

Resúmenes

Revista Metalúrgica incluye a partir de este número, esta sección en la que se publicarán los resúmenes de los trabajos de graduación defendidos en la Carrera de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales, en todas las modalidades de graduación vigentes para obtener el grado de Licenciado en Ingeniería Metalúrgica, con el fin de difundir parte de la investigación que se desarrolla en esta institución.

En esta primera entrega, publicamos los resúmenes de los trabajos defendidos hasta el año 1975.

Segregación en húmedo de minerales oxidados de cobre

Oscar Delgado Cuellar

1969

Se analiza una alternativa hidrometalúrgica para el beneficio de minerales oxidados de cobre considerados marginales, que consiste en la metalización del cobre a partir de sus compuestos oxidados, aprovechando las propiedades reductoras del hierro metálico.

Este proceso de oxidación y reducción se efectúa en medio acuoso con la intervención de diversos factores tales como: temperatura, presión, velocidad de agitación y las propiedades catalíticas de algunas sales solubles.

Se estudia la influencia de estos factores para determinar las condiciones óptimas de tratamiento.

La comercialización de los minerales y sus relaciones con la producción

Teodoro Medina Cutipa

1969

Las industrias de una manera general, están basadas en una cierta inversión de capital y están destinadas a cumplir con una necesidad común de la colectividad; además lógicamente, de pretender alcanzar las mayores ganancias posibles. En el país la industria de mayor significación económica es la minería, por lo que este campo merece la mayor atención de los gobernantes, técnicos y profesionales.

Hoy por hoy, la función de la industria minera está destinada principalmente a la producción de concentrados de estaño, estando su posterior tratamiento, hasta convertir en estaño

metálico, en manos de empresas extranjeras. Estas firmas imponen cobros y gravámenes por tonelada tratada, los que inciden directamente en la economía de los productores.

Para que la industria minera en el país se beneficie con la totalidad de las ganancias y se libre de toda clase de cobros y gravámenes impositivos, los que van en provecho de otros países, deberá crear sus propias fundiciones para un tratamiento completo de las riquezas naturales.

Sin embargo, para que la Fundición de Estaño sea un aporte real para la economía minera del país, se requiere que esta operación sea rentable. En caso contrario, los productores mineros o el Gobierno tendrían que absorber las pérdidas, lo que incidiría negativamente en la industria minera o en la economía del Estado.

Si se funde sin ganar, pero sin incurrir en pérdidas, el proceso de reducción sería un éxito tanto político como económico.

Sobre estos factores, la economía minera depende de otros que tienen una influencia directa o indirecta, a veces favorable o desfavorable, como la cotización, que depende de la oferta y la demanda, los problemas técnicos que deciden la calidad de los productos, el aspecto financiero de otros países, las obligaciones nacionales y otros.

Todas estas consideraciones hacen ver que los precios para la venta de los concentrados son muy variables e inconsistentes, lo cual no permite precisar con facilidad las ganancias o pérdidas que puede arrojar una industria minera. La habilidad de buscar situaciones o condiciones más favorables para la venta de los concentrados, es lo que constituye la comercialización.

En lo que respecta a la comercialización de los minerales, al presente pocos estudios se han realizado, a pesar de ser uno de los factores determinantes para el logro del éxito o fracaso de una industria, de ahí que se tropiece con la gran dificultad de no poder contar con una bibliografía que pueda orientar en este campo.

Este trabajo pretende contribuir con algo en este sentido, pero esta contribución es propiamente desde el punto de vista de los intereses técnicos o de la producción; sin pretender realizar un estudio profundo desde el punto de vista económico, puesto que esta tarea es propia de un campo especializado.

Dentro de las distintas empresas mineras de la Corporación Minera de Bolivia, es preocupación de técnicos y administrativos, el obtener concentrados con mayores recuperaciones y leyes, a un costo de tratamiento bajo. Luego, vencidos los problemas técnico administrativos, cobra cuerpo la comercialización de los concentrados, que según los mecanismos corrientes de venta, consiste en elegir la firma compradora que representa mayor interés económico, de acuerdo a las características del producto; en otras palabras, terminada la producción viene la comercialización, lo que implica una desvinculación de ambos campos.

Las finalidades que persigue el presente trabajo son:

1. Investigar las relaciones que existen entre la comercialización y la producción, analizar la influencia del uno sobre el otro.
2. Expresar matemáticamente estas relaciones, de tal forma que permitan realizar un análisis matemático más amplio.
3. Ver la posibilidad de controlar y optimizar a través de estas expresiones las operaciones industriales mineras, desde el punto de vista económico.

Estudio electrocinético y de flotación de la casiterita

Carlos Gutiérrez Z.

Asesor: Jacques De Cuyper

1969

El objetivo del presente estudio es el de definir las condiciones de flotación selectiva entre la casiterita y la siderita en relación al potencial electrocinético de las superficies.

