

Efecto de la mineralogía en un esquema de flotación establecido

A. M. Ovalle Carrillo

Centro de Investigaciones Metalúrgicas de Grupo México.

Correo: arantxa.ovalle@mm.gmexico.com

RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en demostrar la necesidad de la exploración de cargas de mineral antes de ser beneficiadas en planta. Con la finalidad de tener procesos optimizados que logren estabilidad para obtener recuperaciones altas con eficiencia de los circuitos, se analiza un esquema de flotación de planta a nivel laboratorio, en dos rebajes con diferentes asociaciones mineralógicas, analizando su comportamiento metalúrgico. Se tiene un barreno "A" con una ley de cabeza de 0.15% Pb, 1.0% Cu y 10.96% de Zn, el cual alcanza una recuperación del 63% de Cu y 21% de Zn con el circuito base, el barreno "B" con una ley de cabeza de 2.42% Pb, 0.65% Cu y 11.42% de Zn, el cual alcanza una recuperación de 86% de Pb, 23.13% Cu y 4.32% de Zn con el circuito base, por lo cual la investigación se enfoca en adecuar la dosificación con base a su comportamiento para optimizar las recuperaciones. Demostrando la necesidad de la experimentación de las muestras de barrenación, así como propuestas para su procesamiento bajo las condiciones de planta de beneficio. Hasta el momento, teniendo como limitante el diseño del circuito y sólo con modificaciones en la dosificación de reactivos, el barreno "A", incrementa su recuperación a 80% Cu y 69% de Zn. Mientras que para el barreno "B" se tiene una recuperación de 90.2% de Pb, 37.24% de Cu y 75.4% de Zn.

PALABRAS CLAVE: asociación, recuperación, optimización.

ANTECEDENTES

Para entender mejor el comportamiento metalúrgico se realizó una caracterización minerográfica por microscopía óptica de una muestra de cabeza de ambos barrenos. Para el barreno "A", se realizó un conteo de minerales principalmente de tipo económico, donde se presentó en un 88% de la muestra como minerales liberados, siendo entre ellos esfalerita, calcopirita, pirita, bornita, pirrotita, calcosita, galena y arsenopirita, cuyos tamaños van de 6 hasta 169 micras.

La Tabla 1 muestra el resumen del conteo de la muestra para los minerales de cobre, de acuerdo al resumen es posible recuperar aproximadamente un 80% del Cu considerando algunas de las asociaciones con esfalerita, lo cual podría contaminar el concentrado de Cu.

La segunda etapa del proyecto pretende la implementación de remolienda previo a la alimentación a las limpias Pb-Cu para ayudar con las asociaciones presentes, sin embargo, el tamaño requerido en la remolienda es de 25 micras por lo cual, aún bajo estas condiciones, asociaciones tales como las del barreno "A", en tamaños de 9 a 17 micras serían difíciles de liberar.

Tabla 1.- Relación de minerales de cobre con respecto a la ley obtenida en ensayos químicos, mínimos-máximos y tamaño ponderado de los minerales para barreno "A".

MUESTRA	%	LEY	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.
CALCOPIRITA	37.93	0.29	6 ~ 77	21.45						
BORNITA	15.52	0.12	11 ~ 88	30.22						
CALCOSITA	1.72	0.01	16	16						
CALCOPIRITA ASOCIADA A ESFALERITA	6.90	0.05	10 ~ 16	12.50	7 ~ 19	12.25				
GANGA ASOCIADA A COVELITA Y ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	1.72	0.01	540	540	47	47	763	763	17	17
ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	20.69	0.16	22 ~ 816	183.50	3 ~ 16	8.75				
CALCOPIRITA ASOCIADA A GANGA	3.45	0.03	44 ~ 82	63.00	16 ~ 20	18.00				
GANGA ASOCIADA A CALCOPIRITA Y PIRITA	1.72	0.01	456	456	47	47	38	38		
BORNITA ASOCIADA A ESFALERITA	1.72	0.01	12	12	14	14				
CALCOSITA ASOCIADA A COVELITA	1.72	0.01	47	47	29	29				
BORNITA ASOCIADA A CALCOSITA	1.72	0.01	124	124	40	40				
ARSENOPIRITA ASOCIADA A ESFALERITA CON INCLUSIONES CON CALCOPIRITA	1.72	0.01	106	106	221	221	9	9		
ARSENOPIRITA ASOCIADA A ESFALERITA Y CALCOPIRITA	1.72	0.01	162	162	729	729	44	44		
CALCOPIRITA CORONADA POR COVELITA	1.72	0.01	388	388	290	290				

La Tabla 2 muestra el conteo de especies de interés por Zn para el Barreno "A", de acuerdo con la información, se espera recuperar por lo menos el 95% de Zn en la flotación, ya que en su mayoría se encuentra libre.

Tabla 2.- Relación de minerales de zinc con respecto a la ley obtenida en ensayos químicos, mínimos-máximos y tamaño ponderado de los minerales para el barreno “A”.

MUESTRA	%	LEY	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.
ESFALERITA	88.89	1.40	6 ~ 169	25.96						
CALCOPIRITA ASOCIADA A ESFALERITA	2.12	0.03	10 ~ 16	12.50	7 ~ 19	12.25				
GANGA ASOCIADA A COVELITA Y ESFALERITA CON INCLUSIONES CALCOPIRITA	0.53	0.01	540	540	47	47	763	763	17	17
ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	6.35	0.10	22 ~ 816	183.50	3 ~ 16	8.75				
GANGA ASOCIADA A ESFALERITA Y PIRITA	0.53	0.01	446	446	237	237	90	90		
BORNITA ASOCIADA A ESFALERITA	0.53	0.01	12	12	14	14				
ARSENOPIRITA ASOCIADA A ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	0.53	0.01	106	106	221	221	9	9		
ARSENOPIRITA ASOCIADA A ESFALERITA Y CALCOPIRITA	0.53	0.01	162	162	729	729	44	44		

Respecto al barreno “B”, el estudio realizado presentó un 91% de la muestra total como minerales liberados en los cuales se encuentran esfalerita calcopirita, pirita, galena y pirrotita con tamaños que van de 10 a 298 micras, sin embargo el 9 % restante se encuentra asociado en 8 asociaciones, la cual tiene mayor abundancia es la asociación entre esfalerita con inclusiones de calcopirita la cual representa un 2.72% de la muestra total, seguida por la misma asociación pero en textura simple la cual representa 1.63%, a diferencia de la asociación ganga- galena la cual simboliza el 1.09 % de la muestra, sin embargo, el resto de las asociaciones representa porcentajes por debajo del 1 % de la muestra total.

