacciones óxido del metal / solución, Análisis de las reacciones sulfuro del metal / solución, Uso del diagrama Eh/pH del sistema Cu-O-S-H2O para la disolución de Cu2S. Reactivos modificadores del potencial (Eh).

3. CINÉTICA QUÍMICA APLICADA A LA HIDROMETALURGIA

Importancia. Energía de activación. Velocidad de reacción. Reacciones heterogéneas y su etapa controlante. Factores que influyen sobre la cinética: Efecto del estado de división del sólido, de la concentración del reactante, del grado de agitación, de la temperatura, de catalizadores y auto catálisis.

4. PRÁCTICA DE LA LIXIVIACIÓN

Formación de los yacimientos y estado natural de los minerales. Influencia de las especies mineralógicas y de la ganga en la lixiviación: Influencia de la ganga en el consumo de ácido, en la cinética de la disolución, en el grado de penetración en las partículas.

Geoquímica del Hierro: Actuación del hierro en solución, oxidación del hierro en la disolución de minerales sulfurados, solubilidad de la jarosita y la regulación del Eh y pH. Geoquímica del ácido sulfúrico. Métodos de lixiviación: Lixiviación in situ, en botaderos, en pilas, en bateas inundadas, por agitación. Selección de un método de lixiviación.

5. LIXIVIACIÓN DE METALES

Lixiviación del oro y plata con cianuro: Ocurrencia mineralógica del oro. Química del oro en medio acuoso. Lixiviación del oro y la plata: Química del cianuro en medio acuoso. Disolución del oro en soluciones de cianuro. Interferencias de las impurezas. Síntesis del proceso de cianuración.

Lixiviación del oro y la plata con tiourea: antecedentes y ventajas. Reacciones principales y mecanismo de disolución. Condiciones de operación.

Recuperación de metales nobles del grupo del platino: Reacciones principales y mecanismo de disolución. Lixiviación de Cobre y níquel con soluciones amoniacales. Reacciones principales y mecanismo de disolución.

6. LIXIVIACIÓN DE MINERALES OXIDADOS

Lixiviación de minerales oxidados en ausencia de modificadores rédox: Lixiviación, de bauxita con NaOH, Casiterita con sulfuro de sodio, minerales oxidados de cobre en medio ácido, de minerales oxidados de cobre en medio amoniacal, de minerales oxidados de cobre en medio cianuro, ácida de lateritas de níquel, de pirolusita y nódulos de manganeso, de óxidos de Zinc con ácido, de óxidos de Zinc en medio alcalino, de óxidos complejos.

Lixiviación de minerales oxidados en presencia de agentes oxidantes: Uranio. Procesamiento del uranio por lixiviación oxidante en medio ácido y en medio alcalino. Recuperación de subproductos del uranio.Lixiviación de minerales oxidados en presencia de agentes reductores.

7. LIXIVIACIÓN BACTERIANA

Las bacterias y su acción sobre los sulfuros. Características principales de las bacterias mesófilas: Thiobacillus Ferrooxidans, Thiobacillus Thiooxidans, Leptospirillum ferrooxidans, nutrientes y tolerancia a la acumulación de iones. Reacciones del ciclo natural de lixiviación de sulfuros.

Aplicaciones industriales de la lixiviación bacteriana. Lixiviación bacteriana aplicada a minerales sulfurados. Lixiviación bacteriana aplicada a concentrados en birreactores.

8. CONCENTRACIÓN POR MEDIO DE ADSORCIÓN EN CARBÓN ACTIVADO

Aplicaciones del carbón activado en hidrometalurgia. Obtención y propiedades. Carbón activado aplicado al oro y la plata. Mecanismo de la carga del carbón. Influencia de la química de la cianuración sobre la adsorción. Equilibrio y cinética de la etapa de adsorción. Factores físicos y químicos que afectan la adsorción: Efecto Temperatura, eficiencia del mezclado, del tamaño de partícula del carbón, densidad de la pulpa, de la concentración de oro en la solución, de la concentración de cianuro, del pH, de fuerza iónica, de la concentración de otras sustancias. Procedimiento de descarga o elusión del carbón. Métodos de elusión disponibles. Factores físicos y químicos que afectan la eficiencia de la elusión: Temperatura y presión, concentración de cianuro, fuerza iónica, pH, solventes orgánicos, velocidad de flujo del eluyente, concentración de oro en la solución eluyente, elusión de otros metales. Reactivación del carbón.