Para medir las propiedades de flotación nos hemos servido de la técnica del "Tubo de Hallimont" y hemos comparado estos resultados con las propiedades electrocinéticas obtenidas mediante el "Potencial de Flujo" (Streaming Potential).

Varios trabajos muestran que los iones de hierro, presentes en el sistema de flotación, tienen diversos efectos en la flotación el mineral. Es por esto que nos hemos esforzado en determinar su acción en la flotación de casiterita con aminas. Hemos usado el acetato de dodecilamina, preparado a partir de dodecilamina pura.

El problema de la relación entre la flotación de minerales y las propiedades electrocinéticas de superficie, presentan un gran interés para la práctica y teoría del proceso. Hemos establecido estas relaciones y de acuerdo al valor del Potencial Zeta, hemos podido apreciar los fenómenos observados en la flotación.

Este trabajo no pretende dar soluciones prácticas al problema, más bien realizar un estudio académico y teórico de investi-

gación que pueda aclarar ciertas dificultades encontradas en el proceso de flotación de casiterita.

Concentración de antimonita en el Ingenio Litoral de la Empresa Minera Unificada S. A.

Rodolfo Lizarazu Hidalgo

1969

Una finalidad más que el autor persigue al presentar este trabajo aparte de constituir su "Tesis" es el de poder servir a quienes tengan en sus manos estas hojas y permitirle a quien las utilice tener un conocimiento exacto del proceso de concentración seguido en el Ingenio Litoral de la Empresa Minera Unificada S. A., situado en la provincia Sud Chichas del departamento de Potosí, en el cantón Portugalete y cuyo sector minero lleva el nombre de Chilcobija.

El Ingenio Litoral ha sido el primero que construyó esta Empresa y su funcionamiento data del 26 de octubre de 1965, tiene una capacidad de 100 toneladas métricas por 24 horas y se obtienen concentrados de exportación mediante palla, jigs y flotación.

La concentración del mineral de antimonio denominado estibina, plantea una serie de problemas interesantes y además importantes por lo que es necesario ajustar el funcionamiento de un Ingenio de tal manera que sus concentrados cumplan las varias exigencias del mercado y por este motivo, el análisis que se presenta de acuerdo con el título inicial tiene como partes fundamentales las siguientes:

- Operación metalúrgica.
- Análisis del funcionamiento de los problemas de concentración y sus soluciones.
- Análisis del costo.
- Conclusiones y posibilidades futuras.

Cada uno de los puntos señalados tiene las subdivisiones necesarias y los datos comprobados en varios meses de experiencia y observación, principales razones por las que creo pueden servir de guía a quien conozca el Ingenio que se describe.

Estudio de las propiedades superficiales de la casiterita

Fernando Bellot Hidalgo

1969

La variación de las propiedades eléctricas de la casiterita fue estudiada en función de la temperatura, adición de sales de iones metálicos y el pH, mediante el método de la titulación potenciométrica.

Los resultados experimentales muestran que la temperatura afecta considerablemente el grado de solubilidad de la casiterita produciendo como consecuencia desplazamientos del

Punto de Carga Cero (P. C. C.), de este mineral hacia valores de pH's más ácidos.

El efecto de los iones metálicos tales como Fe^{+++} , Fe^{++} , Ca^{++} , Mn^{++} , y Pb^{++} fueron estudiados independientemente con la casiterita. Los iones Fe^{+++} , Pb^{++} , y Mn^{++} en los estados de hidróxidos complejos mostraron tener una mayor afinidad por la superficie de la casiterita que los de Ca^{++} y Fe^{++} .

Los resultados obtenidos en la titulación potenciométrica fueron comprobados por microflotación, habiéndose en cada caso observado correlación de resultados.

Estudio técnico-económico de la Empresa Minera Huanuni en el Ingenio Central (Complejo Industrial Vinto)

Abel Rojas Ugarte

1969

Bolivia, y su economía, se encuentra sustentada fundamentalmente por ingresos que percibe por la explotación de minerales, significando los concentrados de estaño los más importantes por su potencial económico; derivándose de esta manera hacer una observación cuidadosa y minuciosa de la enorme e importante realidad de los problemas técnico-minero-metalúrgicos.

Los yacimientos bolivianos, por su tipo de formación filoniana ofrecen dificultades considerables en el beneficio de minerales y su explotación minera, y aún más, por el creciente agotamiento substancial del contenido de estaño en la mena, dificulta los procesos convencionales de concentración, produciéndose concentrados de baja ley, con elevado contenido de impurezas y recuperaciones muy inferiores a las que se obtenían en el pasado. Por lo tanto, en el presente se debe tender a realizar un desarrollo integral del estaño; desde la minería hasta la fundición, pues es esta la única manera de poder consolidar económicamente nuestro país, y abrir senderos para nuevas fuentes de trabajo y prosperidad para las empresas productoras de materias primas.

