

Evaluación del efecto de los dispersantes en la recuperación de plata

H. Góngora Torres

Laboratorio metalúrgico, Compañía Minera Cuzcatlán

San José del Progreso, Oaxaca, México.

haydee.gongora@mincuzcatlan.com

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es mostrar el efecto del uso de dispersante en la flotación de plata y definir el alcance que tiene para mejorar la recuperación en el circuito de flotación con la presencia de lamas. En el mineral están presentes las especies de cuarzo, feldespatos, carbonatos, pirita, caolinita, argentita/acantita, galena, esfalerita y calcopirita.

El mineral a principios de año tuvo un cambio considerable en la recuperación de plata bajo mismas condiciones operativas quedando con resultados por debajo de lo esperado. Con el apoyo caracterizaciones mineralógicas en mineral de cabeza y concentrado. Se confirmó la presencia de material arcilloso en forma de flóculos que envuelven las partículas de mineral con tamaños menores a 5 μm , y se realizó un esquema de pruebas con dispersantes para disminuir el efecto nocivo que causa en la flotación la generación de finos en la molienda.

PALABRAS CLAVE: *flotación; dispersantes, lamas*

ANTECEDENTES

Compañía Minera Cuzcatlán forma parte Grupo Fortuna Silver Mines Inc., ubicado en San José del Progreso, Oaxaca, produce un concentrado de piritas-cuarzo, con valores de interés económico de oro y plata se obtiene por el proceso físico químico de flotación; método que aprovecha las propiedades de flotabilidad de los minerales modificándolas con la adición de reactivos químicos como colectores, depresores, activadores, espumantes y modificadores para separar el concentrado de las gangas.

El mineral que se procesa en la planta de beneficio tiene las siguientes especies: el cuarzo en mayor proporción, ortoclasa, calcita, albita, caolinita, muscovita, clinoclora, dolomita, los sulfuros presentes son principalmente pirita, argentita/acantita, en muy baja proporción galena, esfalerita y calcopirita.

A principio de año bajo el cuadro de reactivo base de la planta los resultados metalúrgicos se vieron afectados disminuyendo la recuperación. Para lo que fue necesario analizar más a detalle con estudios de caracterización del mineral de cabeza y concentrados; además de cruzar el volumen del mineral extraído contra resultados de recuperación, en donde se detectaron sies zonas que al estar en mayor proporción la recuperación disminuye.

En la revisión bibliográfica se encontró la siguiente información que asemeja las condiciones que se presentaron en el mineral que ingresó a la flotación cuando se presentó la disminución en la recuperación de plata: "La generación de finos en la molienda en conjunto con la naturaleza arcillosa del mineral, provocan finas partículas minerales de ganga denominadas lamas o material arcilloso, ejercen efectos perjudiciales sobre la flotación, en ocasiones incrementando el consumo de reactivo y la viscosidad de la pulpa. Las lamas pueden cubrir las superficies del mineral de valor, formando una capa hidrofílica que evitan el contacto con colectores y/o burbujas de aire, que disminuyen la recuperación.

Estos recubrimientos de lamas son ubicuos en la flotación de diferentes minerales incluidos sulfuros, minerales oxidados, sales y carbón. Los investigadores atribuyeron los revestimientos de lamas con los minerales a la atracción electrostática por llevar cargas opuestas. Sin embargo, en trabajos subsecuentes demostraron que las lamas pueden recubrir la superficie del mineral aun cuando lleven el mismo signo.

Los mecanismos de recubrimiento de lamas utilizados son: 1) Teoría DLVO, en la que explican que los recubrimientos de arcillas son gobernados por las fuerzas de atracción de Van der Waals. 2) Por depositación de componentes coloidales generados durante la molienda, formando una capa hidrofílica coloidal de lamas o partículas ultrafinas sobre la superficie de mineral de valor. 3) Precipitación química, llevada a cabo por la hidrólisis del carbonato de calcio y que puede presentarse por la calcita, crisolita, dolomita e hidroxiapatita.

