EVALUACIÓN DE LA SATURACIÓN Y SEDIMENTACIÓN EN LA PRECIPITACIÓN SELECTIVA DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA

SATURATION AND SEDIMENTATION EVALUATION IN THE SELECTIVE PRECIPITATION ACID MINE DRAINAGE.

Oré Vidalón S.

¹Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se realizó la evaluación de la saturación y sedimentación en la precipitación selectiva del drenaje ácido de mina, Los metales pesados fueron el cobre, zinc, manganeso, hierro y aluminio, la precipitación se realizó mediante la adición de óxido de calcio, estableciéndose un rango adecuado de los pH en base al diagrama de precipitación. Para la evaluación de la sedimentación se realizaron las pruebas en forma discontinua, con la finalidad de establecer los parámetros necesarios para el dimensionamiento de un sedimentador continuo. La precipitación selectiva de los metales pesados presentes en el drenaje ácido de mina es posible dentro los los siguientes rangos: para un pH de 4.15 la mayor recuperación es para el hierro con un 99.6 % y estableciéndose una composición de 98.2. Para un pH de 5.9 se establece una mayor recuperación del cobre con un 88.5 y una composición de 73.6. Para un pH de 8 la mayor recuperación corresponde al zinc con un 94.6 % de recuperación y una composición de 81.4 %. Para un pH de 10 la mayor recuperación corresponde al manganeso con un 64.5% y una composición del 95,6 %. Mediante el estudio de la sedimentación discontinua se determinan los parámetros necesarios para el diseño de un sedimentador continuo en la precipitación selectiva de los metales pesados del drenaje ácido de mina.

ABSTRACT

In the present investigation, we carried out the evaluation of the saturation and sedimentation in the selective precipitation of acid mine drainage. Heavy metals were copper, zinc, manganese, iron and aluminum, the precipitation was performed by ad. calcium dioxide, establishing an appropriate range of pH based on the diagram of precipitation.

The evaluation was performed with discontinuosm batch tests consisteing in order to establish the necessary parameters for sizing a continuous clarifier. The selective precipitation of the heavy metals present in the acid mine drainage is possible within the following ranges: at pH 4.15 the highest recovery is for iron with a value of 99.6% and 98.2 as established composition . At pH 5.9 a greater copper recovery is achieved with a composition of 88.5 and 73.6. At pH 8 the highest recovery is for zinc at of 94.6% and a composition of 81.4%. At pH 10 the higheest recovery corresponds to 64.5 % manganese and a composition of 95.6%. Through this discontinuous sedimentation study it is possible determining the necessary design parameters for a continuous sedimentator in the selective precipitation of heavy metals from acid mine drainage.

INTRODUCCIÓN

La característica principal de la sedimentación en la precipitación selectiva, es determinar las condiciones de operación más efectivas para lograr una sedimentación acelerada, evitando considerar los exceso de óxido de calcio para evitar una sobresaturación ya que el objetivo no es llegar a una sobresaturación si no el de sedimentar los metales pesados.

Este proceso físico es fundamental para la separación selectiva de los metales pesados, porque su velocidad de sedimentación será la que determine el tamaño de los equipos.

En base al tiempo de sedimentación, el propósito es determinar el área del sedimentador, a partir de información referida a un sedimentador batch, para esto se realizaron las pruebas correspondientes tomando en cuenta la altura y el tiempo de sedimentación, estos son los datos más importantes para realizar los cálculos tomando en consideración el modelo planteado inicialmente por Kynch, y desarrollado por Concha, Damasceno y Burger.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materiales y métodos para la precipitación

En cuanto a los materiales para el desarrollo de la parte experimental, se instaló un sistema de precipitación batch con agitación magnética, cuya capacidad fue de 1000 mL, se instaló en línea un pHmetro el cual nos permitió controlar en función de la cantidad de óxido de calcio el pH de la precipitación.

Se realizó las lecturas de la temperatura, con la finalidad de tener un registro para poder realizar este proceso a temperatura ambiente y constante.

Para poder realizar la precipitación completa del manganeso se instaló una bomba de pequeña capacidad para insuflar aire al sistema.