El Primer Simposio Internacional de Concentración del Estaño, realizado en nuestra ciudad, bajo los auspicios de la Universidad Técnica de Oruro, en 1966, dentro de sus conclusiones, proporciona mejoras industriales mediante procesos combinados. El Instituto de Investigaciones Minero-Metalúrgicas se interesa continuamente por solucionar los problemas inherentes al desarrollo metalúrgico, la Corporación Minera de Bolivia, principal empresa estatal del país, mediante su programa de mejoramiento técnico-económico se encuentra elaborando trabajos de investigación para incrementar la recuperación de sus ingenios.

Como se puede ver, al momento se cuenta con instituciones, material humano y centros de investigación que pueden, mediante una conjunción, introducirse en la problemática metalúrgica y elaborar sistemas de mejoramiento metalúrgico.

Rememorando lo que sucedía en el pasado, podemos ver que en términos medios la explotación minera, donde se obtiene la materia prima para los ingenios, veremos que, desde principios de este siglo contaban con aproximadamente 12% de estaño, posteriormente, allá por el año 1928, el límite era 4% de estaño y actualmente se cuenta con contenidos inferiores al 1% de estaño.

Como se puede apreciar, el agotamiento paulatino de nuestros yacimientos, paralelamente y en índice menor la disminución de la ley de la mena, dificultan considerablemente el beneficio de los minerales y como lógica consecuencia en la actualidad, los concentrados bajos que se obtienen y también las bajas recuperaciones, pero con cantidades considerables de impurezas, repelentes en el campo económico de la comercialización de minerales por las constantes fluctuaciones de la cotización internacional del estaño, las penalidades por impurezas y las diferentes imposiciones de los contratos de venta de minerales, perjudican el desarrollo metalúrgico nacional.

El presente trabajo, ofrece las posibilidades para mejorar la situación actual de operación de los ingenios, produciendo concentrados tan bajos como económicamente sea posible, y posteriormente estos productos reciban un nuevo tratamiento hasta un punto tal, que sea factible su tratamiento a bajo costo, en una planta central de relimpieza, según el flujograma que se propone. Esta planta a denominarse Ingenio Central, viene a ser el resultado de una larga experimentación del Instituto de Investigaciones Minero-Metalúrgicas, y es parte de un proyecto denominado Complejo Industrial Vinto.

Efecto de ciertos iones metálicos en la flotación de casiterita de Colquiri y Potosí.

Constancio Navarro Salazar

1970

Se efectuaron estudios de "Flotación al Vacío" con casiterita de Colquiri y Unificada con fines comparativos; con siderita de Colquiri para determinar primeramente, sus características de flotación con aerosol 22, ácido iso-heptil fosfónico y dodecil sulfato de sodio, y segundo, la influencia que ejercen en la flotación los iones Ca^{++} , Fe^{++} y Fe^{+++} disueltos en las aguas de los centros mineros mencionados. Se usó como agentes secuestradores de iones el ácido cítrico, fluosilicato de sodio y pentasulfuro de calcio e iones Pb^{++} como activador.

Se hicieron mediciones de los productos de solubilidad de metal-colector para poder explicar las áreas de depresión como consecuencia de la interacción en los diferentes tipos de iones metálicos y los colectores.

Los resultados obtenidos, en investigación básica fueron corroborados con la flotación en celda unitaria con menas de la mina Unificada. Se ve que el aerosol 22, es el colector más promisorio.

Estudio experimental del proceso directo de obtención de plomo metálico a partir de galena.

Juan Fernández Gutiérrez

Asesor: Franz J. Flossbach

1970

Concentrados de plomo de alta ley con contenidos de plata, fueron sometidos a un proceso pirometalúrgico. Los concentrados provienen de ingenios de Comibol, en los que la concentración se realizó por flotación.

El proceso consiste en la metalización directa del plomo que se encuentra en forma de galena, por la acción del carbonato de sodio y hierro metálico a temperaturas elevadas.

La investigación comprende las siguientes etapas:

- i) Obtención de plomo empleando hierro metálico.
- ii) Empleando pirita tostada en lugar de hierro metálico.
- iii) Empleando hematita en lugar de hierro metálico.
- iv) Sin usar hierro.

En cada etapa se estudiaron las siguientes variables: tiempo, temperatura, efecto del hierro metálico, calcina, hematita, carbonato de sodio y contenido de plomo en el concentrado. Se determinaron en escala de laboratorio las condiciones más favorables para este proceso. Estas fueron las siguientes: temperatura 950 – 1000 °C, tiempo 3 h 30 min a 5 h, relación $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{Pb}$ entre 0.30 a 0.50; Fe/Pb entre 0.225 a 0.30; C/Pb entre 0.05 a 0.15.

Refinación electrolítica del estaño

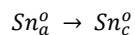
Freddy Huanca C.