El propósito principal de entender el mecanismo de recubrimiento de lamas es para mitigar el problema. De las técnicas de mitigación para el efecto de recubrimiento por lamas, se encuentra el uso de

dispersantes, que ayuda a limpiar la superficie del mineral y eliminar la capa hidrofílica formada por el material arcilloso o recubrimiento por lamas. En el cual se enfoca este trabajo con una serie de pruebas en el laboratorio metalúrgico y planta, al encontrarse su uso ya presente en el cuadro de reactivos.” (Yexian Yu 2017

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

De acuerdo con la revisión bibliográfica en el sistema de flotación la disminución en la recuperación podría deberse al mecanismo de recubrimiento de lamas por la generación de finos en la molienda.

Con apoyo de laboratorios externos se realizó mineralogía de cabeza empleando la técnica de Difracción de rayos X, la muestra de la alimentación a 1ª limpia le realizaron un estudio por Microscopia Electrónica de Barrido y microanálisis acoplado, para determinar las especies, así como sus tamaños de partícula, liberación y asociación con la ganga y otros minerales. Las muestras entregadas por Geología de zonas de aportación de mina se le envió a hacer una Análisis mineralógico bulk utilizando QUEMSCAN para determinar en cada la composición del mineral.

Pruebas de flotación de las zonas de aportación mina

Se realizó prueba de flotación bajo el mismo diagrama y dosificación de reactivos de la operación a la que llamamos prueba estándar. Obsérvense el esquema de reactivos en gramos por tonelada en la Tabla 1:

Tabla 1 Cuadro base de reactivos operación planta de beneficio

Punto de adición	Sulfato de aluminio	Ácido cítrico	Max Gold	A-404	A-3416	XAP	Espumante
Molienda		70	4.5	10	28		
Acondicionador Primario	60					1	1
Intermedio Primario			0.75			1	
Acondicionador Agotativo					3.5	1	1
Alimentación 1ª limpia							

Las leyes de cabeza de las zonas de aportación son diferentes, en la Tabla 2 se muestra su análisis químico.

Tabla 2 Leyes de cabeza de las zonas de aportación mina en g/t

Muestra	Au	Ag
R Swk	1.06	200
H1 Swk	2.29	462
H2 Swk	0.74	144
J2 Swk	3.82	808
G Swk	9.97	1,005
P Swk	5.98	1,443

Pruebas de flotación con variación de dispersantes

Para comprender la variación en la recuperación de la plata el trabajo se enfocó en evaluar el efecto de dispersantes el cuadro base de reactivos corresponde al de la Tabla 1, se probaron dos dispersantes adicionales al sulfato de aluminio con tres niveles de dosificación. La cabeza del mineral para estas pruebas se observa en la Tabla 3:

Tabla 3 Ley del mineral cabeza en g/t

	Au	Ag
Cabeza	1.01	150

Los dispersantes utilizados para las pruebas son: el sulfato de aluminio que es parte del cuadro de reactivos estándar de planta, el DP-6 de Solvay recomendado para los aglomerados de partículas finas encontrados en las 1ª limpia y el biopolímero F-500 utilizado para la dispersión de material con arcillas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de caracterización del concentrado de la alimentación a 1ª limpia muestra la presencia de partículas finas aglomeradas de material arcilloso recubriendo partículas de valor de oro y plata en tamaños menores a 5µm que confirma el efecto de recubrimiento por lamas, véase la Figura 1.

