



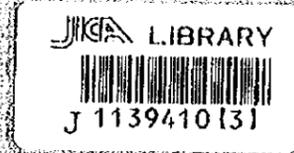
ペルー共和国
 酸化鉍処理技術協力プロジェクト総合報告書
 (現地作成版)

協力期間 JULY. 01, 1983 ← → JUNE. 30, 1989

REPUBLIC OF PERU - MINISTRY OF AGRICULTURE, IRRIGATION AND FISHERIES
 COOPERATION PROJECT WITH JAPAN FOR THE INTRODUCTION OF BISMUTH OXIDE TREATMENT TECHNOLOGY

PERU - MINISTERIO DE AGRICULTURA, RIEGO Y PESQUERÍA
 PROYECTO DE COOPERACIÓN CON JAPÓN PARA LA INTRODUCCIÓN DE LA
 TÉCNICA DE TRATAMIENTO CON ÓXIDO DE BISMUTO

THE JICA PROJECT FOR THE INTRODUCTION OF BISMUTH OXIDE TREATMENT TECHNOLOGY





1139410 [3]

INTRODUCCION

El Perú es uno de los países más importantes en la producción de minerales en el mundo, en el campo de la minería el Perú ocupa un lugar muy importante relacionado a la economía del País. El gobierno de Japón tiene una estrecha relación con este campo de la minería desde hace mucho tiempo, a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Gobierno y de empresas privadas.

El Perú, solicitó la Cooperación Técnica del Proyecto de Segregación luego del Proyecto de Seguridad Minera a través de JICA, para realizar estudios en cuanto a Minerales Oxidados, de los que se encuentran en grandes proporciones. Iniciándose así el Proyecto desde el mes de Junio de 1983. De acuerdo a la situación en que marchase el Proyecto se prorrogó 1 año más, el cual estaba programado por 5 años.

A fines del mes de Junio de 1989 se culmina el Proyecto con un éxito favorable por ambas partes. Durante el periodo de Cooperación Técnica hubieron muchos percances, sin embargo esto fué superado por ambas partes con mucha mayor confianza y acuerdo entre si. Culminándose así la construcción de la Planta Piloto la cual fué inaugurada el 22 de Julio de 1987, siendo esta fecha muy significativa.

En cuanto a las pruebas fundamentales realizadas en el Laboratorio de Segregación, se menciona del Iro. al 6to. Informe Técnico; respecto a la Planta Piloto se detalla, montaje, construcción, e instalación de maquinarias y resultado de pruebas realizadas en la Planta y diseño a nivel industrial, que será desarrollado en el futuro. También detallamos el manual de operación de la Planta, fotografías y participación de trabajos realizados en los Seminarios y Simposios. Todos estos puntos mencionados, se encuentra en este ejemplar (Informe).

Por la restricción del tiempo de Cooperación, no se ha desarrollado a perfección los Resorte Técnicos, pero se tiene la necesidad de continuar los estudios con más exactitud, para lo cual se podrán utilizar como referencia estos informes.

Esperando que los ingenieros peruanos se esfuercen en desarrollar el estudio del campo minero, culminamos este trabajo de Cooperación agradeciendo profundamente al Gobierno de Perú (INGENMET, MEM, MINERO PERU), Embajada del Japón en Lima y a todos quienes brindaron el apoyo necesario para la marcha de este Proyecto.

ING. YASUO NUKAI
DIRECTOR GENERAL
MISION JAPONESA DE SEGREGACION

最終報告書の提出にあたって

バレー共和国酸化鋳処理技術協力プロジェクト

バレー共和国は世界有数の鋳物資源保有国であり、当国経済において鋳業分野のしめる役割は非常に大きい。日本は過去長年に亘り当国鋳業分野において、私企業の進出、政府間協定による技術協力等を通じて相互に極めて深い関係を保持してきた。

国際協力事業団によるバレー国鋳山保安技術協力プロジェクトのあとを受けて、未開発資源として多量に残存する酸化銅鋳の開発に対してバレー国より技術協力の強い要請があり1983年7月1日より酸化鋳処理技術プロジェクトとして技術協力が開始された。

諸般の事情により5年の協力期間が1年延長されたが1989年6月末日をもって、当プロジェクト方式技術協力は目出度く終了する運びとなった。協力期間中には幾多の困難な現実にも直面したが、双方の信頼に基づいた協力によって着実に解決しつつ1987年7月22日、カハマルキージャにパイロットプラントの完成式典を挙行出来たことは当プロジェクトに関係する全ての人々の記憶に新しく、極めて意義深いものである。

実験室に於ける基礎試験は第1報より第6報までの報告書としてとりまとめ、パイロットプラントに関してはその建設経過記録、実験結果、将来の設計のための参考資料、操作マニュアル、写真集、その他シンポジウムにおける発表資料等を取りまとめ、ここに6年間の技術協力によって得られた結果を総合報告書として提出する。

もとより当報告書は協力期間の制約もあって完全なものではなく、今後これらを参考としてより精度の高い研究を続ける必要があり、バレー国技術者の努力を期待するものである。

最後に当プロジェクトに対して多大の協力を与えてくださったバレー国政府機関、ミネロバレー公社、日本国駐バレー大使館、JICA事務所等に対して深い感謝の意を表するものである。

1989年6月23日

バレー共和国酸化鋳処理技術協力プロジェクト

総括 向井 靖雄

目次

1: 技術報告

- 1-1 ベレンゲーラ鉱セグレグーション基礎試験報告書
第1報 - 第6報
Informe Técnico Pruebas Fundamentales de Segregación Minerales Oxidados Refractarios de Cobre Elementos Asociados (Informe 1-6)
- 1-2 パイロットプラント試験報告書
- 1-3 セグレグーションパイロットプラント機械設備-建設工事 報告書
- 1-4 ベレンゲーラ鉱山セグレグーションプラント建設試案
Algunas recomendaciones importantes para el tratamiento a nivel industrial del mineral de berenguela por el proceso de segregación
- 1-5 鉱山保安プロジェクト供与浮選機による浮選試験報告書

2: 国内鉱山冶金学会講演資料編

- 2-1 第三回冶金学会講演資料
III Simposim de ingeniería metalúrgica pruebas de segregación del mineral de berenguela.
- 2-2 第四回冶金学会講演資料
IV Simposim de ingeniería metalúrgica pruebas de segregación del mineral de Berenguela.
- 2-3 第五回冶金学会講演資料
V Simposim procesamiento de minerales oxidados refractarios de cobre y elementos asociados.
- 2-4 科学技術振興協会出展資料
Encuentro y exposición de nuevas tecnologías realizadas por con cytec.
- 2-5 サンマルコス大学(冶金部)講演資料
Informe Técnico sobre Procesamiento de Oxido de Cobre en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3: セグレグーションセミナー講演資料