9. PRECIPITACIÓN POR ELECTRÓLISIS

Primeras aplicaciones de la electricidad en metalurgia extractiva. Procesos de electro-obtención (EW)Procesos de electro-refinación (ER). Naturaleza del electrolito. Electrolitos de sales fundidas. Aplicaciones de la electricidad. Definiciones y conceptos fundamentales. Leyes de Fáraday. Eficiencia de corriente. Conductores metálicos. Electrolitos y no electrolitos. Migración de iones. Agentes aditivos. Potencial de electrodo y cambio de energía libre. Mediciones del potencial de electrodo estándar. Metales altamente solubles. Metales menos reactivos. Procesos de electrodo. depositación de metales. Procesos con control difusional. Aplicaciones de electrólisis para la recuperación de metales. Sistemas de unidades eléctricas. Requerimientos energéticos. Voltaje aplicado a una celda. Eficiencias y densidades de corrientes en procesos electrolíticos. Diseños y materiales de ánodos. Di8seños y materiales de cátodos y manejo del producto. Diafragmas de electrodos. Aplicaciones del proceso de EW desde soluciones acuosas. Aplicaciones del proceso de ER desde soluciones acuosas. Aplicaciones del proceso de disolución anódica de sulfuros.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

FUNDAMENTOS TEORICOS APLICABLES A LA HIDROELECTRO METALURGIA

Importancia de la química de soluciones, de la termodinámica y de la cinética química

A1. Definir el alcance de la Metalurgia Extractiva, haciendo referencia a la importancia de la química de soluciones, termodinámica y cinética química.

A2. Representación esquemática de las principales etapas de los procesos de la metalurgia extractiva, destacando los procesos propios de la HIDROMETALURGIA.

2. ELEMENTOS DE QUÍMICA DE SOLUCIONES APLICABLES A LA HIDROMETALURGIA

Estructura de los metales, características del agua, solubilidad de compuestos en agua (reglas generales de solubilidad)

3. ELEMENTOS DE QUÍMICA DE SOLUCIONES APLICABLES A LA HIDROMETALURGIA

A1.Solubilidad en agua (Producto de solubilidad y efecto de iones en solución), hidratación e hidrólisis, ácidos y bases y soluciones tampón

A2. Formulación de las reacciones químicas correspondientes que evidencien el efecto de la presencia de diferentes iones en solución sobre el equilibrio de las mismas (iones compartidos y formación de complejos)

A3. Formulación de los procesos de hidratación e hidrólisis. Ejemplificar el concepto de sustancias ácidas, básicas

A4. Preparación de soluciones de diferentes
concentraciones de ácidos y bases y medición de los pH correspondientes.

4. ELEMENTOS DE QUÍMICA DE SOLUCIONES APLICABLES A LA HIDROMETALURGIA

Oxidación-reducción, potencial de electrodo y cambio de energía libre, compuestos de coordinación

A1. Descripción y representación por medio de ecuaciones (gráficas cuando corresponda) de los procesos de óxido - reducción: potencial de electrodo, procesos galvánicos y procesos electrolíticos.

A2. Resolución de ejercicios relativos a cálculos de constantes de equilibrio de reacciones químicas, a partir del conocimiento del valor de la energía libre y potenciales estándar de electrodo.

5.TERMODINÁMICA METALÚRGICA APLICADA EN HIDROMETALURGIA

Termodinámica de las disoluciones, límites de estabilidad del agua, preparación de diagramas de estabilidad Eh/pH

A1. Análisis termodinámico de la disolución de un sólido: definir los diferentes calores que se ponen en juego y realizar su representación gráfica; definir la vinculación de energía libre con la constante de equilibrio; establecer la relación entre al fuerza iónica (Ley de Debye-Huckel) con la solubilidad y mostrar gráficamente la dependencia entre ambas; explicar y mostrar gráficamente la variación de la solubilidad con la presencia de otros iones y temperatura.