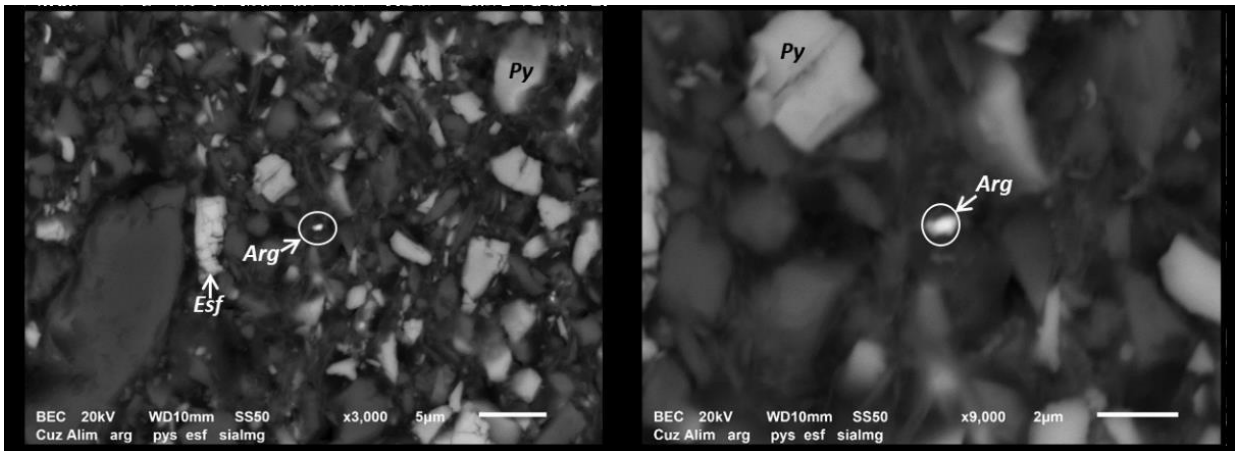


Figura 1 A la izquierda se observa en el centro una partícula fina de argentita rodeada de fino material arcilloso envolvente, a la derecha magnificación de la imagen de la partícula a 9000 x.

En la distribución granulométrica del mineral de cabeza el 40.9% del material se encuentra en un tamaño menor a 20 μm , como se puede observar en la Tabla 4. Razón por la cual se explica la presencia de grandes cantidades de finos en el proceso.

Tabla 4 Distribución granulométrica de alimentación a flotación

Malla	Tamaño, μm	Acumulado negativo
70	212	98.0
100	150	90.9
140	106	80.1
200	75	69.2
270	53	59.5
325	45	55.6
400	38	52.1
450	32	47.9
500	25	42.6
635	20	40.9

Influencia de la mineralogía de las zonas de aportación de mina en la recuperación de plata

Las especies encontradas en la caracterización mineralógica de las zonas de aportación con mayor influencia detectadas para la baja recuperación se encuentran a continuación en la Tabla 5:

Tabla 5 Mineralogía bulk zonas de aportación

Especie	R Swk	H1 Swk	H2 Swk	J2 Swk	G Swk	P Swk
Cuarzo	74.12	69.90	63.23	71.94	80.90	75.31
Carbonatos	10.61	8.79	8.08	9.59	8.07	5.82
Feldespatos	9.98	14.97	22.35	12.19	6.17	14.03
Pirita	1.98	2.55	2.03	2.54	1.56	1.50
Óxido de hierro	0.82	1.01	1.45	0.93	1.18	1.23
Anfíbol	0.50	0.70	0.60	0.75	0.51	0.29
Caolinita	0.41	0.27	0.26	0.17	0.16	0.09
Micas	0.38	0.33	0.45	0.40	0.36	0.27
Fluorita	0.28	0.29	0.12	0.10	0.28	0.10
Titanio	0.24	0.37	0.59	0.22	0.12	0.19
Esfalerita	0.20	0.24	0.11	0.46	0.26	0.29
Apatita	0.11	0.12	0.12	0.12	0.00	0.09
Clorita	0.06	0.06	0.14	0.10	0.00	0.07

Las pruebas de flotación realizadas en el laboratorio de la unidad bajo las condiciones de la Tabla 1. Los resultados de la recuperación que se pueden observar en la Tabla 6 se analizaron con el método de regresión lineal contra el contenido de cada una de las especies. De este análisis podemos determinar que las especies con mayor significancia estadística son la caolinita y los carbonatos muestran tendencia similar. En las Figuras 2 y 3 puede verse como afecta la recuperación de plata con el incremento de la caolinita y carbonatos la recuperación va disminuyendo.

Tabla 6 Recuperación de plata de zonas de aportación de mina.