- 3-1 Future Trends of nonferrous smelting and refining.
Sakichi Goto
Prof. Emeritus The University of Tokyo
- 3-2 セグレグーション基礎試験結果報告試験
Pruebas Fundamentales de Segregación.
Ing. Kinzo Asari
Ing. Jorge Quispe
Ing. Mercedes Misari
- 3-3 ベレンゲーラ鉱に対する自生粉砕の応用
Molienda Semi Autógena aplicada al Mineral de Berenguela.
Ing. Isao Shintani
Ing. Pedro Huaman

- 3-4 ベレンゲーラ鉱山セグレゲーションプラント建設試案
 Algunas recomendaciones importantes para el tratamiento a nivel Industrial del Mineral de Berengueta por el proceso de Segregación.
 Ing. Masahide Nakao
 Ing. Félix Cárdenas
- 3-5 セグレゲーションプロセスの浮選について
 Aspectos principales de la Flotación de Calcinas provenientes del Proyecto de Segregación.
 Ing. Kinzo Asari
 Ing. Masao Nakamura
 Ing. Carlos Valencia

4：研修員の成果報告書

- 4-1 日本研修 Ing. Eleuterio León R.
 4-2 Ing. Félix Cárdenas-Quím. Elvira Pereyra.
 4-3 Ing. Jorge Quispe-Quím. Olga Paredes.
 4-4 Quím. Rosa Alonzo-Ing. Manuel Paz M.
 4-5 Ing. Fernando Zegarra-Ing. Carlos Valencia.
 4-6 メキシコ研修 Informe Técnico sobre Pruebas de Segregación con Mineral de Santa Rosalia de México.
 Ing. Masahide Nakao-Ing. Jorge Quispe.
 4-7 Ing. Mercedes Misari-Quím. Julia Parra.

5：専門家派遣実績および主要業務実施事項

- 6：パイロットプラント操作基準書
 Manual de Operación de Planta Piloto de Segregación(3t/día)

7：写真集

INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE AERONÁUTICA Y ESPACIO

PROMOCIÓN DE SECRETACIÓN DE
MINERALES OXIDADOS Y REFRACTARIOS DE COBRE
Y ELEMENTOS ASOCIADOS

SECRETARÍA DE ECONOMÍA
SECRETARÍA DE ENERGÍA
SECRETARÍA DE HACIENDA Y FISCALÍA

PRIMER INFORME TÉCNICO
PRUEBAS FUNDAMENTALES DE SEGREGACION
DEL MINERAL DE BERENGUELA

PROYECTO DE SEGREGACION DE MINERALES
OXIDADOS REFRACTARIOS DE COBRE Y ELEMENTOS ASOCIADOS

CONVENIO PERU (INGEMMET) Y JAPON (JICA)

INDICE

1).- INTRODUCCION	1
2).- METODOLOGIA DE PRUEBAS	2
3).- PROCESO DE SEGREGACION	3
4).- PRUEBAS DE SEGREGACION	4
5).- RESULTADOS	9
6).- CONCLUSIONES	25
7).- INVESTIGACION PROPUESTA	29
8).- FOTOGRAFIAS	31
9).- REFERENCIA	34

1. INTRODUCCION

El Perú es conocido como un país eminentemente minero, por sus reservas de minerales como: Cu, Pb, Zn, Fe, Ag, Au, W, Sn y otras especies.

Mineralógicamente los minerales de cobre se pueden clasificar como sulfuros y óxidos. Históricamente en el Perú se han desarrollado numerosas investigaciones para el tratamiento de sulfuros de cobre pero en muy pequeña escala para el tratamiento de los óxidos de cobre que existen en el Perú.

Generalmente el tratamiento de los minerales oxidados de cobre es por flotación y lixiviación; pero se tiene el inconveniente que cuando se presenta una matriz de CaCO_3 en el mineral va a dar lugar a un alto consumo de H_2SO_4 , implicando mayores costos. El proceso de lixiviación es aplicable solamente para silicatos de cobre pero con la desventaja de que no es posible recuperar ni Ag ni Au. Y por otro lado la flotación de la crisocola es bastante difícil.

Sin embargo, el proceso de segregación es aplicable para ambos tipos de minerales: silicatos y carbonatos, lográndose recuperar Ag y Au como aleación (Ag - Au) ó como mono-metálico (Ag ó Au). Los Expertos Japoneses del Proyecto de Segregación hicieron aplicación de este proceso en el tratamiento de minerales oxidados en la Planta de Segregación de la Mina "Katanga" de 150 TM/día de capacidad, ubicada en la Provincia de Chumbivilcas departamento del Cuzco; habiéndose obtenido en cuanto a:

- A- Un mayor conocimiento sobre el proceso de segregación.
- B- Aplicación de la Tecnología de Segregación a nivel de Planta Industrial.

En base a estos antecedentes, el Gobierno del Perú solicitó un Convenio de Cooperación Técnica al Gobierno del Japón, para el tratamiento de estos minerales oxidados por el proceso de segregación.

El MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, ha encargado al INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO (INGEMMET) realizar esta Cooperación Técnica ante el Gobierno del Japón (JICA) iniciándose así, el Proyecto de "Segregación de Minerales Oxidados Refractarios de Cobre y Elementos Asociados", desde Octubre de 1983. A la fecha sigue desarrollándose pruebas metalúrgicas a nivel fundamental, que servirán de base para la aplicación de este proceso a los minerales oxidados del Perú.

2.- METODOLOGIA DE PRUEBAS DE SEGREGACIÓN

Este reporte de pruebas de segregación a nivel fundamental tiene por objeto, dar a conocer los trabajos realizados en equipo, conformado por los Expertos y la Contraparte Peruana, para la transferencia de la Tecnología de Segregación; utilizándose para dicho fin el mineral de la Mina Berenguela mineral constituido por óxidos con alto contenido de Mn, cuarzo, calcita, Ag y Cu; Además se caracteriza por presentar una estructura amorfa es decir, no cristalizada.

Este mineral ha sido estudiado anteriormente por diversos procesos metalúrgicos tales como lixiviación y flotación, de los cuales no se conocen buenos resultados. Sin embargo se tienen referencias acerca de los resultados favorables de la aplicación del proceso de segregación con el mineral de Berenguela, siendo necesario realizar mayores investigaciones al respecto.

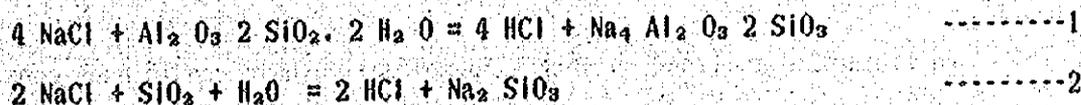
Por esta razón, hemos visto por conveniente profundizar esta investigación utilizando los parámetros ya estudiados.