El pHmetro fue un Lab 850 de Schott Instruments, con el que se obtuvo mediciones en forma rápida y fidedigna, debido a que los electrodos pH envejecen, y por esto cambian el punto cero (asimetría) y la pendiente del electrodo de pH, en consecuencia el instrumento indica un valor erróneo, inexacto. Con la calibración, los valores actuales del punto cero y de la pendiente del electrodo son determinados nuevamente. Por este motivo se realizó la calibración a intervalos regulares,

y los datos de la calibración fueron almacenados directamente en el instrumento.

El juego de soluciones samponadas fueron de Merck1, con valores de pH de 4.000, 7.000 y 9.000 para una temperatura de 20 C, realizándose una calibración de punto triple.

Los análisis de los metales pesados, se realizaron por fotocolorimetría, considerando los límites máximos y el campo del fotocolorímetro

Tabla 1. Límites máximos y campo del fotocolorímetro

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual	Campo del fotocolorímetro
Aluminio	mg/L	NE	NE	0.01 - 0.3
Manganeso	mg/L	NE	NE	0.2 - 4
Cobre total	mg/L	0,5	0,4	0.05 - 5
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6	0.02 - 1
Zinc total	mg/L	1,5	1,2	0.02 - 1

Materiales y métodos para la sedimentación

Las pruebas se realizaron en un probeta de vidrio, como se muestra en el anexo, tomando el tiempo de sedimentación, en base a la solución clara. Tan pronto como se inicia el proceso, todas las partículas empiezan a sedimentarse, y se supone que se aproximan rápidamente a su velocidad terminal bajo condiciones de sedimentación retardada, estableciéndose varias zonas de concentración.

RESULTADOS

Tabla 2. Resultados de la precipitación selectiva

pH		3.515	10.513	4.154	5.932	8.076	10.455
Hierro	mg/L	92.36	< 0.02	0.35	0.23	0.2	< 0.02
Manganeso	mg/L	24.09	< 0.2	22.5	21.34	15.76	< 0.2
Cobre	mg/L	5.74	< 0.05	5.72	0.64	0.08	< 0.05
Zinc	mg/L	28.78	0.49	28.74	28.2	0.95	0.49
Aluminio	mg/L	4.3	0.1	0.2	0.16	0.13	0.1

Tabla 3. Resultados de la sedimentación

tiempo, min	Altura de la interface, cm
0	50
1.26	48.74
2.75	47.25
4.81	45.19
7.03	42.97
10.07	39.93

Discusión

De acuerdo a la tabla de los resultados de la precipitación selectiva, se elabora la tabla sobre la precipitación selectiva (P), la recuperación (R) y la composición (C) de los metales pesados, los cuales se representan en al Tabla 4.

Tabla 4. Precipitación selectiva recuperación y composición

pH	3.515	4.154			5.932			8.076			10.455		
	INICIAL mg/L	P	R	C	P	R	C	P	R	C	P	R	C
Fe	92.36	92.01	99.62	98.24	0.12	0.13	1.74	0.03	0.03	0.09	0.07	0.08	0.43
Mn	24.09	1.59	6.60	1.70	1.16	4.82	16.81	5.58	23.16	16.70	15.56	64.59	95.69
Cu	5.74	0.02	0.35	0.02	5.08	88.50	73.62	0.56	9.76	1.68	0.03	0.52	0.18
Zn	28.78	0.04	0.14	0.04	0.54	1.88	7.83	27.25	94.68	81.54	0.6	2.08	3.69
	150.97	93.66		100	6.9		100	33.42		100	16.26		100

Estos resultados nos muestra que hay un mayor porcentaje de recuperación para cada metal específico de acuerdo al pH, para un pH de 4.15 la mayor recuperación es para el hierro con un 99.6 % y estableciéndose una composición de 98.2. Para un pH de 5.9 se establece una mayor recuperación del cobre con un 88.5 y una composición de 73.6. Para un pH de 8 la mayor recuperación corresponde al zinc con un 94.6 % de recuperación y una composición de 81.4 %. Para un pH de 10 la mayor recuperación corresponde al manganeso con un 64.5 % y una composición del 95,6 %.

Estos resultados son representados en un diagrama de precipitación en la Figura donde se muestran las líneas correspondientes a cada uno de pH y los correspondientes metales precipitados selectivamente.