La Tabla 3 muestra el conteo de especies de interés por Pb, se espera una recuperación del 95% por flotación debido a que se encuentra en su mayoría libre.

Tabla 3.- Relación de minerales de plomo con respecto a la ley obtenida en ensayos químicos, mínimos-máximos y tamaño ponderado de los minerales para el barreno “B”.

MUESTRA	%	LEY	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.
GALENA	95.65	2.00	10 ~ 197	40.47				
GANGA ASOCIADA A GALENA	2.90	0.06	20 ~ 602	311.00	21 ~ 529	275.00		
GALENA ASOCIADA A ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	1.45	0.03	42	42	57	57	6	6

En cuanto a las especies de cobre, la Tabla 4, muestra sólo un 26.67% como calcopirita libre, las asociaciones de mayor interés se encuentran con esfalerita en un 33.3% con tamaños de 8.2 micras, lo que dificulta su adecuada liberación y distribución, teniendo dos escenarios posibles al recuperarlo: cobre

contaminando el concentrado con zinc o perdiéndolo y flotándolo en el zinc, por lo cual se espera una recuperación de cobre de alrededor de un 75%.

Tabla 4.- Relación de minerales de cobre con respecto a la ley obtenida en ensayos químicos, mínimos-máximos y tamaño ponderado de los minerales para el barreno “B”.

MUESTRA	%	LEY	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.
CALCOPIRITA	26.67	0.17	12 ~ 29	20.25				
GANGA ASOCIADA A ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	6.67	0.04	476	476	531	531	52	52
ESFALERITA ASOCIADA A CALCOPIRITA	20.00	0.13	14 ~ 77	49.00	13 ~ 18	15.00		
ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	33.33	0.21	44 ~ 543	202.40	5 ~ 18	8.20		
GALENA ASOCIADA A ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	6.67	0.04	42	42	57	57	6	6
CALCOPIRITA ASOCIADA A ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	6.67	0.04	201	201	316	316	12	12

Para el conteo de los minerales de zinc, el barreno “B”, presenta 86.21% de zinc liberado, con tamaños que van desde 11 hasta 374 micras y un tamaño promedio ponderado de 48 micras. Sin embargo, para la asociación de esfalerita con calcopirita, se debe de considerar el tamaño ponderado de las inclusiones el cual corresponde a 8 micras lo que se concluye como una asociación difícil de liberar.

Considerando las asociaciones se espera una máxima recuperación de aproximadamente un 95% considerando una inevitable perdida para tratar de recuperar el cobre que se encuentra asociado a la esfalerita en la etapa previa de flotación Pb-Cu.

Tabla 5.- Relación de minerales de cobre con respecto a la ley obtenida en ensayos químicos, mínimos-máximos y tamaño ponderado de los minerales para el barreno “B”.

MUESTRA	%	LEY	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.
ESFALERITA	86.21	8.82	11 ~ 374	48.59				
GANGA ASOCIADA A ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	1.15	0.12	476	476	531	531	52	52
ESFALERITA ASOCIADA A CALCOPIRITA	3.45	0.35	14 ~ 77	49.00	13 ~ 18	15.00		
ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	5.75	0.59	44 ~ 543	202.40	5 ~ 18	8.20		
GALENA ASOCIADA A ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	1.15	0.12	42	42	57	57	6	6
CALCOPIRITA ASOCIADA A ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	1.15	0.12	201	201	316	316	12	12
GANGA ASOCIADA A ESFALERITA	1.15	0.12	249	249	182	182		

Una vez entendiendo mejor la mineralogía, se tiene como restricción seguir el esquema de flotación con los reactivos de planta, el cual se muestra en la Figura 1. Con base en él, se parte para la experimentación y ajuste de acuerdo a las necesidades de la muestra, lo único permitido es la variación de dosificación. Tiempos de residencia, reactivos y pH deben permanecer como se sugiere por parte de planta.