3.- PROCESO DE SEGREGACION

Según los estudios realizados por diversos investigadores indican que las reacciones del proceso de segregación son bastante complicadas, quedando algunos aspectos por esclarecer, pero teóricamente podemos asumir que las reacciones fundamentales del proceso son 3, siendo las siguientes:

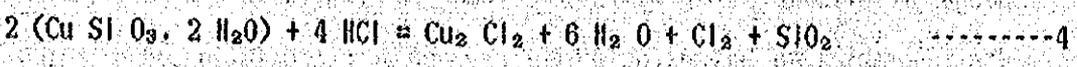
1era. Reacción

El NaCl reacciona con la ganga produciendo HCl gaseoso (1,2)



2da. Reacción

El HCl gaseoso reacciona con el mineral oxidado, produciendo cloruro de cobre gaseoso (3,4).



3ra. Reacción

Seguidamente el cloruro de cobre gaseoso es reducido a cobre metálico sobre la superficie del coke (5).



Este cobre metálico es recuperado por flotación obteniéndose un concentrado con alta ley de cobre.

4.- PRUEBAS DE SEGREGACION (Parte Experimental)

Las pruebas metalúrgicas se efectuaron mediante la aplicación de métodos estadísticos, en 2 niveles siendo los parámetros variables: temperatura de segregación y cantidad de coke y sal con el objeto de lograr óptimas condiciones de segregación.

La flotación del producto segregado se realiza bajo condiciones constantes.

4.1 FLOW SHEET DEL PROCESO DE SEGREGACION

El proceso de segregación ha sido desarrollado por el siguiente Flow Sheet en la Fig. #4.1 (Ver pág. 6) y las condiciones de las pruebas se indican en la Tabla # 4.1.

Las pruebas se realizan en un Horno Eléctrico Tubular tipo estático como se indica en la Fig. #4.2

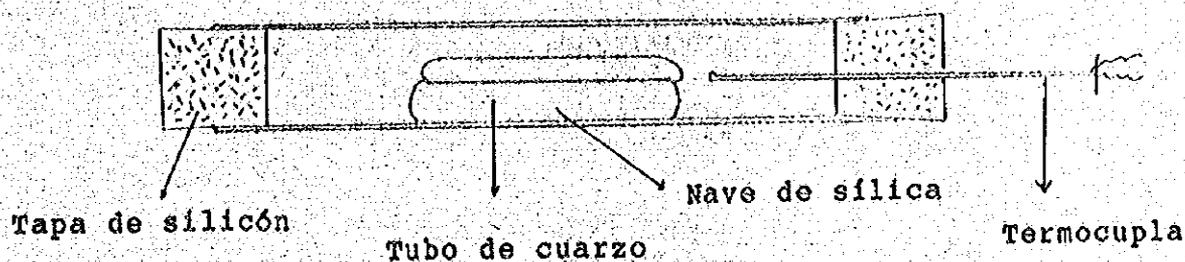
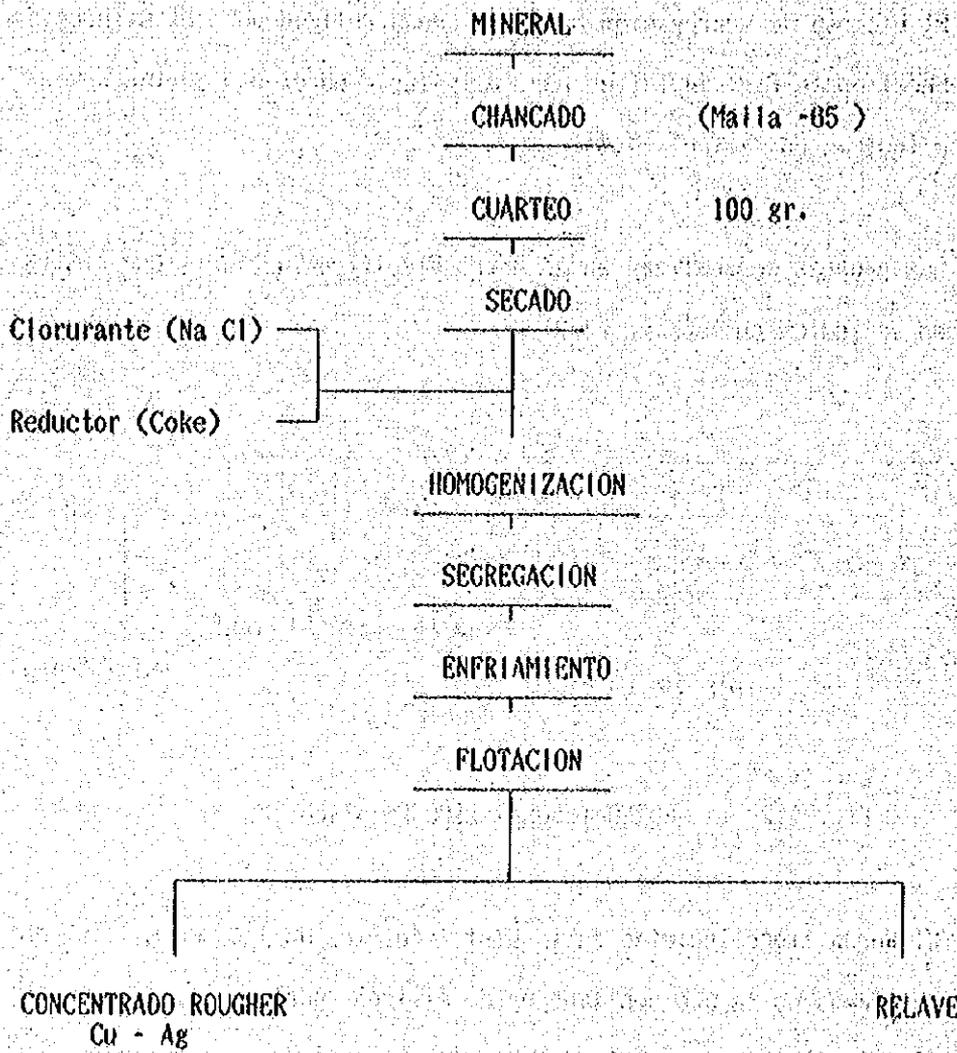


Fig. 4.2 HORNO TUBULAR TIPO ESTÁTICO

El horno tiene incluido en la parte céntrica un tubo de sílica, en ambos extremos es tapado con tapones de silicón para evitar ambiente oxidante; los gases producidos durante las pruebas de segregación son descargados en el lavador de gases.

La muestra de mineral de -65 mallas mezclado con el coke y el NaCl son cargados en la base de la navicilla de sílica con su respectiva tapa, siendo introducido al interior del tubo de sílica del horno



7.

por el tiempo de 1/2 hora para producir el producto segregado, luego se retira la navetilla de sílica con bastante cuidado para ser llevado al interior de una cámara de enfriamiento indirecto con agua, para posterior tratamiento por flotación.

Las condiciones de las pruebas se indican en la Tabla # 4.1, siendo los parámetros variables, tomados en dos niveles.

Temperatura de Segregación	700 °C	800 °C
Clorurante : Na Cl	0.3 gr.	0.6 gr.
Reductor : Coke	5 gr.	10 gr.