El proceso de sedimentación discontinua nos permite básicamente en este trabajo de investigación establecer los parámetros necesarios para el dimensionamiento de un sedimentador continuo.

El tiempo de sedimentación es una de las variables fundamentales, que en el caso de la precipitación selectiva del drenaje ácido de mina, tiene la característica de mantener estos metales pesados libres de agentes que puedan favorecer esta sedimentación con mucha mayor velocidad pero que no nos favorecen para una precipitación selectiva.

De acuerdo a lo desarrollado en el marco teórico estableceremos los parámetros para el dimensionamiento de un sedimentador en donde se realizará la sedimentación del drenaje ácido de mina.

Figura 1. Precipitación selectiva

Tabla 5. Concentración en la capa límite, (cl)

t, min	zi,cm	v, cm/min	cL, mg/L
4	45	11.25	166.7
5	45	9	166.7
6	43	7.17	174.4
7	38	5.43	197.4
8	33	4.13	227.3
9	26	2.89	288.5
10	22	2.2	340.9
11	18	1.64	416.7

Figura 2. Velocidad de asentamiento

AREA DEL SEDIMENTADOR

El área necesaria de un sedimentador, se fija de acuerdo con la concentración de la capa que requiere el área máxima, para el paso de una cantidad unitaria de sólidos.

Figura 3. Concentración de sólidos

$$LC := 60 \quad \text{ton/d}$$

$$LCS := 1858$$

$$S := \frac{LC \cdot \left(\frac{1}{24} \right) \cdot \left(\frac{1}{60} \right) \cdot 907.18}{LCS \cdot \left(\frac{1}{0.001} \right) \cdot \left(\frac{1}{10^6} \right) \cdot \left(\frac{1}{100} \right)}$$

$$S = 2.034 \times 10^3$$

$$D := \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot S}{L \cdot \eta \cdot \phi_L}}}{S} = \frac{v}{\left[\frac{1}{c_L^m} - \frac{1}{c_u} \right] \frac{\rho_{prom}}{\rho_w}}$$

$$D = 50.895$$

CONCLUSIONES

1. La precipitación selectiva de los metales pesados presentes en el drenaje ácido de mina es posible dentro los siguientes rangos: para un pH de 4.15 la mayor recuperación es para el hierro con un 99.6 % y estableciéndose una composición de 98.2. Para un pH de 5.9 se establece una mayor recuperación del cobre con un 88.5 y una composición de 73.6. Para un pH de 8 la mayor recuperación corresponde al zinc con un 94.6 % de recuperación y una composición de 81.4 %. Para un pH de 10 la mayor recuperación corresponde al manganeso con un 64.5 % y una composición del 95,6 %.
2. Mediante el estudio de la sedimentación discontinua se determinan los parámetros necesarios para el diseño de un sedimentador continuo en la precipitación selectiva de los metales pesados del drenaje ácido de mina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akcil S.A. y Koldas S. S. 2006. Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies. Journal of Cleaner Production, 14, 1139-1145.
2. Burger R.I. y Damasceno J. G. 2004 A mathematical model for batch and continuous thickening of flocculated suspensions in vessels with varying cross-section. Int. J. Miner. Process. 73 (2004) 183– 208
3. Crawford E. 2010. The effects of pH regulation upon the release of sulphate from ferric precipitates formed in acid mine drainage. Applied Geochemistry 15, 27-34
4. Diehl, S. 2005. Operating charts for continuous sedimentation II: step responses. Centre for Mathematical Sciences, Lund University
5. España J. S. 2007. The Behavior of Iron and Aluminum in Acid Mine Drainage: Speciation, Mineralogy, and Environmental Significance. Thermodynamic, Solubility and Environmental Issues, Editor Letcher T. V., Elsevier Science & Technology Books.
6. Kuyucak N., et. al. 2003. Technical feasibility studies and uses of treated AMD at Kingsmill Tunnel, Peru-Emphasis on supplement for drinking water supply. Mining and the Environment III Conference

7. Plasari E. y Muhr H. 2007 Developments in precipitation engineering for the process intensification in the environmental protection and other purification industrial activities. Chemical Engineering Transactions, vol. 11, 65-70. Tre
8. Tsukomoto R. T. 2012. Treatment of mine drainage with the rotating cylinder treatment system. Ionic Water Technologies.