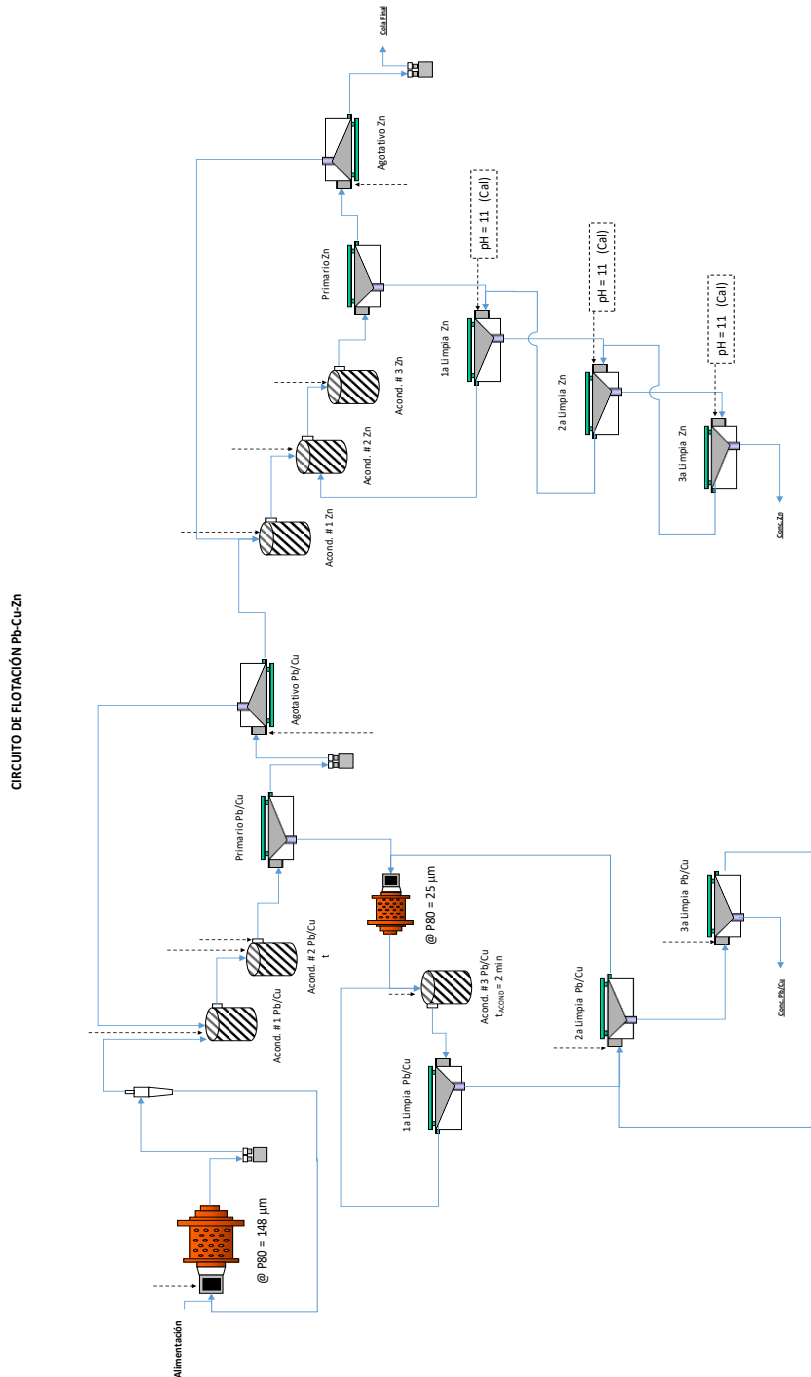


Figura 1.- Esquema de flotación para pruebas.

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Con la finalidad de demostrar la diferencia en comportamiento metalúrgico de muestras de un mismo yacimiento, pero de diferente zona, para la presente investigación se tienen dos muestras de barrenación con variación en las leyes de cabeza (Tabla 6) y mineralogía. Los principales valores de interés que se intentan beneficiar por esquema de flotación bulk para obtener un concentrado de Pb-Cu y un concentrado de Zn. Las especies mineralógicas presentes en ambos barrenos se encuentran como galena, esfalerita y calcopirita.

Se recibieron muestras de barrenos de exploración, las cuales fueron reducidas de tamaño a -10 mallas, se homogeneizaron, cuartearon y separaron en muestras de 1 kg para ser procesadas por pruebas de flotación.

Tabla 6.- Ley de cabeza de muestras en experimentación.

Id. Muestra	Ley cabeza			
	Ag (g/t)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)
Barreno "A"	211	0.15	1	10.96
Barreno "B"	212	2.42	0.65	11.42

Para las pruebas de flotación se realizaron en una celda de laboratorio marca METSO, modelo AF02. Entre los reactivos utilizados se encuentran el sulfato de cobre pentahidratado y sulfato de zinc monohidratado, preparados al 5 % (m/v) con agua destilada, mientras que el complejo (NaCN: ZnSO₄) en relación 1:1, preparado al 2% (m/v).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Barreno "A"

Se parte como prueba base, la realizada con el esquema propuesto por planta, figura 1. La tabla 7 muestra el balance metalúrgico, las recuperaciones en primarios se observan bajas, teniendo en el concentrado Pb-Cu sólo un 10.12% de Cu, observándose en el circuito Pb-Cu la mayor distribución en el agotativo.

Para el circuito de Zn se tiene una recuperación muy baja en el primario, teniendo solamente un 10.9% en el concentrado final bajo el esquema de planta. El 48% del Zn se encuentra en las colas. Como se puede observar en el balance, sólo se realizaron dos limpiezas, debido al bajo peso obtenido del concentrado primario.

Tabla 7.- Balance metalúrgico de prueba bajo el esquema de reactivos propuesto para el barreno “A”.

Descripción	Peso		Ensaye					% Distribución				
	(g)	(%)	Ag (g/t)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)	Ag (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
Conc. Pb-Cu	7.47	0.7%	6421	2.88	13.18	12.51	7.65	22.53	13.09	10.12	0.80	0.73
Medios 1ra L	27.58	2.8%	528	0.57	2.09	15.80	6.88	6.84	9.56	5.93	3.72	2.43
Agotativo Pb-Cu	36.42	3.6%	2681	1.23	12.65	18.80	7.67	45.87	27.26	47.37	5.84	3.58
Conc Zn	21.27	2.1%	435	0.11	1.97	60.08	2.69	4.35	1.42	4.31	10.90	0.73
Medios 2da L	10.46	1.0%	424	0.21	2.06	42.00	3.66	2.08	1.34	2.22	3.75	0.49
medios 1ra limpia	24.44	2.4%	170	0.210	0.86	15.59	6.23	1.95	3.12	2.16	3.25	1.95
Agotativo Zn	53.45	5.3%	130	0.13	1.08	51.14	3.05	3.26	4.23	5.94	23.32	2.09
Cola	821.41	81.9%	34	0.080	0.26	6.91	8.35	13.12	39.98	21.96	48.42	87.98
CABEZA CALCULADA	1002.5	100%	212.36	0.16	0.97	12	7.78	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
CABEZA ENSAYE			211	0.15	1	11	8.16					

En la Figura 2, se muestra un gráfico con la recuperación esperada de acuerdo a la caracterización mineralógica y la recuperación real.



Figura 2.- Recuperación de Cu esperada de acuerdo con caracterización mineralogía y recuperación real para barreno “A”.

Con base a los resultados obtenidos, es evidente la necesidad de un ajuste de reactivos para mejorar la distribución de cobre en el circuito. El plomo al tener una cabeza tan baja no se consideró para este análisis.

En la Figura 3, se muestra el gráfico del comportamiento de la recuperación de cobre en el concentrado primario, la mejor prueba, es la realizada con una disminución del 30% los depresores respecto al esquema inicial y aumentando 30% los colectores en circuito Pb-Cu, obteniendo una recuperación del 52.38% con un grado de 21.78% de Cu y globalmente de 80% (Anexo A2).