1970

Por la reducción de los concentrados bolivianos se obtiene estaño crudo con alto contenido de impurezas. Si bien es posible refinar térmicamente algunas impurezas como Cu, Fe, As y Sb, otras como el Bi y el Pb presentan dificultades.

La refinación electrolítica es uno de los procesos por el cual se puede obtener estaño metálico de alta pureza.

La reacción total en la celda para la electrólisis del estaño, utilizando ánodos solubles, se debe a la transferencia de estaño del ánodo al cátodo y puede expresarse por:



Se ha estudiado que tiene la concentración de ácido, la densidad de corriente, el voltaje, la temperatura y los diferentes aditivos empleados para la obtención de un depósito catódico uniforme y compacto.

Desarrollo de un flujograma para la flotación de casiterita fina de la Empresa Minera Colquiri

Rolando Torrejón Jiménez

1970

Resumen

La investigación descrita en este trabajo se refiere a estudios de flotación de casiterita efectuados a escala de laboratorio y planta piloto, con materiales finos del Ingenio de la Empresa Minera Colquiri. Las pruebas se desarrollaron con tres tipos de carga: la alimentación a la sección lamas del Ingenio, las colas lamas y las colas arenas del mismo Ingenio.

Los colectores usados fueron Aerosol 22 y ácido isoheptil fosfónico; con el primero se lograron mejores resultados.

Todas las pruebas se realizaron utilizando agua recirculante del Ingenio.

Con la alimentación a la sección lamas del Ingenio se lograron los mejores resultados, dando una recuperación de 72.86% con ley de 22.30% Sn en el concentrado, que son mayores a los obtenidos actualmente mediante el tratamiento gravimétrico.

Los resultados obtenidos con las colas lamas, 14.85% Sn en el concentrado con 51.70% de recuperación, dan un margen favorable para la aplicación de la flotación de casiterita como un proceso complementario al tratamiento gravimétrico.

Con las colas arenas no se obtuvieron buenos resultados, debido a que es necesario realizar una molienda muy fina para obtener una liberación relativamente buena que permita tratar eficientemente esta carga.

Depresión de hematita en la flotación de casiterita

Rolando Fernández Iraola

1971

Se efectuaron estudios de las propiedades electrocinéticas de la hematita, mediante las cuales se determinaron las variaciones del punto de carga Cero, en función del tamaño de grano, adición de iones Fe^{+2} , Fe^{+3} , pH y en función de ferrocianuros y ferricianuros de potasio. De igual manera fue estudiada la acción de estos reactivos en la casiterita. Los resultados experimentales muestran un efecto determinante del ferrocianuro, mediante el cambio de signo del Potencial Zeta de la hematita y no así de la casiterita.

En base a estos estudios se estableció un criterio definido de selectividad con respecto a la casiterita empleando el ferrocianuro como depresor de hematita; mediante pruebas de microflotación en condiciones de pH ácido y en presencia de aerosol 22. Los resultados para los almidones y el ferricianuro no fueron satisfactorios.

El empleo del ferrocianuro como depresor de óxidos de hierro en la flotación selectiva de casiterita en celda unitaria comprobó claramente los resultados de la investigación básica.

Volatilización del estaño en horno “Fuming” y su comparación con otros procesos

Julio Rojas Arias

1971

En el presente trabajo se presenta la volatilización del estaño en el Horno Kolodin diseñado por el Ing. P. Wright y que fue probado experimentalmente mediante 52 pruebas. Sobre esta base se hace una comparación de los procesos: rotatorio, Lange-Barthel y ciclón, todos ellos probados con minerales bolivianos de baja ley.

Se busca el proceso que mejores ventajas técnico-económicas pueda ofrecer al país y con éste propósito, después de las consideraciones técnicas y un estudio económico, se concluye que el más recomendable es el proceso en horno rotatorio.

Cada uno de los procesos llega a las siguientes utilidades y rentabilidad:

Proceso	Fuming	Rotatorio	Lange-Barthel	Ciclón
Utilidad \$us/año	53,688.66	259,612.4	170,027.7	130,061
Rentabilidad, %	23.78	58.92	26.80	24.90

Tratamiento de minerales de Zn del yacimiento estañífero de la Empresa Minera Colquiri

Demetrio Zeballos Pérez

Asesor: Dr. Saúl Escalera V.

1971

Los minerales componentes del yacimiento minero de la Empresa Minera Colquiri, tienen como elementos de valor comercial el Sn, Zn, Ag y Pb, siendo actualmente explotado solamente el primero. El presente estudio trata de la recuperación de los últimos.

Se ha efectuado la preparación de muestras representativas de las siguientes cargas del ingenio: cabezas, sulfuros provenientes de las flotaciones “bulks” y colas, que llegado el caso serían las cargas de alimentación de una planta de flotación, estas muestras fueron sometidas a un examen microscópico, para ver el tipo de entrelazadura de los minerales componentes, su

composición mineralógica, el grado de liberación y los tipos de asociaciones.