	R Swk	H1 Swk	H2 Swk	J2 Swk	G Swk	P Swk
Recuperación de plata	78.23	84.39	86.97	89.22	89.31	89.99

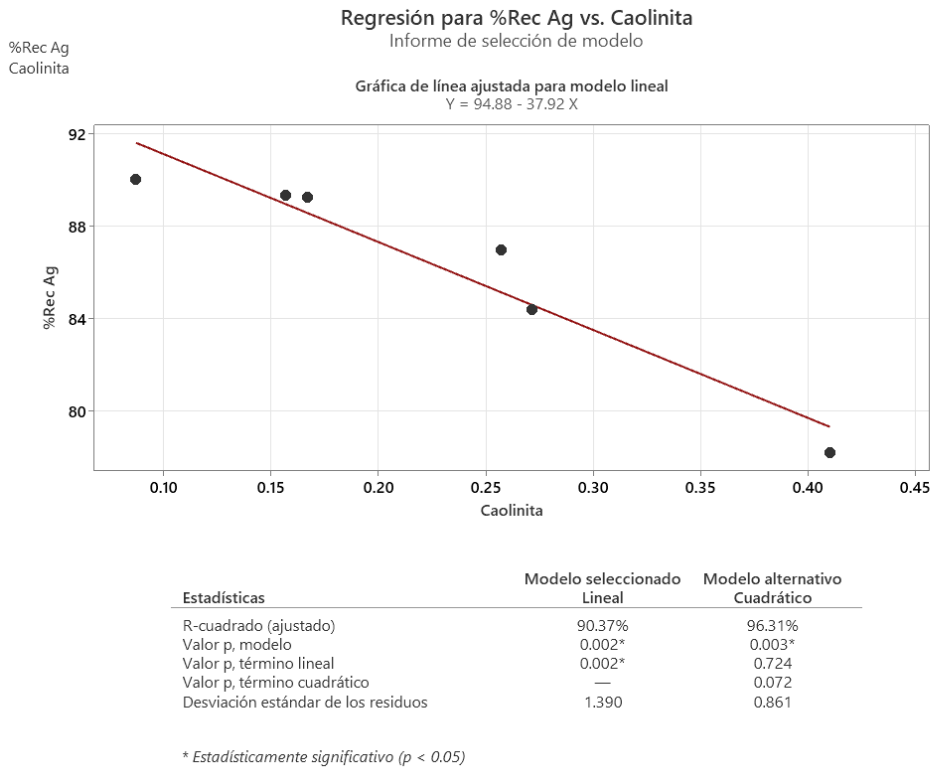


Figura 2 Análisis de regresión del contenido de caolinita contra la recuperación de plata

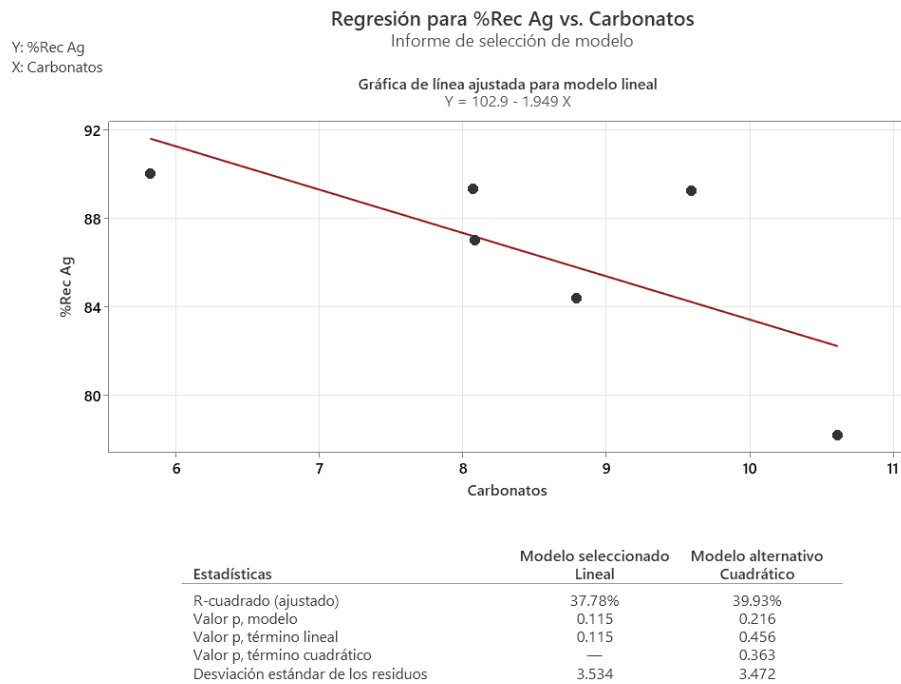


Figura 3 Análisis de regresión del contenido de carbonatos contra la recuperación de plata