El comportamiento del barreno tiende a promover el Zn en cobre, atribuido a la activación indeseada por cobres secundarios, con dicha problemática, el efecto del ajuste de los depresores se muestra en la Figura 4, logrando disminuir a un 6.4% de Zn/Cu sin afectar la recuperación de Cu.

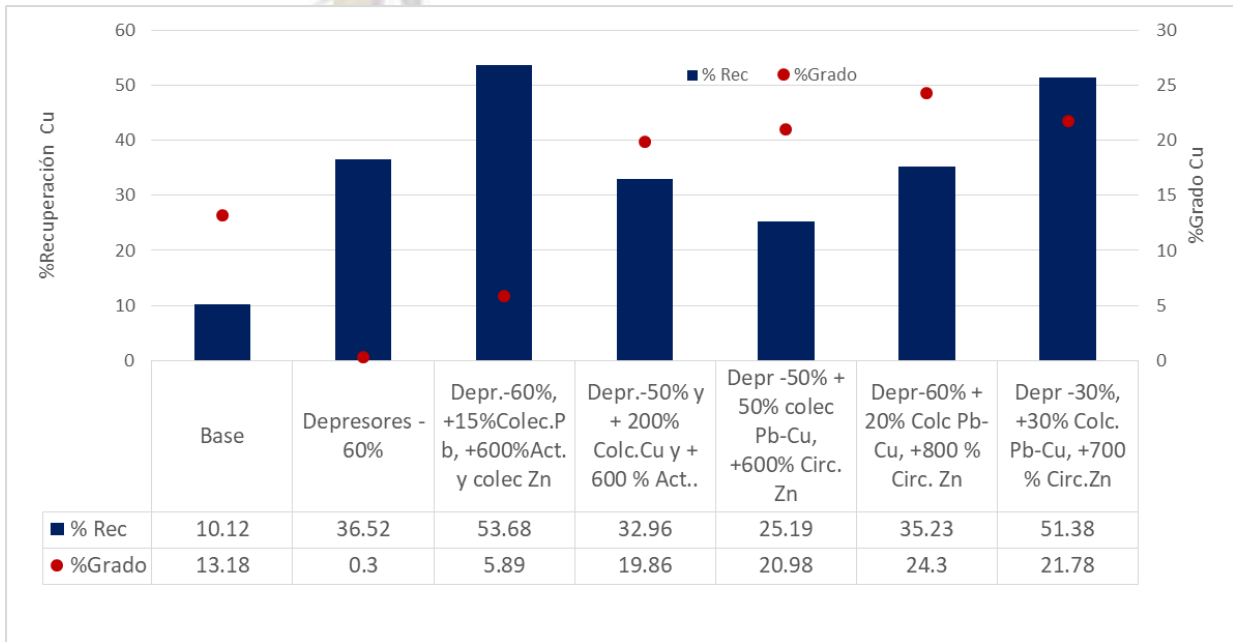


Figura 3. Grado vs recuperación de Cu con diferentes ajustes de reactivos para el Barreno "A".

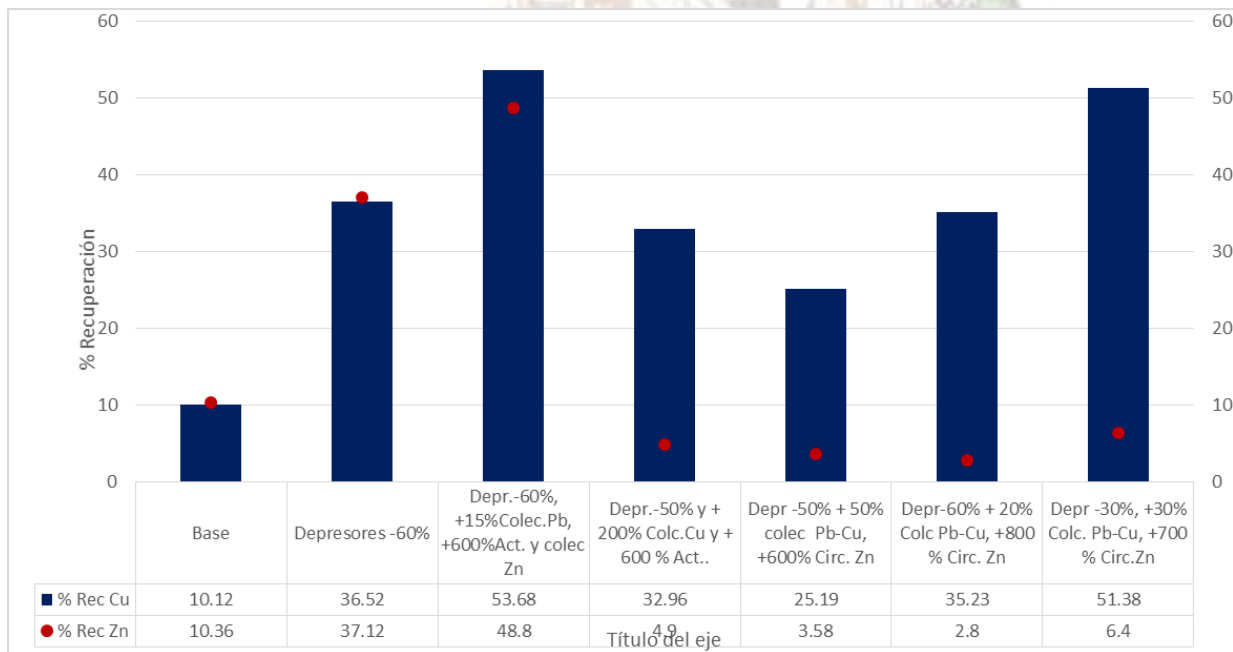


Figura 4.- Recuperación de Cu, contra recuperación de Zn con diferentes ajustes de reactivos para el Barreno "A".

Una vez ajustado el circuito de Pb-Cu se realiza la evaluación del circuito de Zn. En la Tabla 7, se observa que la mayor distribución del zinc se encuentra en las colas. En la figura 5 se muestra el resumen de las pruebas realizadas.