Las pruebas de laboratorio es escala “batch”, para determinar las asociaciones óptimas se realizaron con las muestras indicadas, complementando luego con test de los preconcentrados de ingenio y carga de la mina con alto contenido de Zn. Los resultados han sido similares obteniéndose concentrados de Zn mayores a 40% y recuperaciones de 70%.

Se ha dado especial importancia a la carga de las espumas de sulfuros (10 a 11% Zn), por ser carga apta para el tratamiento industrial, por flotación diferencial se han obtenido leyes de 12.50% de Pb, 720 g/t de Ag y 40% de Zn, y por flotación selectiva 45% Zn y 250 g/t Ag, con recuperaciones de 73 y 58% respectivamente, esto en planta piloto con 100 kg de carga, confirmando los resultados en planta semi-industrial al tratar 30 a 50 TPD. Los estudios microscópicos realizados y los procesos de concentración efectuados en la fase de experimentación, permiten proponer flujogramas con maquinaria nueva y adaptado a la existente para la instalación de una planta industrial.

El costo puesto mina con depreciación significa 2.39 \$us/t tratada y el costo puesto mercado para una cotización de 0.14 \$us/lb fina de Zn hace un total de 141,360.72 \$us mensuales, esto en base al último contrato de venta de minerales de Zn de la E. M. Quechisla y la ganancia neta es alrededor de 16,425 \$us mensuales. Cotizaciones menores de 0.12 \$us hacen que la rentabilidad sea negativa.

Las condiciones actuales de explotación, costos y comercialización no permiten aún tratar el mineral propiamente de marmatita procedente directamente de la mina.

Fraccionamiento de concentrados de Sn de baja ley por flotación de casiterita

Cristóbal Aguilar Machicao

1971

El trabajo descrito en la presente tesis, se refiere a un estudio técnico-económico para el fraccionamiento de concentrados de estaño de baja ley, por flotación de casiterita.

Las pruebas a escala de laboratorio, se realizaron con muestras de diferentes empresas de la Corporación Minera de Bolivia, por procesos gravimétricos y de flotación.

Para el estudio de factibilidad de fraccionamiento por flotación de casiterita, se instaló una planta piloto en el Ingenio Velarde de Potosí, y una planta industrial en el Ingenio de Machacamarca. Los materiales utilizados fueron los preconcentrados para volatilización y las colas de fraccionamiento gravimétrico, respectivamente.

El colector empleado para la flotación de casiterita esencialmente fue Aerosol 22.

Mediante este proceso se obtuvieron concentrados de ~35-22% Sn y recuperaciones de ~48-50%, con incrementos económicos de ~ \$us 55 por tonelada fraccionada en planta piloto en Potosí, y ~ \$us 1.4 por tonelada tratada en el Ingenio de Machacamarca.

Estudio de un proceso de molienda mediante análisis factorial

Roberto Castro Soliz

1971

Diseño factorial fue aplicado a la investigación de las variables de molienda, con el objeto de cuantificar estas variables y encontrar las condiciones óptimas que deben aplicarse al proceso.

Se investigaron las siguientes variables: velocidad de rotación del molino, densidad de pulpa, cantidad de carga alimentada por unidad de tiempo y cantidad de barras en el molino. Las pruebas fueron realizadas de acuerdo a un plan determinado por un arreglo factorial, donde cada factor fue estudiado a dos niveles convenientemente elegidos. Los productos de molienda fueron sometidos a análisis de tamización y partes representativas de los mismos fueron analizados mediante líquidos pesados con densidad 4.0, con el objeto de determinar el grado de liberación, debido a la estrecha correlación existente entre la molienda y cualquier proceso de concentración.

Se eligieron como índices metalúrgicos a las siguientes respuestas del proceso: producto recuperado como "sink", pérdidas en lamas y energía consumida.

Las variables estudiadas fueron cuantificadas mediante análisis de varianza y análisis de las medias, las cuales proporcionaron información, respecto al efecto de las variables sobre las respuestas estudiadas: según esta información la cantidad de carga y la velocidad del molino son declarados como los factores más importantes y no así las otras dos variables.

Flotación de casiterita usando sal común como agente modificador (Batch-Test)

Hugo Urquiola Murillo

1972

La investigación realizada estudió la posibilidad de flotar casiterita en "celda unitaria", mediante el empleo de diferentes concentraciones de sal común (NaCl) como agente modificador de superficie, siendo el mineral flotado en un rango de pH de 2.5 a 6.0.

Los colectores usados para la flotación de casiterita fueron el Aerosol 22 y el Z-N-70.

Los resultados experimentales obtenidos en presencia de iones Ca^{++} , Fe^{++} y Fe^{+++} , fueron satisfactorios con el uso de secuestradores específicos.