TABLA # 4.1 CONDICIONES OPERATIVAS

pruebas #	SEGREGACION			FLOTACION
	Temperatura* (°C)	Clorurante (gr)	Reductor (gr)	
1	700	0.3	5	Colector: Amil Xantato 200 gr/T Z-200 100 gr/T Kerosene 50 gr/T Espumantes: Aceite Pino 100 gr/T Tiempo Flot. 10 min.
2	700	0.3	10	
3	700	0.6	5	
4	700	0.6	10	
5	800	0.3	5	
6	800	0.3	10	
7	800	0.6	5	
8	800	0.6	10	

* La temperatura indicada es la registrada por la temperatura del horno (de auto regulación \pm °C) cerca a la navetilla; al concluirse cada prueba se mide la temperatura con el pirómetro, tomando la temperatura de la zona céntrica del horno; el cual registra una diferencia de aproximadamente \pm 50 °C.

4.2 MUESTRAS UTILIZADAS

Se seleccionaron 4 muestras, de los muestreados en Mayo de 1984 en la Mina Berenguela, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones

TABLA # 4.2 MUESTRAS UTILIZADAS

Nomenclatura	Nombre del punto Muestreado	Característica Química	Leves Químicas		
			Cu%	Ag gr/T	Mn%
A	N° 1	Composito Min. Perú	1.88	340	17.3
B	N° 18	Alto contenido de Ag	1.58	1,850	22.3
C	Esmeralda Lado Sur	Alto contenido de Mn	1.40	510	22.8
D	N° 13	Bajo contenido de Mn	1.24	34	7.3

5. - RESULTADOS

El cálculo de Recuperación se hace en función a la relación del contenido metálico de cabeza (constante) y el producto segregado (concentrado). La pérdida metálica puede considerarse por las siguientes causas:

- Proceso de Segregación
- Manipuleo de la muestra

Siendo la de mayor consideración la ocasionada en el proceso de segregación. (Vaporización de cobre y plata).

5.1 ANALISIS

5.1.A MINERAL A : Berenguela # 1

Los análisis de los resultados se hace en función a la: Temperatura, Clorurante, la interrelación de ambas variables y reductor.

TABLA # 5-1-A Muestra : A #1 RESULTADOS

N	Nombre	Peso %	LEY		RECUPERACION		CONDICION
			Cu%	Ag g/T	Cu%	Ag%	
1	Cabeza	100.0	1.88	340	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.3 % Coke: 5 %
	Concentrado	11.0	10.60	2500	62.0	80.9	
	Relave	78.8	0.98	40	40.2	9.3	
	Pérdida				2.2	9.8	
2	Cabeza	100.0	1.88	340	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.3 % Coke: 10 %
	Concentrado	14.9	6.84	1820	54.2	79.8	
	Relave	80.3	1.00	53	42.7	12.5	
	Pérdida				3.1	7.7	
3	Cabeza	100.0	1.88	340	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.6 % Coke: 5 %
	Concentrado	24.5	6.04	1240	78.8	89.4	
	Relave	66.5	0.53	43	18.7	8.4	
	Pérdida				2.6	2.2	
4	Cabeza	100.0	1.88	340	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.6 % Coke: 10 %
	Concentrado	19.1	8.26	1600	83.9	89.9	
	Relave	72.2	0.33	26	12.7	5.5	
	Pérdida				3.4	4.6	
5	Cabeza	100.0	1.88	340	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.3 % Coke: 5 %
	Concentrado	16.9	10.84	1880	97.4	93.4	
	Relave	66.4	0.07	20	2.4	3.9	
	Pérdida				0.2	3.7	
6	cabeza	100.0	1.88	340	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.3 % Coke: 10 %
	Concentrado	13.6	12.40	2260	89.7	90.4	
	Relave	73.3	0.20	50	7.8	10.8	
	Pérdida				2.5	1.2	
7	Cabeza	100.0	1.88	340	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.6 % Coke: 5 %
	Concentrado	16.3	11.32	1880	98.1	90.1	
	Relave	65.9	0.11	26	3.8	5.0	
	Pérdida				1.9	4.9	
8	Cabeza	100.0	1.88	340	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.6 % Coke: 10 %
	Concentrado	22.1	8.36	1440	98.3	93.6	
	Relave	63.4	0.09	40	3.0	7.5	
	Pérdida				1.3	1.1	

RESPECTO A LA RECUPERACION DE CU

TABLA 5-1-A-1 Análisis de Varianza

Variables	S	Ø	V	F		
A (Temperatura)	1,404.5	1	1,404.5	72.6	**	$F_4^1 (0.01) = 21.2$
B (Clorurante)	392	1	392	20.4	*	$F_4^1 (0.05) = 7.71$
A x B	180.5	1	180.5	9.4	*	
C (Reductor)	(12.5)					
E Error	77	4	19.25			
TOTAL	2054	7				

() Incluido en error ** 1%
* 5%

RESPECTO AL RECUPERACION DE AG

TABLA 5-1-A-2 Análisis de Varianza

Variables	S	Ø	V	F		
A (Temperatura)	98	1	98	39.2	**	$F_4^1 (0.01) = 21.2$
B (Clorurante)	50	1	50	20.0	*	$F_4^1 (0.05) = 7.71$
A x B	50	1	50	20.0	*	
C Reductor	0					
E Error	10	4	2.5			
TOTAL	208	7				

** 1%
* 5%

Se observa:

- Que la recuperación tanto en Cu como en Ag, tienen niveles de significancia parecidas en cuanto a la temperatura, clorurante y a la interrelación de ambas variables.
- También se observa que a la temperatura de 800 °C y 0.6% de clorurante las recuperaciones de cobre y plata son altas.
- Gráfico de estas interrelaciones se encuentran en la Pág. # 13

5.1.B MINERAL B: Punto 18 (Alto contenido de Ag)

Se procede en igual forma que en Mineral A (Berenguela N° 1).

RESPECTO AL LA RECUPERACION DE CU

TABLA 5-1-B-1 Análisis de Varianza

Variabes	S	Ø	V	F		
A (Temperatura)	1,485	1	1,485	40.1	**	$F_4^1 (0.01) = 21.2$
B (Clorurante)	465	1	465	12.6	*	
A x B	741	1	741	20.0	*	$F_4^1 (0.05) = 7.71$
C (Clorurante)	(1)					
E Error	148	4	37			
TOTAL	2839	7				