Teniendo el mejor resultado al aumentar un 700% el sulfato de cobre, sin embargo, la recuperación aún es muy baja a la esperada de 95%, quedando sólo en un 36.93% en recuperación primaria y un 69% global (Anexo A1). A lo largo de este circuito se observa una cama de espuma deficiente, al aumentar el pH en cada etapa del circuito el comportamiento de una mala espumación incrementa. Se sugiere variaciones de pH para analizar adecuadamente el efecto de la cal en el circuito de limpias, así como un aumento del colector o la consideración de uno de mejor cinética para mejorar la recuperación global.

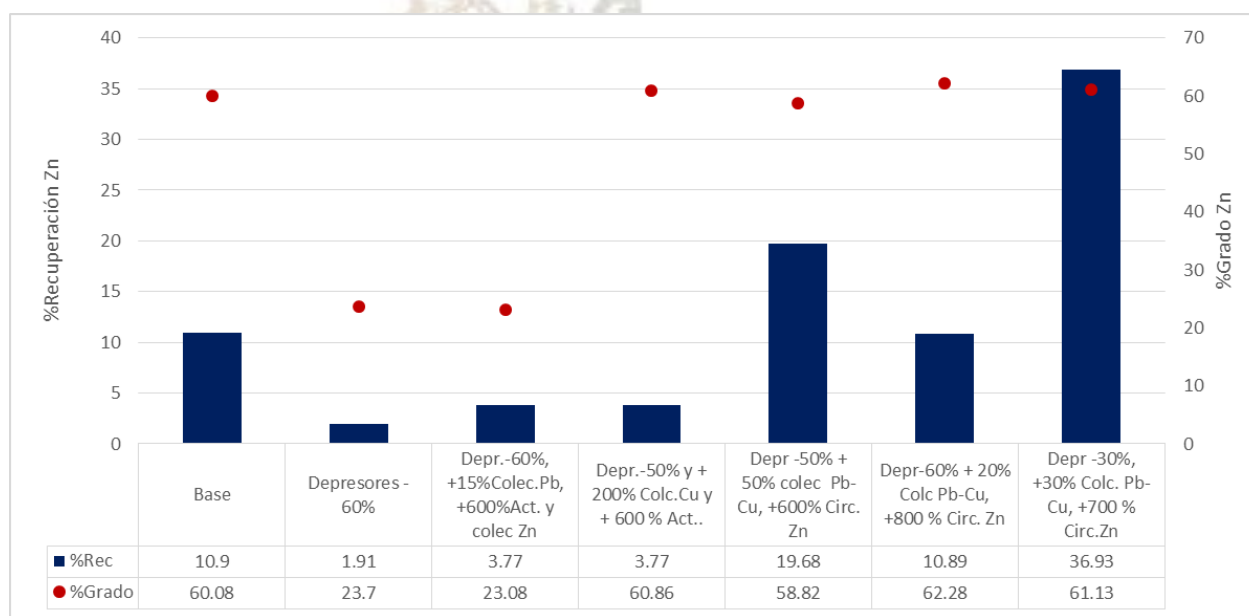


Figura 5.- Grado vs recuperación de Zn con diferentes ajustes de reactivos para el Barreno "A".

Barreno "B".

Para el caso del barreno "B" se parte de la prueba metalúrgica realizada con el circuito propuesto por planta, los resultados se muestran en la Tabla 8. Como se puede observar la mayoría de los valores de cobre y zinc se encuentran en las colas, mientras que el plomo está distribuido a lo largo del circuito Pb-Cu. La recuperación global de plomo, se observa aceptable en un 86.16%, contra la esperada de un 95%, por lo cual solo se requiere un pequeño ajuste para mejorarla.

Tabla 8.- Balance metalúrgico bajo esquema propuesto por planta para Barreno " B".

Descripción	Peso		Ensaye					% Distribución				
	(g)	(%)	Ag (g/t)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)	Ag (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
Conc. Pb-Cu	8.81	0.9%	2899	45.46	2.99	5.11	5.25	10.94	17.92	4.30	0.40	0.53
Medios 3ra L	16.59	1.7%	2695	51.03	1.45	4.14	5.65	19.15	37.88	3.93	0.62	1.08
Medios 2da L	13.99	1.4%	1908	28.83	2.02	7.32	8.33	11.43	18.05	4.62	0.92	1.34
Medios 1ra L	30.34	3.0%	692	6.54	1.53	11.02	7.70	8.99	8.88	7.58	3.00	2.69
Agotativo Pb-Cu	20.65	2.1%	435	3.71	0.80	11.12	7.27	3.85	3.43	2.70	2.06	1.73
Conc Zn	21.56	2.1%	188	0.81	0.65	11.95	6.45	1.74	0.78	2.29	2.31	1.60
Medios 1ra L	18.82	1.9%	162	0.68	0.62	11.91	6.38	1.31	0.57	1.91	2.01	1.38
Cola	872.29	87.0%	114	0.320	0.51	11.33	8.94	42.59	12.49	72.67	88.68	89.66
CABEZA CALCULADA	1003.1	100%	232.75	2.23	0.61	11	8.67	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
CABEZA ENSAYE			212	2.42	0.65	11.4	8.92					

En la Figura 6 se muestra el comparativo de las recuperaciones esperadas por mineralogía con las reales. Los principales valores que necesitan mejorar su distribución son Cu y Zn, logrando solo un 23% y 4% respectivamente.

