

Comportamiento de Arsénico en los Procesos Hidrometalúrgicos.

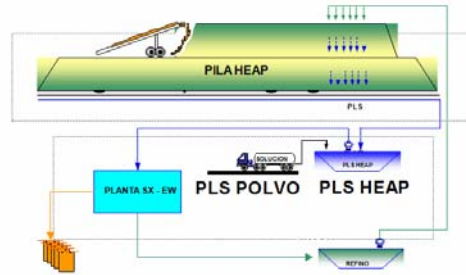
María Elisa Taboada, Einar Barrientos y Elsa Flores
PROGRAMA MAGISTER EN INGENIERÍA DE PROCESOS DE MINERALES

www.lip.cl

www.cicitem.cl

XVII Congreso Chileno de Ingeniería Química

FLWSHEET DE LA EMPRESA



XVII Congreso Chileno de Ingeniería Química

Hipotesis: Se plantea la coprecipitación de especies de Fe-As-SO₄ en las pilas de lixiviación.

Objetivo General

- Determinar el comportamiento y fijación del arsénico en los circuitos de lixiviación sometidos a riego con soluciones con contenido de arsénico.

XVII Congreso Chileno de Ingeniería Química

Objetivos Específicos

- Establecer el equilibrio químico entre las especies sólidas y líquidas del sistema As-Fe-S.
- Revisión de diagramas de predominancia de área y de especiación, para conocer el comportamiento de arsénico y del hierro en soluciones acuosas y su posible precipitación.
- Realizar pruebas experimentales con soluciones PLS industriales para conocer la precipitación de fases.
- Determinar las propiedades físicas (índice de refracción y densidad) para una mejor caracterización del sistema.

XVII Congreso Chileno de Ingeniería Química

Diagramas de Predominancia de áreas

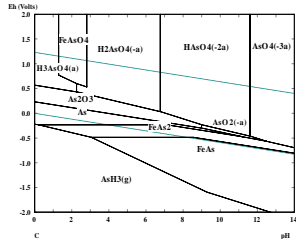


Diagrama Fe-As-H₂O T=25°C
Concentración 1*10⁻⁴ molal

Diagramas de Especiación

Equilibrio

$$K_{ij} = \prod_{j=1}^{N_{sp}} a_j^{z_j}$$

Balance de masa

$$TOTX_j = \sum_{i=1}^{N_{sp}} v_i m_i$$

$$a_i = m_i \gamma_i$$

$$\log \gamma_i = -\frac{A_i z_i^2 \sqrt{I}}{1 + a_i B_i \sqrt{I}}$$

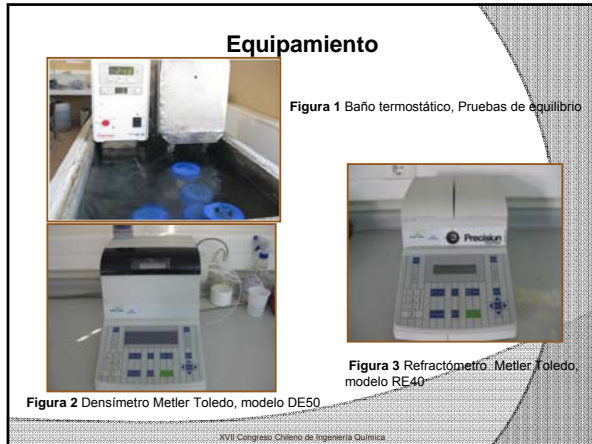
I=1 molal

XVII Congreso Chileno de Ingeniería Química

Procedimiento Experimental

- Se realiza la mezcla de PLS Polvo y PLS Heap en las siguientes proporciones 90/10, 70/30, 50/50 cuya razón molar promedio Fe/As es de 0.18.
- Se regula el pH de la solución con Mg(OH)₂
- Muestras duplicadas a pH cercanos a 1 y 3
- El equilibrio se mide con el índice de refracción y este se alcanzó en 12 días.