A2. Plantear las ecuaciones de descomposición del agua, establecer sus límites y construir el diagrama de estabilidad; interpretación de los diagrama de estabilidad en equilibrio de óxidos y carbonatos.

A3. Describir la metodología empleada en los diagramas de estabilidad Eh/pH; interpretación y uso de los diagramas Eh/pH

(análisis de estabilidad del agua, análisis reacciones óxido/solución, análisis de óxido del metal/solución, análisis de sulfuro del metal/solución, uso del diagrama Eh/pH del sistema Cu-S-H2O para la disolución de CuS)

6. ELEMENTOS DE CINÉTICA QUÍMICA APLICABLES EN HIDROMETALURGIA

Importancia del estudio de la cinética, energía de activación, velocidad de reacción, reacciones de primer y segundo orden, reacciones heterogéneas y su etapa controlante, factores que influyen sobre la cinética

A1. Definir el alcance de la cinética química, definir que tipos de reacciones son más relevantes en la hidrometalurgia y cual es la etapa controlante del proceso.

A2. En base a la Figura 6.1) definir los siguientes conceptos y la vinculación correspondiente: reacción exotérmica, reacción endotérmica, energía de activación, entalpía.

A3. Definir la velocidad de reacción, orden de reacción; constante de velocidad de reacción y su variación con la temperatura (ecuación de Arrhenius)

A4. Establecer las diferencias entre una reacción de 1º orden respecto a las de 2º orden y realizar el desarrollo pertinente a fin de obtener las ecuaciones correspondiente para el cálculo de la constante de velocidad específica de reacción.

A5. Definir el concepto de reacciones heterogéneas y los elementos participantes en el mencionado modelo, citar las diferentes etapas y describir sintéticamente cual de ellas es la determinante de la velocidad del proceso.

A6. Realizar una síntesis haciendo mención a la influencia de las diferentes variables sobre la cinética.

7. CONTEXTO Y PRÁCTICA DE LA LIXIVIACIÓN

Geología de los fenómenos de formación de yacimientos y del estado natural en que se puedan encontrar en los minerales

A1. Realizar una síntesis que incluya los siguientes temas: contexto general y las principales etapas de proceso de la hidrometalurgia; fenómenos geológicos de transformación de un yacimiento mineral que justifique el interés de aquéllos que se enfocan a la hidrometalurgia, haciendo referencia al esquema típico de un yacimiento porfídico que se presenta en la Figura 7.1, diagramas Eh/pH que se presentan en las Figura 2 y 3 y Tabla 7.3.

8. CONTEXTO Y PRÁCTICA DE LA LIXIVIACIÓN

Influencia de las especies mineralógicas y de la ganga en la lixiviación, geoquímica del hierro y ácido sulfúrico

A1. Describir el comportamiento de diferentes especies mineralógicas frente a la lixiviación, teniendo en cuenta los conceptos hasta ahora aprendidos relativos a la cinética y fundamentos de la físico-química.

A2. Ídem para los minerales de ganga y su influencia en la lixiviación del mineral de interés.

A3. Plantear la importancia de la geoquímica del hierro en los procesos de lixiviación

A4. Ídem para el ácido sulfúrico.

9. CONTEXTO Y PRÁCTICA DE LA LIXIVIACIÓN

Métodos de lixiviación: lixiviación en situs, en botaderos, en pilas, por agitación, selección de un método de lixiviación

A1. Enunciar y describir los procesos unitarios asociados a la práctica de la lixiviación y la justificación de cada uno de ellos.

A2. Realizar una síntesis de los diferentes métodos de lixiviación asumiendo las diferencias de sus condiciones operacionales y de inversión

A3. Análisis de los parámetros que permiten la selección de un método de lixiviación determinado

10. LIXIVIACIÓN DE METALES

Ocurrencia mineralógica del oro, sus propiedades físicas y química en medio acuoso; lixiviación del oro y plata con cianuro; lixiviación del oro y plata con tiourea; recuperación de metales nobles del grupo del platino; lixiviación de cobre y níquel con soluciones amoniacales

A1. Realizar una síntesis destacando los siguientes aspectos de interés: ambientes geológicos en que se presenta el oro, clasificación de los diversos minerales de oro, y química en medio acuoso.