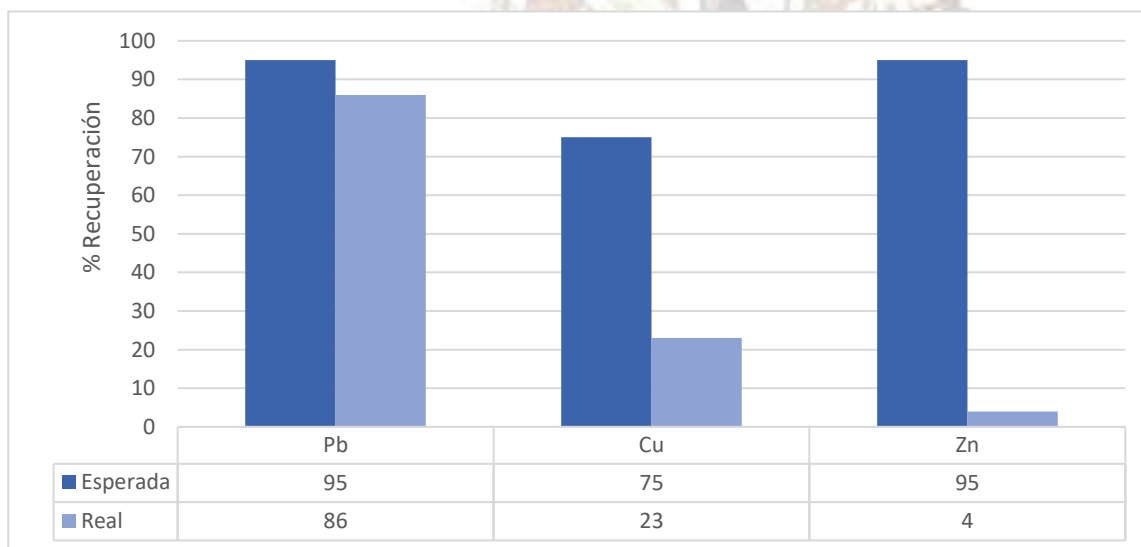


Figura 6.- Recuperación de Cu esperada de acuerdo con caracterización mineralogía y recuperación real para barreno "B".

En la Figura 7 se muestra el resumen de los resultados después del ajuste de reactivos para el barreno "B". Hasta el momento se observa con viabilidad de mejorar los resultados, al disminuir los depresores en un 50%, mientras que el aumento en un 50% de colectores Pb-Cu logra mantener una recuperación primaria de Pb en un 52.6% manteniendo el grado en 51%.

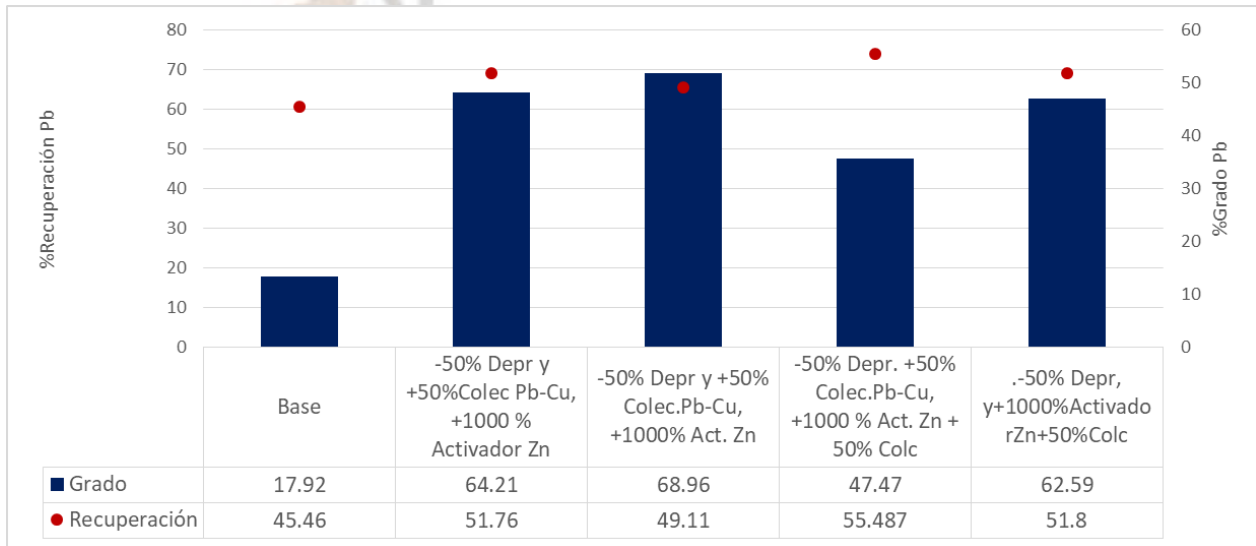


Figura 7.- Grado vs recuperación de Pb con diferentes ajustes de reactivos para el Barreno "A".

En cuanto al comportamiento del cobre de igual manera que para plomo, se hace un aumento de colector, obteniendo el mejor resultado un 18.7% de Cu en el concentrado de Pb-Cu con un grado bajo de 3.7%. Sin embargo, en dicha prueba al aumentar los colectores el concentrado de Pb se observó afectado en grado, por lo cual se sugiere en próximas pruebas la variación solamente del colector de cobre para mejorar su recuperación y grado (Figura 8).

En cuanto al comportamiento de Zn la mejor prueba se obtiene al aumentar en un 1000% respecto al esquema base, el activador de Zn y un 50%el colector del mismo, obteniendo una recuperación del 20.11% con grado de 53.76% de Zn, Figura 9. Mientras que su recuperación global (Anexo A4) se logra del 75.74% contra la esperada de al menos 87%, los medios de las limpias se encuentran cargados por lo cual se sugiere ajuste de colectores en dicha etapa para mejorar la recuperación primaria de Zn.