XVII Congreso Chileno de Ingeniería Química



Resultados obtenidos

En la tabla 1 se muestra la composición inicial de la mezcla de PLS y en la tabla 2 se muestra la composición final de PLS a pH-1

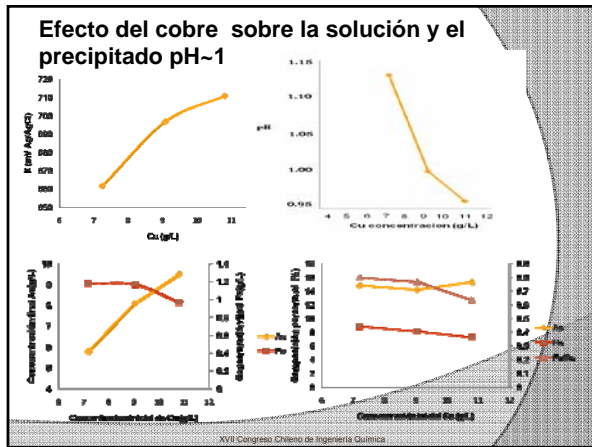
Tabla 1. Propiedades físicas y químicas inicial PLS Polvos y PLS Heap.

Descripción	Densidad (g/mL)	pH	Eh solución (mV)	As (g/L)	Cu (g/L)	Fe (g/L)
PLS POLVOS	1.16486	-0.15	668.8	13.990	12.70	2.21
PLS-HEAP	1.17317	2.23	630	0.061	2.21	2.08

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas en equilibrio de PLS Polvos/ PLS Heap.

PLS polvos/PLS Heap	Densidad (g/mL)	Índice de Refracción nD	pH	Eh solución (mV)	Análisis de solución Inicial			Análisis de solución Final			Análisis de sólidos		
					As (g/L)	Cu (g/L)	Fe (g/L)	As (g/L)	Cu (g/L)	Fe (g/L)	As %	Cu %	Fe %
90/10	1.21011	1.3650	0.96	711.0	11.2	10.8	2.02	9.50	10.8	0.97	15.32	2.00	7.24
90/10	1.21106	1.3651	0.97	710.0				9.64					
70/30	1.20902	1.3649	1.00	716.0	9.01	9.08	1.97	8.10	9.08	1.17	14.22	1.57	8.13
70/30	1.20987	1.3649	1.09	697.0				8.82					
50/50	1.20948	1.3651	1.13	661.6	6.51	7.24	1.95	5.80	7.19	1.18	14.84	1.06	8.85

XVII Congreso Chileno de Ingeniería Química



Resultados de las soluciones y sólidos obtenidos en equilibrio de mezcla de PLS Polvos con PLS Heap a pH-2

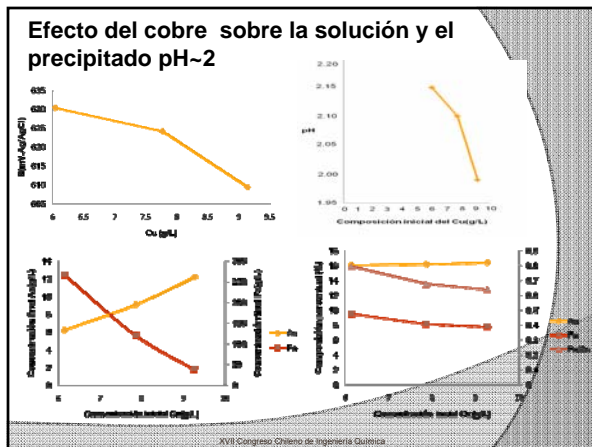
Tabla 3. Propiedades físicas y químicas inicial de los PLS Polvos y PLS Heap.

Descripción	Densidad (g/mL)	pH	E(Ag/AgCl, mV)	As (g/L)	Cu (g/L)	Fe (g/L)
PLS POLVOS	1.16486	-0.06	697.1	17.050	10.49	1.29
PLS-HEAP	1.17317	2.23	630.0	0.061	2.21	2.08

Tabla 4. Propiedades físicas y químicas en el equilibrio PLS Polvos/ PLS Heap.