() Incluido en error

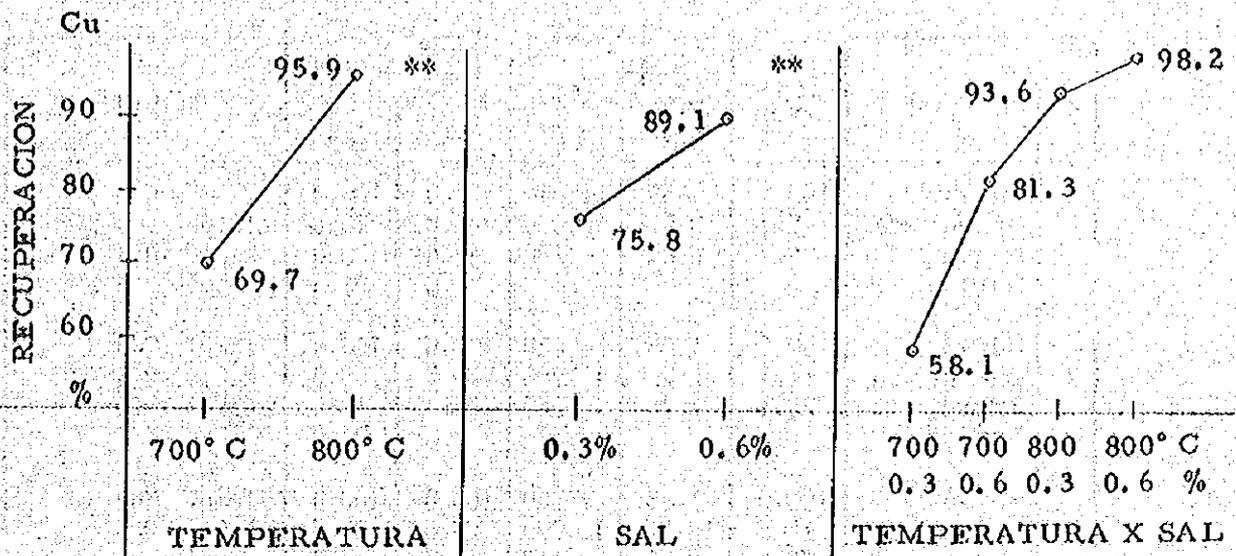
**
*

1%
5%

RELACION ENTRE SAL Y TEMPERATURA

RECUPERACION Cu

5-1-A-1



** 1%

* 5%

RELACION ENTRE SAL Y TEMPERATURA

RECUPERACION Ag

5-1-A-2

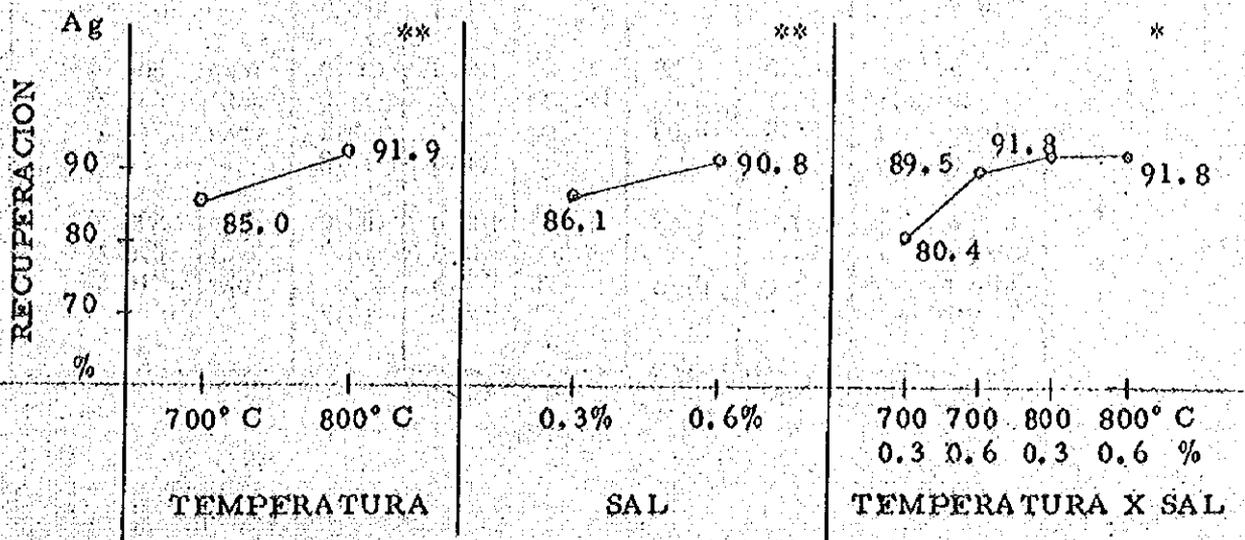


TABLA 5-1-B MUESTRA B # 18 RESULTADOS

Nº	NOMBRE	PESO	LEY		RECUPERACION		CONDICION
			Cu%	Ag g/T	Cu%	Ag%	
1	Cabeza	100.0	1.58	1.850	100.0	100.0	
	Concentrado	8.7	8.5	15.000	48.8	70.5	Temp: 700 °C
	Relave	82.7	0.85	180	44.4	8.0	NaCl: 0.3 %
	Pérdida				8.9	21.5	Coke: 5 %
2	Cabeza	100.0	1.58	1.850	100.0	100.0	Temp: 700 °C
	Concentrado	11.1	5.2	11.000	36.7	66.0	NaCl: 0.3 %
	Relave	80.1	1.1	230	55.7	10.0	Coke: 10 %
	Pérdida				7.6	24.0	
3	Cabeza	100.0	1.58	1.850	100.0	100.0	Temp: 700 °C
	Concentrado	10.6	10.3	15.000	69.0	85.9	NaCl: 0.6 %
	Relave	79.5	0.35	110	17.7	4.7	Coke: 5 %
	Pérdida				13.3	9.4	
4	Cabeza	100.0	1.58	1.850	100.0	100.0	Temp: 700 °C
	Concentrado	17.3	7.5	17.000	82.3	84.2	NaCl: 0.6 %
	Relave	75.5	0.17	70	8.2	3.7	Coke: 10 %
	Pérdida				9.5	12.1	
5	Cabeza	100.0	1.58	1.850	100.0	100.0	Temp: 800 °C
	Concentrado	9.3	15.0	17.000	88.6	88.5	NaCl: 0.3 %
	Relave	75.3	0.08	70	3.8	3.0	Coke: 5 %
	Pérdida				7.6	11.5	
6	Cabeza	100.0	1.58	1.850	100.0	100.0	Temp: 800 °C
	Concentrado	14.7	9.36	10.000	87.3	79.5	NaCl: 0.3 %
	Relave	73.1	0.14	140	6.3	5.5	Coke: 10 %
	Pérdida				6.4	15.0	
7	Cabeza	100.0	1.58	1.850	100.0	100.0	Temp: 800 °C
	Concentrado	13.1	10.48	11.000	86.7	77.9	NaCl: 0.6 %
	Relave	66.9	0.09	90	3.8	3.3	Coke: 5 %
	Pérdida				9.5	18.8	
8	Cabeza	100.0	1.58	1.850	100.0	100.0	Temp: 800 °C
	Concentrado	13.2	7.1	8.000	81.6	78.7	NaCl: 0.6 %
	Relave	66.5	0.22	220	9.5	8.1	Coke: 10 %
	Pérdida				8.9	13.2	