A2. Resumir los antecedentes sobre el proceso de cianuración en la obtención del oro y plata y los métodos de recuperación de sus soluciones, como así mismo analizar el diagrama Eh/pH para el oro y el auro-cianuro y anotar las conclusiones.

A3. Representar la disociación del cianuro de hidrógeno en función del pH y el diagrama Eh/pH para el sistema CN-H2O; analizar y representar por medio de reacciones químicas los diferentes mecanismo de reacción propuestos y realizar un balance desde el punto de vista termodinámico, es decir, en función del valor de la energía libre y constantes de equilibrio correspondientes (Tabla 8.4); analizar la curva de disolución del oro y plata en función de la concentración de cianuro, a diferentes presiones de oxígeno (Figura 8.8) y exponer los estudios combinados de termodinámica y cinética realizados por Habashi y sus conclusiones.

A4. Analizar la influencia de diferentes impurezas en la velocidad de disolución del oro: aditivos acelerantes de la cianuración, inhibidores por consumo de oxígeno y otros.

A5. Realizar un resumen de las condiciones de operación.

11. LIXIVIACIÓN DE METALES

Lixiviación del oro y la plata con tiourea, recuperación de los metales nobles del grupo del platino, liviación de cobre y níquel con soluciones amoniacales

A1. Realizar un resumen que contenga los antecedentes principales, reacciones principales y mecanismos de disolución y conclusiones, para los tres temas arriba mencionados.
B1. Visita a una planta de beneficio que incluya procesos de lixiviación.
12. LIXIVIACIÓN DE MINERALES OXIDADOS
Lixiviación de minerales oxidados en ausencia de modificadores rédox
A1. Realizar una clasificación de los minerales oxidados según se disuelvan con y sin agentes modificadores de potencial de oxidación
A2. Representar por medios de reacciones químicas la disolución de la bauxita con HONa y diagrama Eh/pH (Proceso Bayer); disolución de la casiterita con sulfuro de sodio.
A.3. Desarrollar el mecanismo de disolución de minerales oxidados de cobre en medio ácido, amoniacal y cianurado.
A.4. Ídem para otros tipos de minerales oxidados.
13. LIXIVIACIÓN DE MINERALES OXIDADOS
Lixiviación de minerales oxidados en presencia de agentes oxidantes, en presencia de agentes reductores
A1. Introducción sobre antecedentes de sobre los yacimientos de minerales oxidados de uranio, citando las diferentes especies minerales y analizando el diagrama de flujo de la Figura 9.17.
A2. Describir el proceso la lixiviación oxidante de minerales oxidados de uranio en medio ácido, haciendo énfasis a los mecanismos de disolución
A3. Describir el proceso la lixiviación oxidante de minerales oxidados de uranio en medio alcalino, desarrollando por medio de reacciones químicas su extracción y esquematizar el modelo de disolución; diagrama de flujo para la recuperación del radio a partir de minerales de uranio
A4. Describir por medio de las ecuaciones químicas correspondientes, la disolución de la pirolusita, MnO_2, en medio reductor.
A5. Analizar y obtener conclusiones de la Tabla 9.11.
14. LIXIVIACIÓN BACTERIANA DE MINERALES Y CONCENTRADOS SULFURADOS
Antecedentes de la lixiviación bacteriana, su acción sobre minerales sulfurados, características de las bacterias mesófilas
A1. Síntesis de antecedentes de la lixiviación bacteriana; describir la estructura de las bacterias, su clasificación y los diferentes mecanismos de acción de las mismas.
A2. Enunciar las características principales de las bacterias mesófilas y el mecanismo de acción de aquéllas más relevantes en la práctica minera; citar los nutrientes básicos de las bacterias mesófilas y su tolerancia a la acumulación de iones.
15. LIXIVIACIÓN BACTERIANA DE MINERALES Y CONCENTRADOS SULFURADOS
Reacciones del ciclo natural de la lixiviación de sulfurados; aplicaciones industriales;
Lixiviación bacteriana aplicada a minerales sulfurados; lixiviación bacterial de concentrados en birreactores agitado
A1. Describir las reacciones del ciclo natural que involucran bacterias en la lixiviación de minerales sulfurados; describir las diferencias entre lixiviación en botadero, en pilas y en reactores agitados y citar ejemplos de aplicaciones industriales de cada uno de ellos.
A2. Describir el Proceso TL Bacteriano y su aplicación a la extracción de minerales de Cu, minerales auríferos de baja ley, etc.; mecanismo de lixiviación de concentrados de piritas auríferas.
B1. Visita a una planta de beneficio por medios de procesos de lixiviación bacteriana.
16. ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO
Primeras aplicaciones con carbón activado, etapas del proceso de carbón activado aplicado al oro y plata, mecanismos de la etapa de carga del carbón activado o adsorción, influencia de química sobre la adsorción
A1. Realizar un breve resumen de las aplicaciones del CA en la hidrometalurgia; de igual modo la obtención y metodología de activación; describir las diferentes etapas (carga, descarga y regeneración) involucradas en el proceso de CA aplicado a la recuperación de oro y plata de a partir de soluciones cianuradas
A2. Representar por medios de reacciones químicas y gráficamente el mecanismo de la etapa del carbón haciendo mención de la influencia de iones presentes en solución, dejando sentado otro tipo de lixiviante que usan el CA para recuperar oro y plata; describir la química del cianuro en agua y su influencia en adsorción con CA: reacción con CO_2, reacción de hidrólisis, reacciones con metales pesados, etc,;
Nota: Desarrollar ambos ítems sobre el análisis de las Figuras y Tablas del Capítulo correspondiente al texto empleado en el dictado de la presente asignatura (Fig. 12.1 hasta 12.24) y (Tabla 12.1, hasta 12.6)
17. ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO
Procedimientos de descarga o elución del carbón, comparación entre los métodos de elusión disponibles,
factoresfísico-químicos que afectan la eficiencia de la elución, reactivación del carbón, equilibrio y cinética de la etapa de adsorción,
factores físico-químicos que afectan la eficiencia de la adsorción