PLS polvos/PLS Heap	Densidad (g/mL)	Índice de Refracción nD	pH	E (mV)	Análisis de solución Inicial			Análisis de solución Final			Análisis de sólidos		
					As (g/L)	Cu (g/L)	Fe (g/L)	As (g/L)	Cu (g/L)	Fe (g/L)	As %	Cu %	Fe %
90/10	1.19238	1.3626	1.99	609.4	14.5	9.26	1.31	12.2	9.14	0.004	16.38	2.45	7.78
90/10	1.19300	1.3626	2.05	611.0				12.7					
70/30	1.18567	1.3624	2.10	624.1	11.4	7.86	1.40	9.10	7.77	0.12	16.16	1.45	8.14
70/30	1.19008	1.3630	1.99	623.2				9.70					
50/50	1.19231	1.3635	2.05	630.3	8.29	6.14	1.57	6.20	6.04	0.27	16.05	1.06	9.5
50/50	1.19895	1.3637	2.04	631.2				6.90					

XVII Congreso Chileno de Ingeniería Química



Imágenes por microscopía electrónica de precipitados obtenidos por mezclas de PLS a pH-1.

(a) Micrografía de partículas de pp 1-2. X1000 aumentos.

(b) Micrografía de partículas de pp 1-2. X1000 aumentos.

(c) Micrografía, ampliación partícula 1, 6000x.

(d) Difractograma zona clara 1-1

Tabla 6. % peso fase clara

Elemento	% peso
O	25.84
As	57.14
Fe	6.54
S	3.31
Total	92.83

Tabla 7. % peso fase oscura

Elemento	% Peso
O	25.34
As	46.91
Fe	10.7
S	3.12
Total	86.07

Esta micrografía corresponde a precipitado obtenido a partir de mezclas de soluciones industriales a una razón 90/10. Se observa que la fase clara tiene el 89% de los elemento As-O, cuya razón atómica As/O es de 0.40 un valor muy cercano a la razón atómica del As₂O₅. En cambio la fase oscura tiene una razón atómica As/O de 0.30 que es un valor cercano a la razón teórica del arseniato férrico As/O cuyo valor es de 0.25.

XVII Congreso Chileno de Ingeniería Química

Imágenes por microscopía electrónica de precipitados obtenidos por mezclas de PLS a pH- 2.

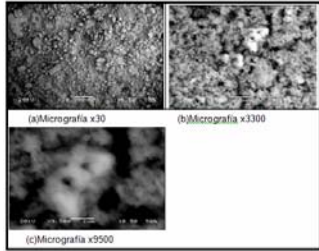


Tabla 8. % atómicos en fase clara

Elemento	% peso x9500
O	36.62
As	43.05
Fe	9.09
S	2.03
Total	90.79

Tabla 9. % atómicos en fase oscura

Elemento	% Peso x3300
O	39.54
As	27.96
Fe	12.24
S	9.09
Total	88.83

Esta micrografía corresponde a precipitado obtenido a partir de mezclas de soluciones industriales a una razón 90/10.

A pH=2 se observa la formación de dos fases una clara y otra oscura. La fase clara estaría constituido mayoritariamente por As-O, se trataría de un óxido de arsénico, la fase oscura estaría formada por especies oxidadas de Fe-As-S.

Imágenes por microscopía electrónica de precipitados obtenidos por mezclas de PLS a pH- 3 (90 PLS polvos/ 10 PLS Heap).

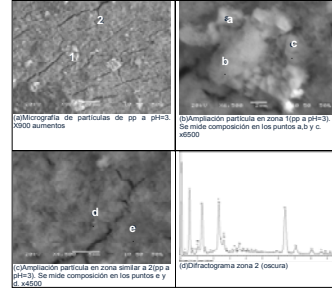


Tabla 9. Composición promedio fase clara de puntos a, b y c.