RESPECTO A LA RECUPERACION DE AG

TABLA 5-1-8-2

Análisis de Varianza

Variables	S	Ø	V	F		
A (Temperatura)	24.5	1	24.5	5.1		
B (Clorurante)	72.0	1	72.0	15.0	*	$F_{2,3}^1 (0.01) = 34.1$
A x B	220.5	1	220.5	45.9	**	$F_{2,3}^1 (0.05) = 10.1$
C (Clorurante)	12.5	1	12.5	2.6		
E Error	14.5	3	4.8			
TOTAL	344	7				

** 1%
* 5%

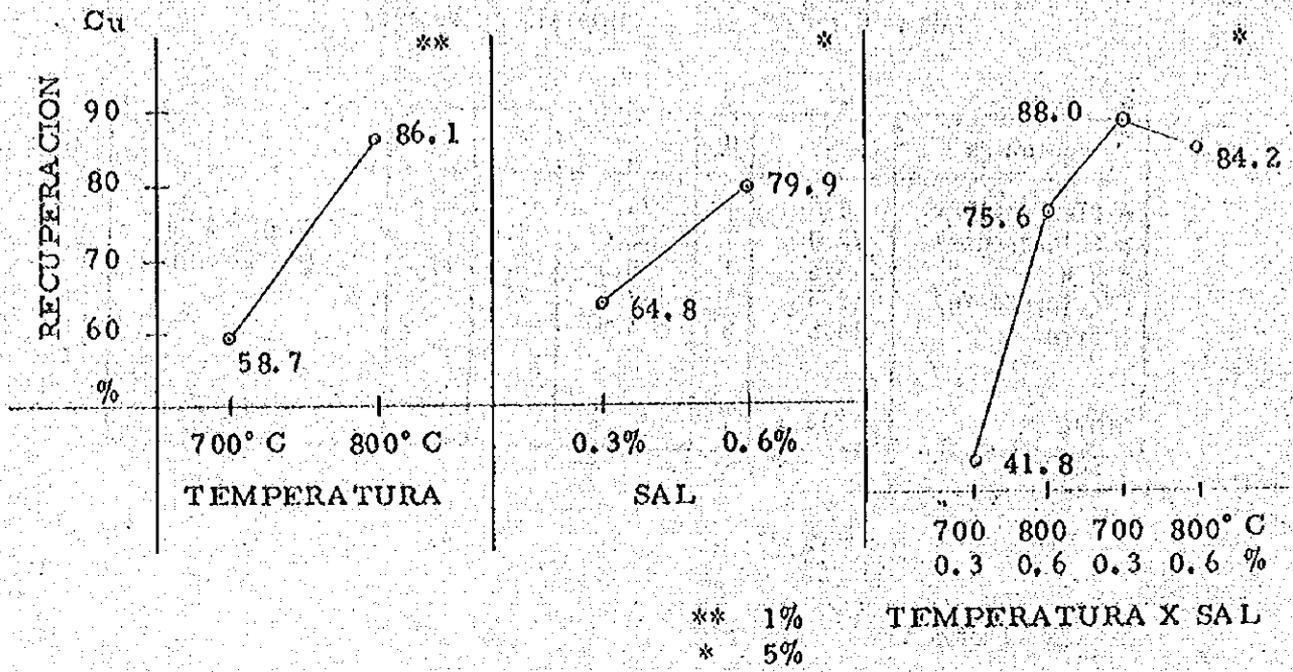
Se observa :

- En cuanto a la recuperación de Cu, las variables; Temperatura y Clorurante y su interrelación entre ambos, tienen nivel de significancia en el proceso.
- La recuperación de Cu es mayor en 800 °C que a 700 °C, también la recuperación de Cu es mayor con 0.6% de clorurante.