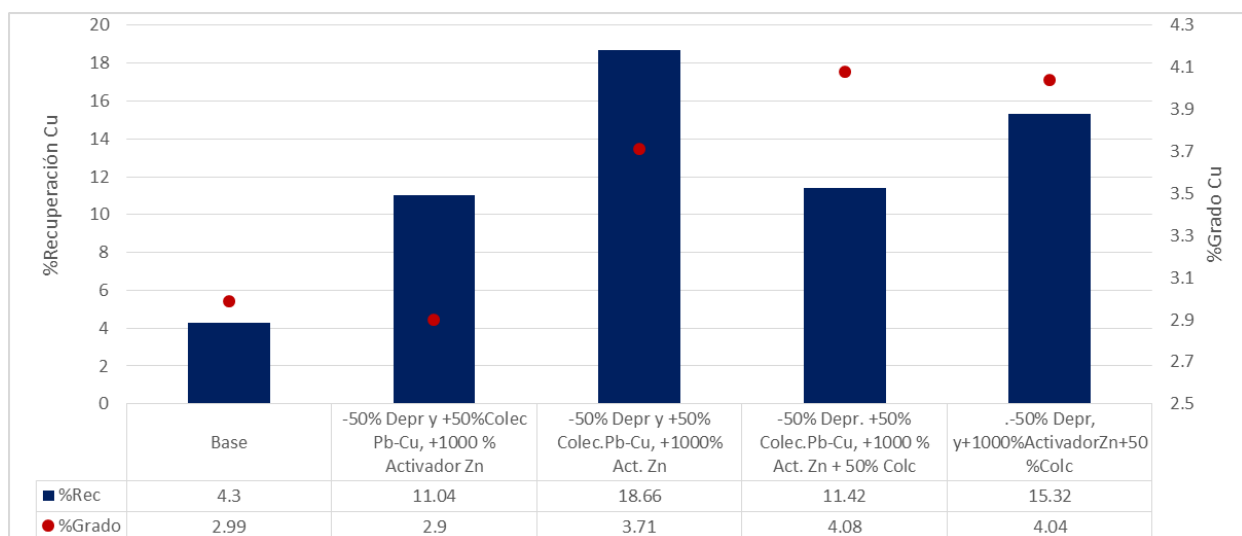


Figura 8.- Grado vs recuperación de Cu con diferentes ajustes de reactivos para el Barreno "B".

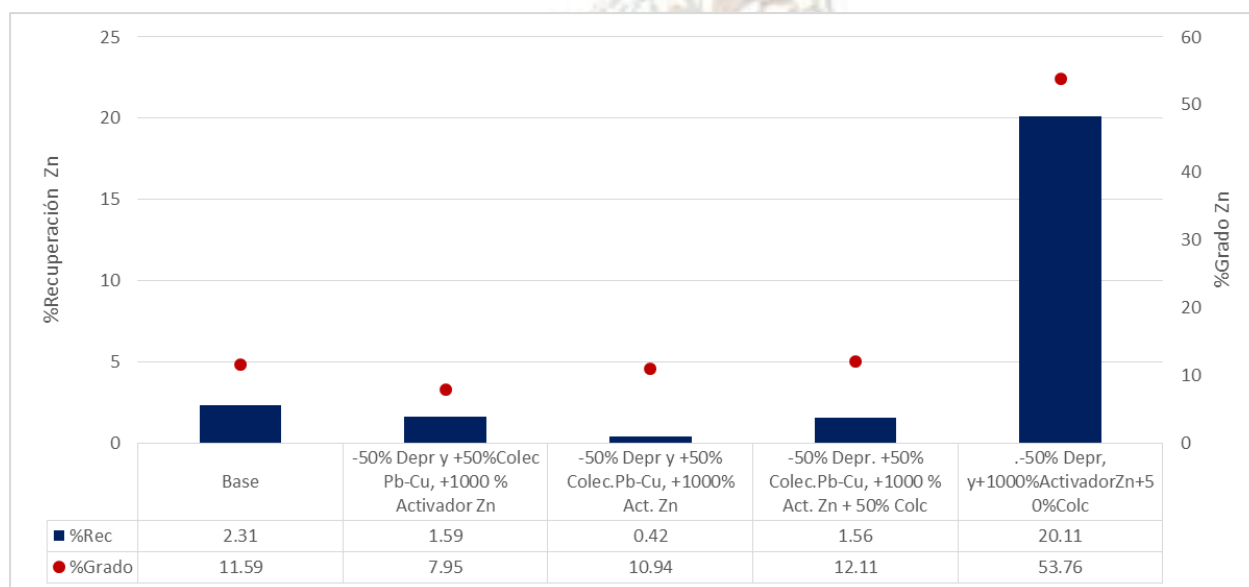


Figura 9.- Grado vs recuperación de Zn con diferentes ajustes de reactivos para el Barreno "B".

Para entender mejor el comportamiento se envió una muestra del concentrado de zinc a caracterización mineralógica, revelando que la calcopirita se encontraba libre, confirmando la falta de un ajuste de reactivos en la etapa Pb-Cu para mejorar su recuperación (Tabla 9). Sin embargo, parte del zinc que se encuentra con inclusiones de calcopirita en tamaños de micras, se considera de difícil liberación lo cual seguirá

afectando la distribución del cobre en zinc, ya sea contaminado el concentrado de cobre con zinc o el cobre corriéndose a la flotación de zinc.

Tabla 9.- Conteo de partículas en concentrado de Zinc del barreno “B”.

MUESTRA	%	LEY	MIN-MAX	PROM.	MIN-MAX	PROM.
CALCOPIRITA	30.00	0.33	10 ~ 64	29.67		
ESFALERITA ASOCIADA A CALCOPIRITA	50.00	0.55	40 ~ 99	70.60	13 ~ 17	16.00
ESFALERITA CON INCLUSIONES DE CALCOPIRITA	20.00	0.22	128 ~ 215	171.50	5 ~ 9	7.00

CONCLUSIONES

- La diferencia en dosificaciones y resultados de ambos barrenos, demuestran la importancia de experimentar las cargas de mineral antes de ser alimentadas a planta, con la finalidad de tener procesos estables. Hay una diferencia en dosificación de reactivos para circuito Pb-Cu del 20% más respecto a la propuesta por planta. Lo que impactaría al proceso con bajas recuperaciones, grados no comerciales y costos inesperados de operación, resultando en un proyecto poco costeable.
- El barreno “A” obtiene una recuperación de cobre que va de un esquema inicial propuesto por planta de 10.12% a un 52.38% en recuperación primaria. Para el concentrado de Zn se obtiene un incremento partiendo del 10.9% a un 36.93%. Este barreno presenta principalmente problemas de activación indeseada de Zn en circuito Pb-Cu, lo que afecta el grado de cobre y la distribución de zinc. El ajuste de depresores mejora el comportamiento metalúrgico del barreno.
- Para el barreno “B” se tiene una recuperación de Pb que parte de 17.92% a un 62.58%, sólo con el ajuste del colector en circuito Pb-Cu. Para cobre aumenta la recuperación primaria de 4.3% a un 15.25%. En cuanto a la distribución de Zn se aumenta de un 2.3% a un 20.11%, gran parte del zinc continúa distribuido en las colas y a lo largo del circuito de Zn (Anexo A3). Por lo cual es necesario seguir ajustando el circuito para mejorar su eficiencia.
- Se sugiere el análisis de diferentes reactivos para Zn que mejoren la cinética ya que, a lo largo de la investigación, el circuito de zinc se observó con problemas para su recuperación, requiriendo hasta un 1000% de reactivo extra respecto el de dosificación en planta para lograr la activación del Zn. Además, para la etapa de limpias un pH más bajo podría mejorar las camas de espuma, lo que conlleva a una mejor distribución en los medios de las limpias.