Elemento	% Peso
O	29.15
As	40.81
Fe	13.35
S	3.12
Total	86.40

Tabla 10. Composición promedio fase oscura de puntos d y e.

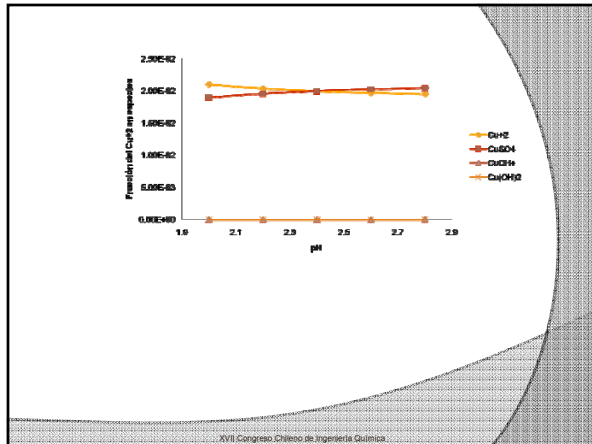
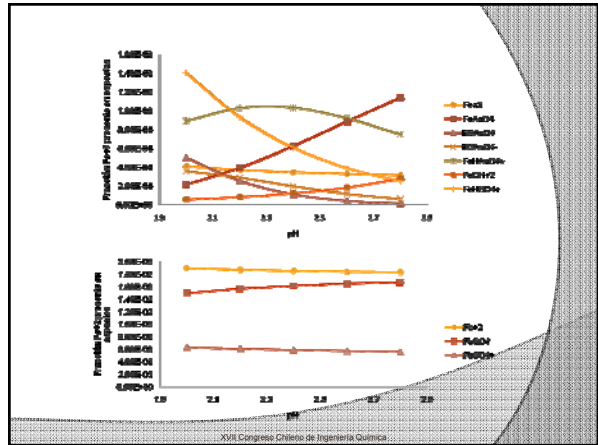
Elemento	% Peso
O	31.39
As	17.27
Fe	24.84
S	9.47
Total	82.97

En este caso la comparación se realiza con las razones atómicas del Fe/As para la fase clara es del orden de 0.11 y para la oscura alrededor de 1.9 constituye ser la fase mayoritaria, también se observa la presencia de S.

Simulación de las soluciones PLS Heap 99% y PLS polvo 1%

La simulación se realizó con PHREEQC2 que es un software diseñado para realizar reacciones químicas, procesos de transporte en aguas naturales y distribución de especies acuosas

El objetivo de estas pruebas es poder predecir la distribución de especies del Fe-As-SO₄ en solución. En estas pruebas de simulación se realizan mezclas PLS Heap y PLS Polvo en una relación 99/1 esto con el objeto de tener mayor concentración de hierro (Fe/As≥1) y tener fuerzas iónicas (I~1 molar)



CONCLUSIONES

PRUEBAS EXPERIMENTALES

- Las mezclas PLS polvos y Heap a las proporciones 90/10, 70/30, 50/50 a los diferentes pH en estudio nos indica la formación de dos fases una cristalina que correspondería al As₂O₅. La que podría ser formada por la baja concentración de hierro en la solución inicial y una fase oscura que corresponde a la asociación Fe-As-S-O.
- El ion cúprico actúa como catalizador del ferroso a férrico en el aire y esto ayuda a incrementar el potencial de la solución. Sin embargo a pH=2, deja de ejercer este efecto catalítico.
- La disminución de la concentración inicial de Cu permite incrementar la cantidad de hierro en los precipitados. Es decir que a menores concentraciones de cobre se produce mayores razones molares Fe/As.

PRUEBAS DE SIMULACIÓN

- Si el pH de la solución se incrementa, el hierro se hidroliza. Este aspecto es fundamental si se quiere obtener residuos estables debido a que el pH controla el grado de sobresaturación de la solución. Un incremento descontrolado de esta variable podría producir la coprecipitación de otras especies que se asocian con el hierro.

GRACIAS