RECUPERACION ENTRE SAL Y TEMPERATURA

RECUPERACION Cu

5-1-B-1



RECUPERACION ENTRE SAL Y TEMPERATURA

RECUPERACION Ag

5-1-B-2

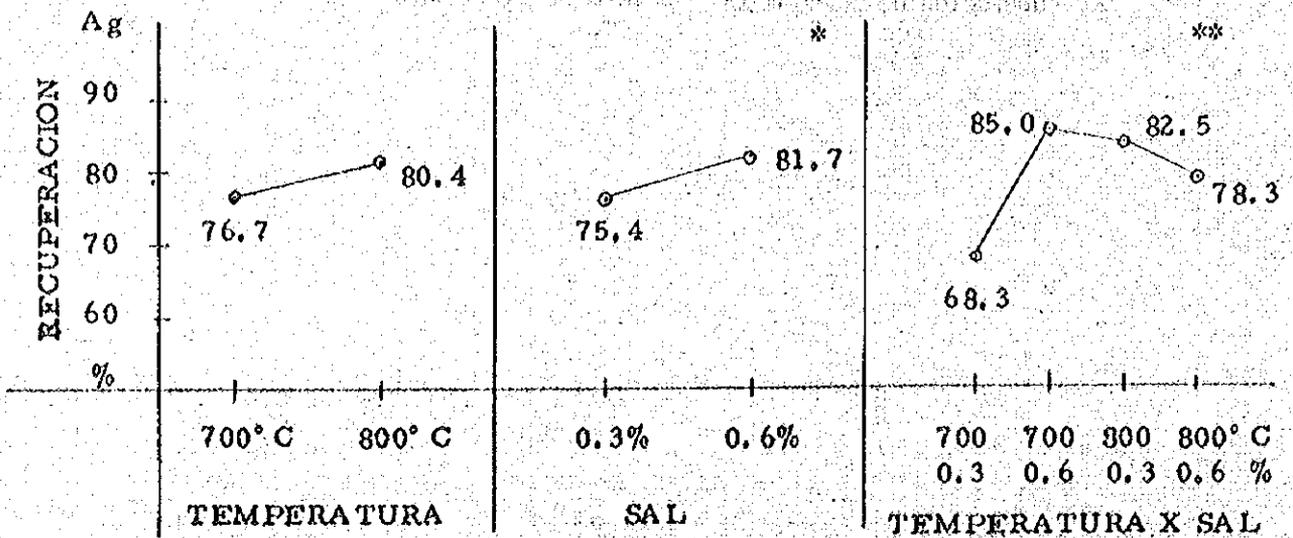


TABLA 5-1-C MUESTRA C ESMERALDA - RESULTADOS

	Nombre	Peso %	LEY		RECUPERACION		CONDICION
			Cu%	Ag g/t	Cu%	Ag%	
1	Cabeza	100.0	1.40	510	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.3 % Coke: 5 %
	Concentrado	12.0	8.2	2700	70.3	63.5	
	Relave	75.7	0.41	60	22.1	8.9	
	Pérdida				7.6	27.6	
2	Cabeza	100.0	1.40	510	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.3 % Coke: 10 %
	Concentrado	17.5	5.70	2200	71.4	75.5	
	Relave	78.4	0.30	40	17.1	6.1	
	Pérdida				11.5	18.4	
3	Cabeza	100.0	1.40	510	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.6 % Coke: 5 %
	Concentrado	13.6	8.3	2600	80.7	69.3	
	Relave	72.4	0.16	40	8.8	5.7	
	Pérdida				10.7	25.5	
4	Cabeza	100.0	1.40	510	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.6 % Coke: 10%
	Concentrado	15.3	7.50	2100	82.1	63.0	
	Relave	78.5	0.14	60	7.9	9.2	
	Pérdida				10.0	27.8	
5	Cabeza	100.0	1.40	510	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.3 % Coke: 5 %
	Concentrado	16.1	7.5	2600	86.4	82.1	
	Relave	65.3	0.04	30	2.1	3.8	
	Pérdida				13.6	14.1	
6	Cabeza	100.0	1.40	510	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.3 % Coke: 10 %
	Concentrado	18.4	6.64	2100	87.1	75.8	
	Relave	66.3	0.13	60	6.4	7.7	
	Pérdida				6.5	16.5	
7	Cabeza	100.0	1.40	510	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.6 % Coke: 5 %
	Concentrado	11.0	11.0	3900	86.4	84.1	
	Relave	70.5	0.08	60	4.2	8.3	
	Pérdida				9.4	7.6	
8	Cabeza	100.0	1.40	510	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.6 % Coke: 10 %
	Concentrado	16.9	7.1	2200	85.7	72.9	
	Relave	67.0	0.09	50	4.2	6.6	
	Pérdida				10.1	20.5	

- En cuanto a la plata se observa nivel de significancia en la variable cloruyente y en la Interrelación entre Temperatura y Cloruyente.
- La variable reductor no tiene significancia ni en la recuperación de Cu ni Ag.

5.1.C MINERAL C: Esmeralda Lado Sur (Alto contenido de Mn).

Siendo analizado en igual forma que el Mineral A.

RESPECTO A LA RECUPERACION DE CU

TABLA 5-1-C-1 Análisis de Varianza

Variables	S	Ø	V	F		
A (Temperatura)	210	1	210	210	**	$F_4^1 (0.01) = 21.2$
B (Cloruyente)	45	1	45	45	**	
A x B	66	1	66	66	**	$F_4^1 (0.05) = 7.75$
C (Cloruyente)	(1)					
E Error	4	4	1			
TOTAL	325	7				

() Incluido en error ** 1%
* 5%

RESPECTO A LA RECUPERACION DE AG

TABLA 5-1-C-2 Análisis de Varianza

Variables	S	0	V	F		
A (Temperatura)	253.25	1	253.25	8.55	*	$F_0^1 (0.01) = 13.7$
B (Clorurante)	(8.25)					$F_0^1 (0.05) = 5.99$
A x B	(3.25)					
C (Reductor)	(15.25)					
E Error	177.75	6	29.62			
TOTAL	431	7				

() Incluido en error * 5%

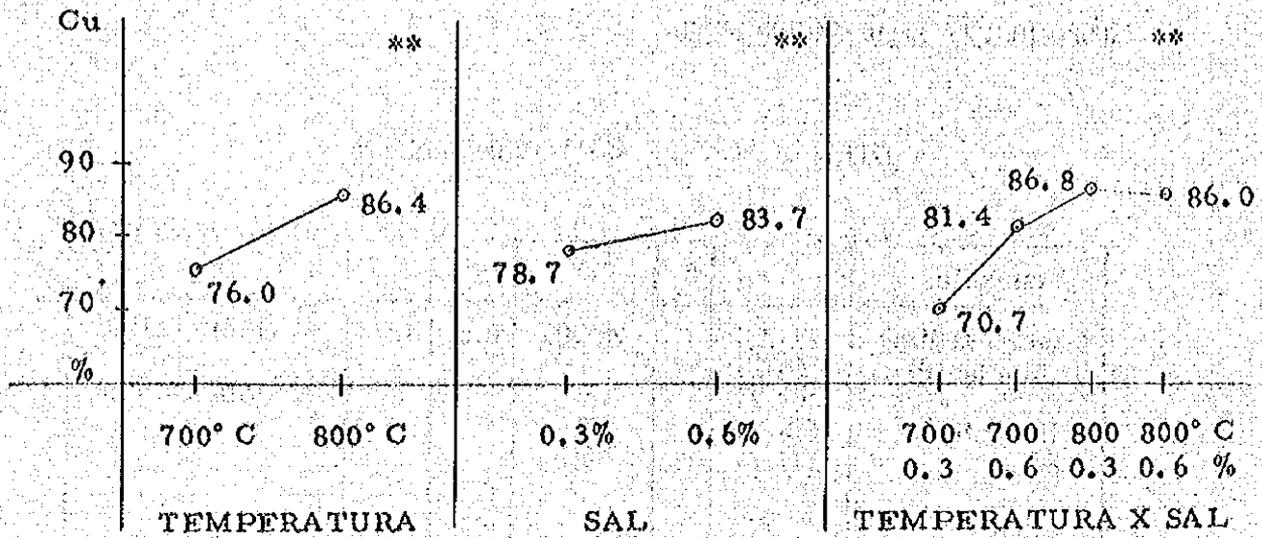
Se observa:

Que en minerales con alto contenido de Mn (22.8%) la relación entre la recuperación de Cu y Ag hay variabilidad; notándose un mayor nivel de significancia del (1%) en las variables: Temperatura, clorurante y la interrelación de ambas, en cuanto al Cobre lo que no ocurre en la recuperación de la plata que solo hay nivel significancia del (5%) en cuanto a la temperatura.