Las recuperaciones con agua de Oruro oscilaron entre 61.97 y 78.71% con leyes de 22.16 y 20.42% Sn, respectivamente.

Las recuperaciones con agua del dique Kenko de la Empresa Minera Catavi. Fluctuaron entre 50% con ley de 19.40% Sn considerando para las pruebas una ley de cabeza de 0.8% Sn.

El efecto de la flotabilidad observado en estas condiciones, se determinó que resulta de la acción activadora del ión cloruro.

Estudio sobre la flotación de óxidos de antimonio

Hugo Álvarez Pally

1972

Se efectuaron estudios electrocinéticos y de flotación de cervantita, para determinar primeramente el tipo de carga superficial del óxido y segundo para establecer las características de flotación con colectores aniónicos y catiónicos.

El punto de carga cero de la cervantita se encontró a un pH de 2.0 ± 0.1 . Del análisis de los resultados de flotación, se ve que es posible la flotación con colectores catiónicos por encima de pH 2.0, mientras que virtualmente no es posible la flotación con colectores aniónicos por encima de 2.0, en ausencia de sales metálicas activantes. El ión Pb^{+2} junto al ácido oleico los que mejores resultados dieron. La depresión selectiva de cuarzo fue facilitada por la acción del ácido ascórbico y el fluosilicato de sodio. Mejores resultados han sido obtenidos mediante la flotación sulfhídrica, sólo si previamente se sulfuriza superficialmente al óxido con sulfuro de sodio. La acción conjunta del catión plomo, Amyl Xantato de Potasio y Aerofloat 25, así como incrementos de temperatura en el proceso favorecieron grandemente la flotación de cervantita.

Estudio polarográfico sobre la determinación cuantitativa de estaño en minerales de baja ley

Julián Choque Gallegos

1972

Se efectuaron estudios físico-químicos de análisis de estaño en minerales de baja ley, para rangos menores a 1%, basados en procesos de reducción en la interfase solución-metal (cátodo de gotas de mercurio).

Se han investigado primeramente numerosos soportes, y se estudiaron las características propias ($E \frac{1}{2}$) de los elementos: Bi, Sb, Cu, Pb, Cd, Sn, Zn, Ni, Al, Co, Mn, Fe y diferentes factores y efectos que controlan el proceso; habiéndose escogido como soporte el constituido por NaCl 1 M y HCl 1 N. En este medio se encontraron los potenciales de media onda ($E \frac{1}{2}$) de Bi^{+++} , Sb^{+++} , Cu^{++} , Pb^{++} , Sn^{++} y Cd^{++} . Con esta información se encontró que el elemento plomo es uno de los interferentes en la determinación cuantitativa del estaño que se halla indicado por los valores de $E \frac{1}{2}$, y confirmado por los datos experimentales.

Los iones Fe^{+++} constituyen otro de los interferentes en el método estudiado, por oxidación del mercurio en el cátodo y el ánodo, respectivamente, con la formación de una película fina de HgCl en la superficie del electrodo. Este efecto fue superado con el empleo de un reactivo reductor como el sulfato de hidracina en solución saturada.

Para la determinación cuantitativa se han obtenido curvas de calibración a base de soluciones estándar de estaño.

Las condiciones óptimas para la determinación cuantitativa de estaño se encuentran dadas por los valores de $pH < 1.0$ y una variación de temperatura de $\pm 0.5^\circ C$.

La exactitud, precisión y confiabilidad de este método se hallan plenamente confirmados por los resultados experimentales.

Cianuración de lamas argentíferas de la Empresa Minera Colquechaca

Roberto Montoya Aramayo

1973

Las lamas argentíferas (-200 mallas) provenientes de reservas de taqueos y desmontes de la Empresa Minera Colquechaca (COMIBOL), representan elevados porcentajes en peso con leyes de cabeza que fluctúan entre 3 y 4 DM, de plata contenidos en minerales de pirargirita y argentita.

En el presente trabajo de investigación, en escala de laboratorio, se estudia una alternativa de beneficio hidrometalúrgico aplicada a estas lamas. La misma consiste en la cianuración de la plata aprovechando la propiedad solubilizante del NaCN a concentraciones bastante diluidas.

Debido a la presencia de minerales interferentes, el proceso envuelve etapas de tostación clorurante y lixiviación en agua antes de la cianuración, precipitación y fusión de la plata.

Para determinar las condiciones óptimas de tratamiento del proceso, se estudia la influencia de las variables más significativas y que pueden, en la práctica, ser reguladas para alcanzar una eficiencia óptima. Se investigaron las siguientes variables: tostación de las lamas a varias temperaturas, concentración con NaCN, alcalinidad protectora, dilución de pulpa y tiempo de agitación en la etapa de cianuración; tamaño de grano y tiempo de contacto del zinc metálico con la solución preñada, en la etapa de precipitación.