Pruebas de flotación con dispersantes

Las pruebas de flotación se realizaron con el cuadro de reactivos de la Tabla 1, variando el dispersante en el acondicionador primario con tres niveles de dosificación. Se probaron el sulfato de aluminio, DP-6 y F-500. A continuación, pueden observarse los resultados en la Tabla 7:

Tabla 7 Resultados de las pruebas de flotación con dispersantes

Dispersante g/t	Dosificación	Concentrado Au g/t	Concentrado Ag g/t	Recuperación Au	Recuperación de plata
Sulfato de aluminio	60	32.9	5,944	90.14	89.41
Sulfato de aluminio	90	40.7	6,898	92.22	91.13
Sulfato de aluminio	120	37.7	6,359	91.48	90.74
F-500	30	34.8	5,143	91.29	89.16
F-500	60	39.4	7,003	90.18	90.10
F-500	120	48.0	8,077	89.84	88.72
DP-6	30	32.9	6,395	88.70	89.04
DP-6	60	35.0	6,525	88.62	88.84
DP-6	120	33.8	6,206	88.01	89.18

La prueba 1 con 60 g/t de sulfato de aluminio, es la prueba estándar o base con la cual se compararon las demás pruebas. Con las dosificaciones de 90 y 120 g/t de sulfato de aluminio se incrementa en la recuperación de plata, aunque en menor proporción con la dosificación de 60 g/t hay una mejora. Con el DP-6 no se observó ningún cambio favorable en la recuperación.

El grado del concentrado se mejora en la mayoría de las pruebas respecto de la prueba estándar, a excepción de los resultados con la dosificación de 30 g/t de F-500 que es menor, como se muestra en la Figura 5. Para el sulfato de aluminio la dosificación de 90 g/t es la mejor. Con el F-500 se obtiene la mayor calidad de concentrado, el grado se incrementa de forma proporcional a la dosificación, siendo el mejor resultado a 120 g/t.