A1. Desarrollar por medio de reacciones químicas y en forma gráfica el equilibro y la cinética de la etapa de adsorción, como así también la influencia de las variables significativas del mismo.
A2. Realizar una síntesis entre los diferentes métodos de descarga o elución y la comparación entre los mismos; destacar los principales factores físico-químicos determinantes en la eficiencia de la elución; lo mismo para la reactivación del carbón.
TRABAJO PRÁCTICO 18
PRECIPITACIÓN POR ELECTRÓLISIS
Primeras aplicaciones de la electricidad en metalurgia extractiva, definiciones y conceptos fundamentales, potencial de electrodo y cambio de energía libre, procesos de electrodo, aplicaciones de electrólisis para la recuperación de metales.
A1. Realizar una breve síntesis sobre los aporte de la electroquímica a la metalurgia extractiva haciendo hincapié en los procesos de EW y ER; mencionar y explicar las diferentes variables que afectan los procesos antes mencionados, a través de la formulación de leyes y conceptos fundamentales, haciendo hincapié en la migración y descarga de iones en solución bajo la aplicación de un campo eléctrico (serie electroquímica de los metales).
A2. Enunciar los conceptos que conducen a la formulación de la ecuación que relaciona el cambio de energía libre estándar con la constante de equilibrio, la constante de equilibrio con el potencial de electrodo estándar, y el potencial medido a cualquier otra concentración con el potencial estándar (explicar el contenido de la Tabla 18.3)
A3. Describir las diferentes etapas de los procesos de electrodo, por ejemplo la descarga de los iones hidrógeno; citar y describir la naturaleza de los depósitos electrolíticos de los metales y sus variables.
A4. Describir con un ejemplo gráfico la variación de la densidad de corriente con el gradiente de concentración en la interfase electrodo-solución y la variación de la concentración en función del espesor de la capa límite, para situaciones estacionarias y con agitación.
TRABAJO PRÁCTICO 19
PRECIPITACIÓN POR ELECTRÓLISIS
Aplicaciones del proceso de EW desde soluciones acuosas. Aplicaciones del proceso de ER desde soluciones acuosas. Aplicaciones del proceso de disolución anódica de sulfuros.
A1. Posición actual de las aplicaciones electrolíticas en la recuperación de metales (EW y ER); ejemplificar las relaciones más básicas de electricidad (Tabla 18.7); establecer las diferencias de los requerimientos energéticos para diferentes metales (Tabla 18.8)
A2. Definir otros factores determinantes de los procesos de EW y ER, entre ellos: potencial de reacción, sobre-potencial en el cátodo, sobre potencial en el ánodo, resistencia óhmica en el electrolito, etc.
A3. Elaborar una monografía sobre los siguientes temas: diseño de celdas electrolíticas, diseño y materiales de ánodos y cátodos, manejo del producto, aplicaciones del proceso EW y ER desde soluciones acuosas y aplicaciones del proceso de disolución anódica de sulfuros.