Las mejores condiciones de operación son las siguientes:

TOSTACIÓN

Temperatura de tostación: $350^\circ C$

CIANURACIÓN

Concentración de NaCN	0.5%
Consumo de NaCN	10.91 kg/t
Concentración de CaO	0.05%
Consumo de cal	5.98 kg/t
Dilución	2.5:1 (28.6% sólidos)
Tiempo de agitación	24 horas
Extracción del paso	88.44%

PRECIPITACIÓN

Precipitante	Zinc metálico
Tiempo de contacto	24 horas
Tamaño de grano del precipitante	- 35 mallas Tyler
Recuperación del paso	97%

Se ha llegado a establecer una recuperación total de aproximadamente 86%, descartándose residuos de 0.3 – 0.4 DM de plata.

Los resultados obtenidos justifican un estudio final en mayor escala.

La técnica estadística aplicada a concentración de minerales

René Antezana García

1973

El trabajo desarrollado en esta tesis muestra:

- Los principios estadísticos en los que se basa la construcción de diseños experimentales, tomando un ejemplo de concentración para el estudio de efectos.
- La forma de construir diseños factoriales fraccionados a dos niveles, para cada variable.
- La forma de analizar los resultados y como se puede llegar a un óptimo haciendo uso de la técnica de la pendiente ascendente o descendente.
- Un estudio preliminar del costo de una planta y el tratamiento de un mineral para obtener concentrados de alta ley, usando la canaleta en abanico en combinación con otros aparatos de concentración.

Volatilización de estaño en horno ciclón

Walter R. Soliz Díaz

1973

El presente trabajo muestra un estudio sobre el proceso de volatilización en horno ciclón, el cual en primera instancia fue probado experimentalmente mediante 16 pruebas, utilizando escorias ricas provenientes de la planta fundidora "ExFun-

estaño", éstas fueron producto de la primera fusión de minerales de estaño. Luego otras 15 pruebas sirvieron para experimentar con mineral de baja ley, éste fue un subproducto de mesas de concentración, llamado "segundas", obtenido en la planta de concentración Francketa, dependiente del I. I. M. M.

La investigación comprende la influencia de los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Tamaño de grano
- Relación C/Sn
- Relación S/Sn
- Velocidad de alimentación
- Exceso de aire, α

Se determinaron a escala de laboratorio las condiciones más favorables para éste proceso. Estas fueron las condiciones:

Para escorias:

- Temperatura: 1,250 a 1,300 °C
- Tamaño de grano: -65 +100 mallas Tyler
- Relación C/Sn: 0, no siendo necesario el uso de carbón.
- Relación S/Sn: 2.0.
- Velocidad de alimentación: 3 r. p. m., a razón de 156.96 kg/h
- Exceso de aire, $\alpha = 0.9$

Para mineral de estaño de baja ley:

- Temperatura: 1,250 a 1,300 °C
- Tamaño de grano: -65 +100 mallas Tyler
- Relación C/Sn: 0.80.
- Relación S/Sn: 2.0.
- Velocidad de alimentación: 3 r. p. m., a razón de 156.96 kg/h
- Exceso de aire, $\alpha = 0.9$

Se demuestra que el proceso de volatilización de estaño en horno ciclón a partir de escoria y mineral, es técnicamente factible con resultados altamente satisfactorios.

Se complementa con un estudio comparativo de costos de tratamiento para escorias y mineral de estaño.

Diseño factorial como método en la optimización de los resultados de trabajos en jig

Luis Inchausti Álvarez

1974

En el presente trabajo se hacen consideraciones teóricas del funcionamiento del jig y diseños factoriales.

Aplicando la teoría del diseño factorial, se efectuaron pruebas de preconcentración en jig con factores variables a diferentes niveles para determinar las condiciones óptimas de ajuste de maquinaria. Las pruebas realizadas incluyeron:

- Diseño de cuadrados latinos: con camas de hematita, perdigones de acero y pirita para seleccionar la cama más favorable.
- Diseño factorial fraccionado: donde se determinaron los niveles de significación y los niveles favorables.
- Diseño factorial completo: para establecer los factores variables más significantes y sus niveles en los cuales el jig trabaja en condiciones óptimas.

En las condiciones indicadas, se obtuvieron en laboratorio preconcentrados con 4.7% de Sn, 87.4% de recuperación y 61,2% de eficiencia con menas de 1.56% de Sn procedentes de la Empresa Minera Unificada de Potosí. Como criterio de comparación de resultados se ha utilizado la fórmula de eficiencia para concentración de minerales de E. M. Volín (Ref. 18).

Cada clase de cama fue probada con los mismos niveles y bajo las mismas condiciones para su selección o eliminación en pruebas posteriores.