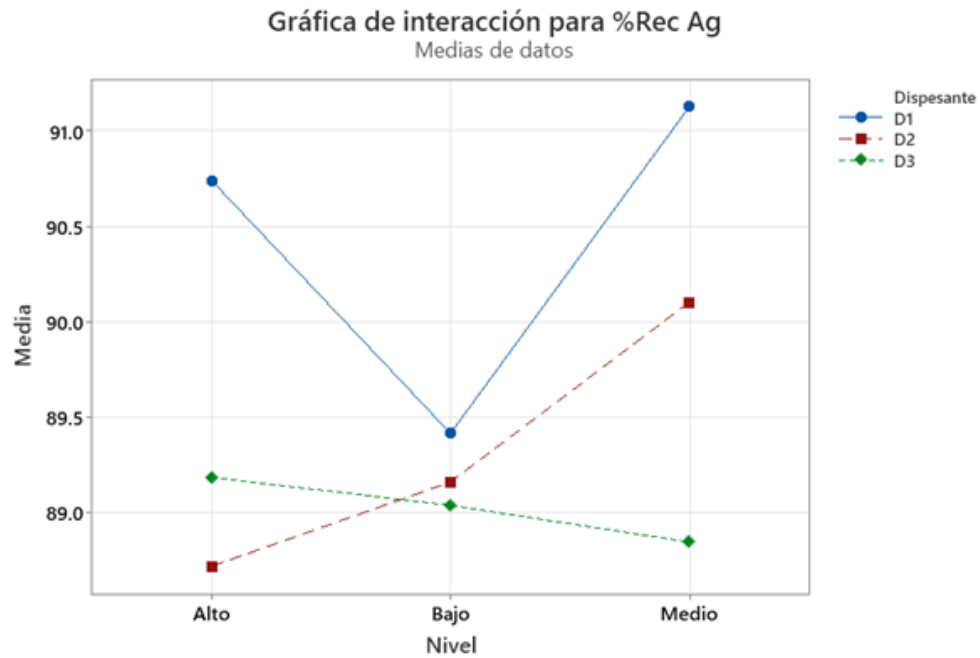
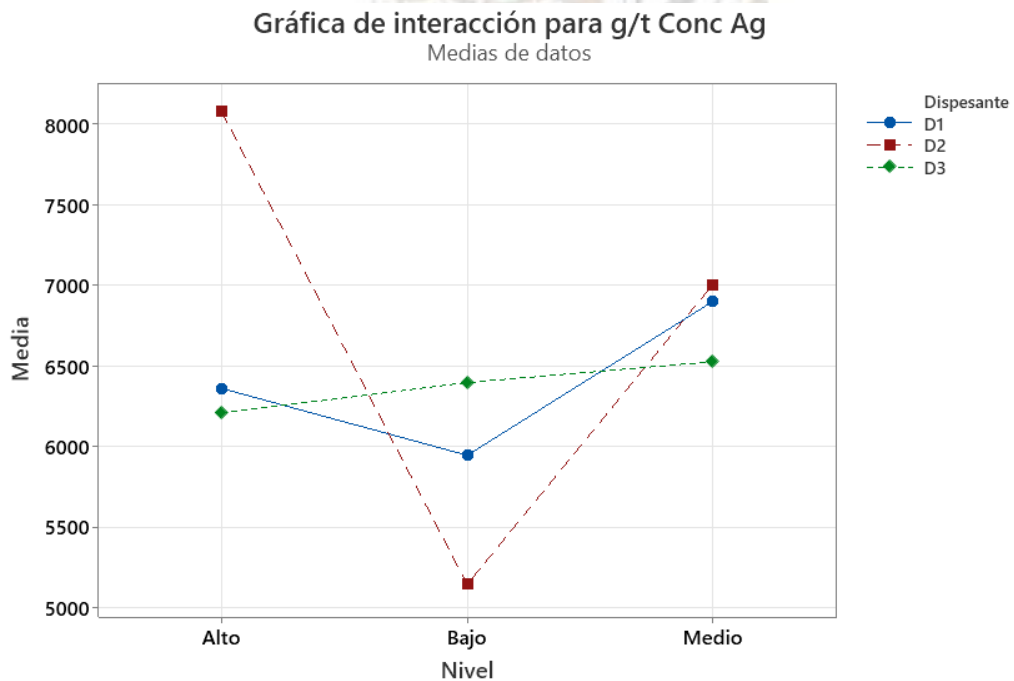


Figura 4 Resultados de recuperación de plata en cada nivel de dosificación y dispersante. El DP-6, no genera cambios significativos en el grado del concentrado en el rango de variación probado

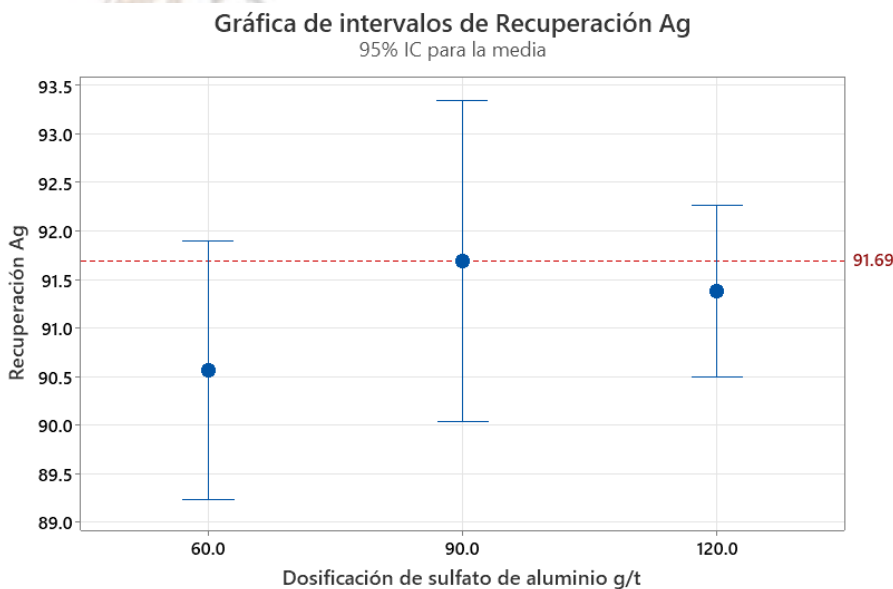


9

Figura 5 Resultados de calidad del concentrado de plata en cada nivel de dosificación y dispersante.