VIII - Regimen de Aprobación

Para regularizar se requiere el 80 % de la asistencia a las clases teórico-practicas, la aprobación del 100% de los trabajos prácticos y la aprobación de 3 (tres) parciales.
Recuperaciones: respecto a los trabajos prácticos se darán 3 (tres)recuperaciones para los alumnos que hayan aprobado el 70% y 2 (dos) recuperación para los parciales.
Evaluación del examen final: previamente el alumno deberá presentar la carpeta de trabajos prácticos.

IX - Bibliografía Básica

[1] 1] Hidrometalurgia. Fundamentos, Procesos y Aplicaciones. Domic M., Esteban M. ISBN 956-291-083-0 Esteban Domic
[2] Mihovilovic, 2001.
[3] [2] Curso de Actualización CDI y CDII: Oro 2006" (marzo 06)
[4] [3] Lixiviación en Pilas (Marzo 2002)
[5] [4] Curso de Actualización (junio 2008 CD 1y 2) "Hidrometalurgia del Au, Ag y Cu"

X - Bibliografia Complementaria

[1] [1] Laboratory for gold extraction.(1 ejemplar) W. T. Yen Universidad de Queen`s , Canadá.
[2] [2] Mineral Processing Handbook. Norman L. Weis. Editor en Chief. Volumen 1 y 2. Published by Society of Mining
[3] Engineers of the American American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc. New York. 1985.
[4] Library of Congress Catalog Card Number 85-072130 ISBN 0-89520-447-7. Set: ISBN 0-89520-448-7.
[5] [3] Hydrometallurgical extraction and reclamation E. Jackson. 1986 (2.1)

[6] [4] 4- Hydrometallurgy in Extraction Processes –Volumen 1. C. K. Gupta y T. K. Mukherjee. 1990. (2.1)
[7] [5] 5- Hydrometallurgy in Extraction Processes –Volumen 2. C. K. Gupta y T. K. Mukherjee. 1990. (2.1)
[8] [6] 6- Metalurgia del oro y plata. 2º Ed. J. V. Gallardo. 1990 (2.1)

XI - Resumen de Objetivos

Entre los objetivos particulares podemos mencionar:
Lograr que los alumnos interpreten las relaciones conceptuales y procedimientos que se aplican en la hidrometalurgia y electrometalurgia.
Proveer los conocimientos necesarios para la elaboración de un circuito de concentración de minerales aplicando la hidrometalurgia y electrometalurgia
Desarrollar en el estudiante el interés por la investigación y desarrollo de procesos mineros hidrometalúrgicos y electrometalúrgicos.
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 los principios básicos de la metalurgia extractiva y desarrollar una conducta que le permita participar en trabajos de equipo.

XII - Resumen del Programa

Hidrometalurgia. Lixiviación. Procesos de precipitación, adsorción, striping. Tratamientos de minerales mixtos. Hidrometalurgia del Cu, Au, Ag, Ur. Electrometalurgia. Refinación de metales y electroobtención. Biohidrometalurgia. La biotecnología aplicada a la recuperación de metales. Bacterias que intervienen en el proceso. Circuitos de recuperación. Criterios de aplicación.

XIII - Imprevistos

Dentro de los imprevistos que impiden el cumplimiento del cronograma planificado se pueden citar fundamentalmente los paros por parte de docentes y/o alumnos y permisos por enfermedad de ambos.
Más allá de lo señalado, dado las características del curso, es posible recuperar y concluir con el dictado del curso en cuestión.

XIV - Otros

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