Los factores variables y niveles usados fueron los siguientes:

Factores variables	Niveles		
Altura de cama	1 ¾"	2"	2 ¼"
Longitud de golpe	3/8"	9/16"	¾"
Razón de alimentación	60 kg/h	75 kg/h	90 kg/h
Caudal de agua	5 l/min	6 l/min	7 l/min

Con la aplicación de un diseño factorial fraccionado, seguido de un diseño factorial completo, y con el auxilio de la estadística se ha intentado determinar los factores variables más significantes, así como sus respectivos niveles que conduzcan a un ajuste apropiado de la maquinaria.

El análisis estadístico permitió hacer una evaluación ordenada, racional y verídica de los resultados de las pruebas, donde la toma, organización, presentación y análisis de los datos son de importancia en esta clase de trabajos.

Estudio fundamental de la flotación selectiva de galena y bismutina

Policarpio Vinaya Vásquez

1974

Se efectuaron estudios electrocinéticos y de flotación de los sulfuros de bismutina y galena, para determinar primeramente los tipos de carga superficial constituyentes de los sulfuros mencionados, y segundo para establecer las características de flotación con colectores aniónicos.

El punto de carga cero de la bismutina se encuentra a un pH de 3.4 ± 0.1 y de la galena se determinó a $\text{pH } 4.0 \pm 0.1$.

Del análisis de los resultados de flotación muestran que: es posible flotar la galena selectivamente con xantatos débiles Z-3 y Z-4 por encima de pH 10.0. Los colectores más apropiados para la flotación de bismutina son los xantatos Z-6 y Z-11 (enérgicos) a pH 8.0 á 9.5 con un tiempo de acondicionamiento de 35 minutos.

Los iones Cu^{++} y Pb^{++} son “activadores”, modificando el potencial electrocinético de ambos sulfuros y sirven de puentes de adsorción para los xantatos, pero este factor no es favorable para la flotación selectiva de ambos sulfuros. De los depresores estudiados, solamente el $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ podría favorecer la flotación selectiva en un rango de pH 3.0 á 5.0.

Para lograr resultados favorables en la flotación selectiva, es necesario operar con carga cuyas superficies no hayan sido acondicionadas previamente con otros colectores.

Recuperación de oro fino y laminar por extracción líquido - líquido

Ángel Miranda Siles

Catedrático consejero: Dr. Grover Gutiérrez Blanco

1975

En el presente trabajo se estudia el comportamiento del oro fino (coloidal) y laminar, cuarzo y mezclas sintéticas en un proceso de extracción por medio de fases orgánicas. Las condiciones óptimas obtenidas en éste proceso, se aplicaron a la extracción de oro de una mena aurífera con alto contenido de cuarzo.

Se realizaron pruebas en ausencia (partición) y presencia de colectores aniónicos y se utilizaron gasolina, kerosenne, diesel oil y fuel oil como agentes portadores de partículas. Las variables consideradas en la presente investigación fueron: pH, concentración de reactivos (colector y depresor) y velocidad de agitación. En las pruebas con la mena aurífera se introdujeron además dos etapas de limpieza.

La influencia del colector es muy notoria para el caso del cuarzo puro y no así para el caso del oro coloidal; sin embargo, adquiere mayor importancia cuando se trabaja con mezclas sintéticas.

Los colectores con mayor selectividad fueron el aerosol-22 y el xantato Z-6. Las variables consideradas influyen en gran manera en la extracción de oro, así en ambientes ácidos ($\text{pH} < 5$) y a medida que se incrementa la velocidad de agitación se incrementa la extracción.

De todos los orgánicos estudiados, el orgánico más efectivo es la gasolina, porque tiene un mayor coeficiente de extensión, menor viscosidad y mayor volatilidad, además es un orgánico de cadena corta lo que facilita las condiciones de selectividad. Finalmente, la introducción de dos etapas de limpieza logran mejorar aún más la pureza del oro extraído aunque disminuye el porcentaje de extracción.

Eliminación de bismuto de concentrados de estaño mediante tostación clorurante

Rafael Padilla Durán

Catedrático consejero: Juan Eduardo Joffré Encinas

1975

El presente trabajo es un estudio teórico y experimental de la cloruración de bismuto, a partir del trióxido y del trisulfuro de bismuto contenido en concentrados de estaño, mediante ácido clorhídrico gas producido por hidrólisis de la sal común (NaCl), a temperaturas de tostación de $600 - 850^\circ\text{C}$ en ambiente oxidante.

La volatilización del bismuto es selectiva respecto al estaño, y se logran eliminaciones de bismuto hasta de 98%.

El proceso es independiente del tiempo de tostación a partir de los 60 minutos. No se necesitan grandes excesos de agente clorurante y la influencia de la humedad en el horno es negativa para la cinética de cloruración.

El proceso es apto para tratar concentrados de estaño con contenidos mayores a 0.5% Bi.