REFERENCIAS

El-Shall (1998) Role of zinc sulfate in depression of lead-activated sphalerite. H.E. El-Shall, International journal of Mineral processing: 2-5.

Ralston J. (1939), Activation of zinc sulphide with Cu II, Cd II y Pb II: Activation in neutral and weakly alkaline media. Department of Applied Chemistry, Swinburne Institute of Technology: 2-5

ANEXOS

Tabla A1.- Balance metalúrgico de prueba con 30% menos de depresor, 30% más de colectores Pb-Cu y más 700% de reactivos en circuito Zn, Barreno "A".

Descripción	Peso		Ensaye					% Distribución				
	Peso (g)	Peso (%)	Ag (g/t)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)	Ag (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
CONC. Pb-Cu	23.48	2.3%	5525	1.97	21.78	27.85	9	60.66	43.99	51.38	6.40	3.10
Medios 2da limpia Pb-Cu	9.15	0.9%	1849	0.83	8.02	27.89	7.12	7.91	7.22	7.37	2.50	0.95
Medios 1ra limpia Pb-Cu	37.21	3.7%	836	0.47	4.43	23.13	6.59	14.55	16.63	16.56	8.43	3.59
Agotativo Pb-Cu	31.1	3.1%	252	0.23	1.52	27.61	5.09	3.66	6.80	4.75	8.41	2.32
Conc Zn	61.69	6.1%	64	0.01	0.71	61.13	2.11	1.85	0.59	4.40	36.93	1.91
Medios 2da limpia Zn	34.2	3.4%	98	0.04	0.9	51.62	3.27	1.57	1.30	3.09	17.29	1.64
Medios 1ra limpia Zn	59.04	5.9%	127	0.1	0.79	22.49	5.86	3.51	5.61	4.69	13.00	5.07
Agotativo Zn	23.54	2.3%	140	0.18	0.81	8.03	7.29	1.54	4.03	1.92	1.85	2.51
Colas	726.58	72.2%	14	0.02	0.08	0.73	7.41	4.76	13.82	5.84	5.19	78.90
CABEZA CALCULADA	1006	100%	212.6	0.10	0.99	10	6.78	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
CABEZA ENSAYE			211	0.15	1	10.96	8.16					

Tabla A2.- Recuperaciones globales de prueba con 30% menos de depresor, 30% más de colectores Pb-Cu y más 700% de reactivos en circuito Zn, Barreno "A"

Producto	% Rec				
	Ag (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
Pb-Cu	86.78	74.65	80.06	25.74	9.97
Zn	8.46	11.53	14.10	69.07	11.13
colas	4.76	13.82	5.84	5.19	78.90

Tabla A3.- Balance metalúrgico de prueba con menos de 50% en depresores, más de 1000% activador de Zn y 50% más de colector de Zn, para Barreno "B".

Descripción	Peso (g) Peso (%)		Ensaye						% Distribución					
			Ag (g/t)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)	As (%)	Ag (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)	As (%)
Conc. Pb-Cu	26.8	2.7%	3155	51.8	4.04	3.63	5.72	0.68	36.82	62.59	15.32	0.94	1.64	0.64
Medios 3ra limpia Pb-Cu	9.24	0.9%	1880	23.76	3.27	6.36	6.41	1.06	7.56	9.90	4.28	0.57	0.63	0.34
Medios 2da limpia Pb-Cu	8.92	0.9%	1204	8.55	2.38	8.44	6.77	1.31	4.68	3.44	3.00	0.73	0.64	0.41
Medios 1ra limpia Pb-Cu	43.94	4.4%	743	5.33	1.54	11.19	7.98	1.64	14.21	10.56	9.58	4.76	3.74	2.53
Agotativo Pb-Cu	26.66	2.7%	522	3.15	1.34	11	6.23	1.82	6.06	3.79	5.06	2.84	1.77	1.70
Conc Zn	38.68	3.9%	309	0.09	1.84	53.76	6.7	0.21	5.20	0.16	10.07	20.11	2.76	0.28
Medios 3ra limpia Zn	44.53	4.5%	328	0.17	1.73	49.05	7	0.32	6.36	0.34	10.90	21.13	3.33	0.50
Medios 2da limpia Zn	21.62	2.2%	253	0.58	1.43	35.24	7.38	0.91	2.38	0.57	4.38	7.37	1.70	0.69
Medios 1ra limpia Zn	66.41	6.7%	189	0.61	1.19	30.18	7.23	1.02	5.46	1.83	11.18	19.39	5.12	2.38
Agotativo Zn	32.24	3.2%	171	0.71	1.54	23.96	6.73	1.35	2.40	1.03	7.03	7.47	2.31	1.53
Colas	678.34	68.0%	30	0.19	0.2	2.24	10.55	3.74	8.86	5.81	19.20	14.70	76.35	89.00
CABEZA CALCULADA	997.4	100%	230.3	2.22	0.71	10	9.40	2.86	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
CABEZA ENSAYE			212	2.42	0.65	11.42	8.92	2.5						

Tabla A4.- Recuperaciones globales de prueba con menos de 50% en depresores, más de 1000% activador de Zn y 50% más de colector de Zn, para Barreno "B"

Producto	% Rec				
	Ag (%)	Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)	Fe (%)
Pb-Cu	69.33	90.27	37.24	9.83	8.42
Zn	21.81	3.92	43.56	75.47	15.23
colas	8.86	5.81	19.20	14.70	76.35