Variación de sulfato de aluminio en planta

Los resultados del diseño de experimentos demostraron que para mejorar la recuperación de plata el sulfato de aluminio es el dispersante más eficaz. En la planta se probaron las dosificaciones de 90 y 120 g/t en el acondicionador primario. En la gráfica de la Figura 6 se puede observar que la mayor recuperación se obtiene con 90 g/t.



Las desviaciones estándar individuales se utilizaron para calcular los intervalos.

Figura 6 Resultados de recuperación de plata en los tres niveles de dosificación.

La variación en la dosificación de sulfato de aluminio no genera un impacto significativo en la calidad del concentrado. A diferencia de los resultados del laboratorio en la planta, el incremento en la dosificación del sulfato de aluminio mejora muy poco el grado (Figura 7).

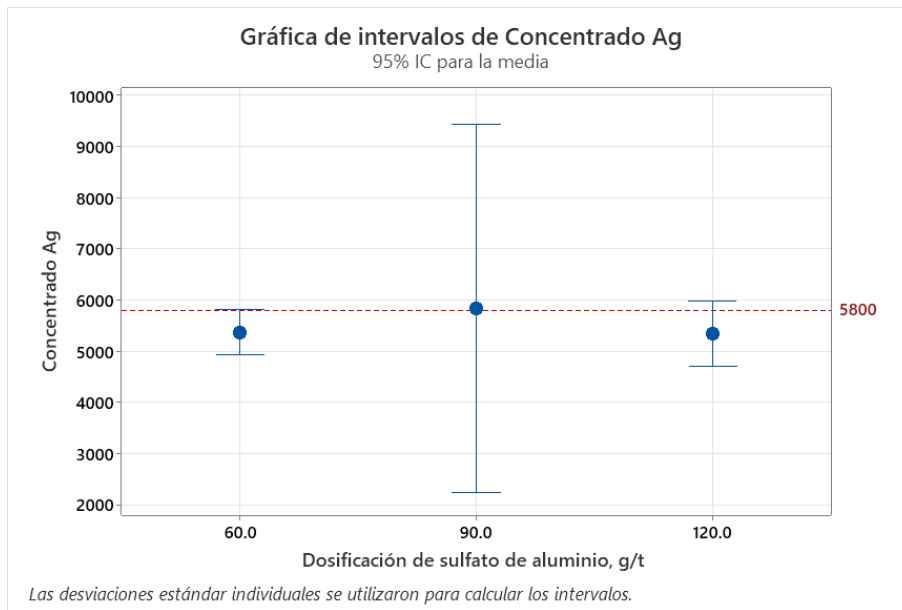


Figura 7 Calidad de concentrado de plata en los tres niveles de dosificación

CONCLUSIONES

Con base en los estudios de caracterización y el comportamiento metalúrgico de las diferentes zonas de mina se pudo demostrar que la caolinita y los carbonatos provocan que el mineral sea pasivado por recubrimiento envolvente de estas especies denominado material arcilloso que inhibe la flotación. Las gráficas de regresión lineal muestran que al incrementarse su contenido la recuperación de plata disminuye.

El uso del sulfato de aluminio como método de mitigación, para disminuir el efecto provocado por el exceso de partículas finas envolventes de material arcilloso es el más eficaz. Se mejora la flotabilidad de la especie plata logrando incrementar la recuperación 1.1%, sin afectar la calidad del concentrado incluso mejorando 400 g/t de plata.

REFERENCIAS

Yexian Yu, Liquiang Ma, Mingli Cao, Qi Liu, (2017). Slime coatings in froth flotation: A review. Pp 26-