RECUPERACION ENTRE SAL Y TEMPERATURA

RECUPERACION Cu

5-1-C-1



** 1%
* 5%

RECUPERACION ENTRE SAL Y TEMPERATURA

RECUPERACION Ag

5-1-C-2

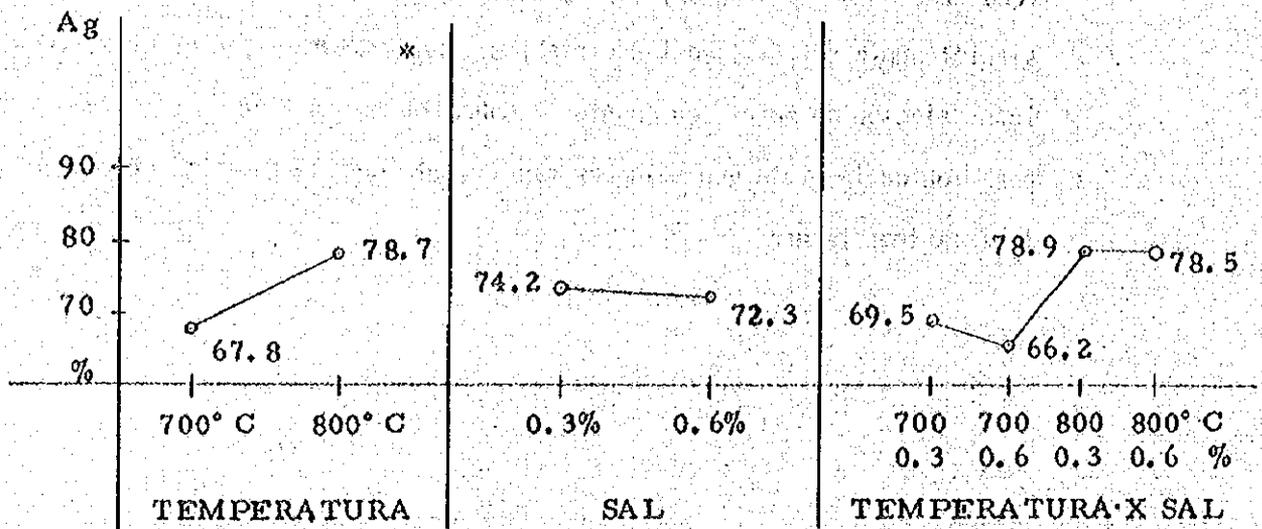


TABLA 5-1-0 MUESTRA D # 13 RESULTADOS

Nº	Nombre	Peso %	LEV		RECUPERACION		CONDICION
			Cu%	Ag g/t	Cu%	Ag%	
1	Cabeza	100.0	1.24	34.0	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.3 % Coke: 5 %
	Concentrado	24.4	2.38	85.0	46.8	61.9	
	Relave	69.4	0.78	8.8	43.5	17.9	
	Pérdida				9.7	20.2	
2	Cabeza	100.0	1.24	34.0	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.3 % Coke: 10 %
	Concentrado	21.5	2.76	101.5	47.8	64.2	
	Relave	79.8	0.88	9.7	43.8	22.7	
	Pérdida				8.4	13.1	
3	Cabeza	100.0	1.24	34.0	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.6 % Coke: 5 %
	Concentrado	15.7	5.67	143.8	71.8	66.4	
	Relave	78.1	0.31	6.4	19.3	14.7	
	Pérdida				8.9	18.9	
4	Cabeza	100.0	1.24	34.0	100.0	100.0	Temp: 700°C NaCl: 0.6 % Coke: 10 %
	Concentrado	20.3	4.44	106.0	72.7	63.3	
	Relave	80.2	0.27	7.0	17.4	16.5	
	Pérdida				9.9	20.2	
5	Cabeza	100.0	1.24	34.0	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.3 % Coke: 5 %
	Concentrado	20.8	4.47	106.2	75.0	65.5	
	Relave	66.5	0.27	6.4	13.4	12.5	
	Pérdida				11.6	22.5	
6	Cabeza	100.0	1.24	34.0	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.3 % Coke: 10%
	Concentrado	23.2	4.29	109.5	80.2	74.7	
	Relave	70.0	0.17	8.7	9.6	17.9	
	Pérdida				10.2	7.4	
7	Cabeza	100.0	1.24	34.0	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.6 % Coke: 5 %
	Concentrado	24.0	3.76	89.7	72.7	63.3	
	Relave	61.5	0.35	6.0	17.4	10.9	
	Pérdida				9.9	25.8	
8	Cabeza	100.0	1.24	34.0	100.0	100.0	Temp: 800°C NaCl: 0.6 % Coke: 10 %
	Concentrado	22.8	5.23	123.8	98.0	83.0	
	Relave	66.0	0.09	6.4	4.8	12.4	
	Pérdida				0.8	4.6	

5.1.0 MINERAL D: Punto 13 (Bajo contenido de Mn)

Analizado como los anteriores minerales.

RESPECTO A LA RECUPERACION DE CUTABLA 5-1-D-1 Análisis de Varianza

Variabes	S	g	V	F		
A (Temperatura)	946.25	1	946.25	12.56	*	$F_4^1 (0.01) = 21.2$
B (Clorurante)	496.25	1	496.25	6.59		
A x B	171.25	1	171.25	2.27		$F_4^1 (0.05) = 7.71$
C (Reductor)	(120.25)					
E Error	301.25	4	75.31			
TOTAL	1915	7				

() Incluido en error * 5%

RESPECTO A LA RECUPERACION DE AGTABLA 5-1-0-2 Análisis de Varianza

Variables	S	Ø	V	F	
A (Temperatura)	112.5	1	112.5	4.85	$F_{\alpha}^1 = (0.01) = 13.7$
B (Clorurante)	(18)				$F_{\alpha}^1 = (0.05) = 5.99$
A x B	(0.5)				
C (Reductor)	(98)				
E Error	139	8	23.7		
Total	368	7			

() Incluido en error

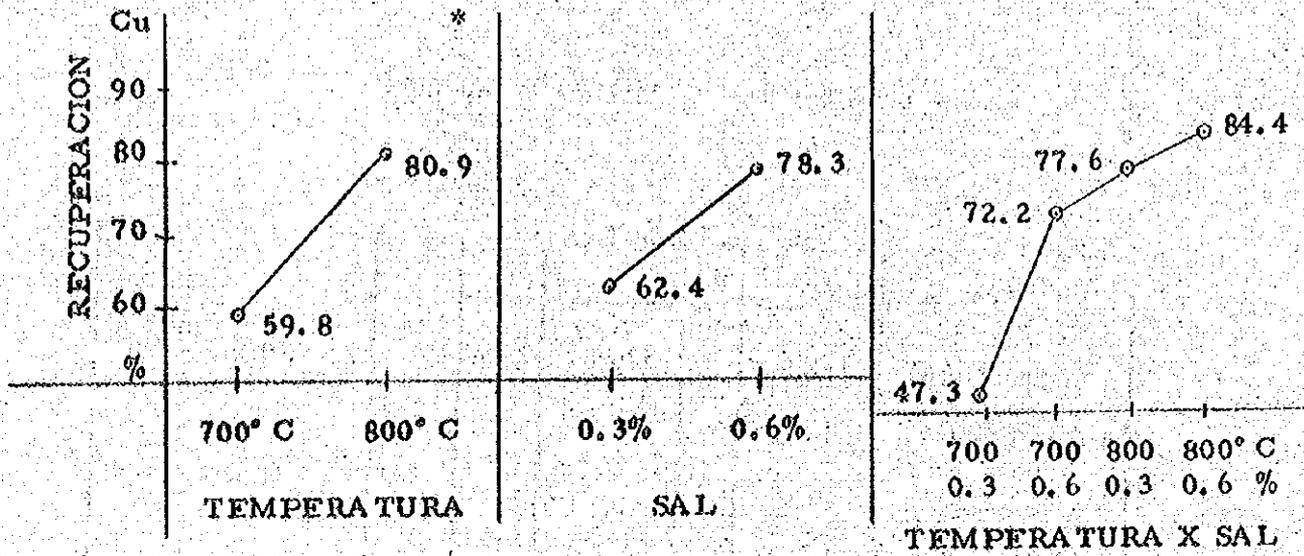
Se observa :

- En cuanto al cobre, en la influencia de la variable "A" en un nivel de significancia del 5%, sobre la recuperación del cobre, notándose que en las demás variables "B", "C" y su interrelación no tiene considerable significancia.

RELACION ENTRE SAL Y TEMPERATURA

RECUPERACION Cu

5-1-D-1

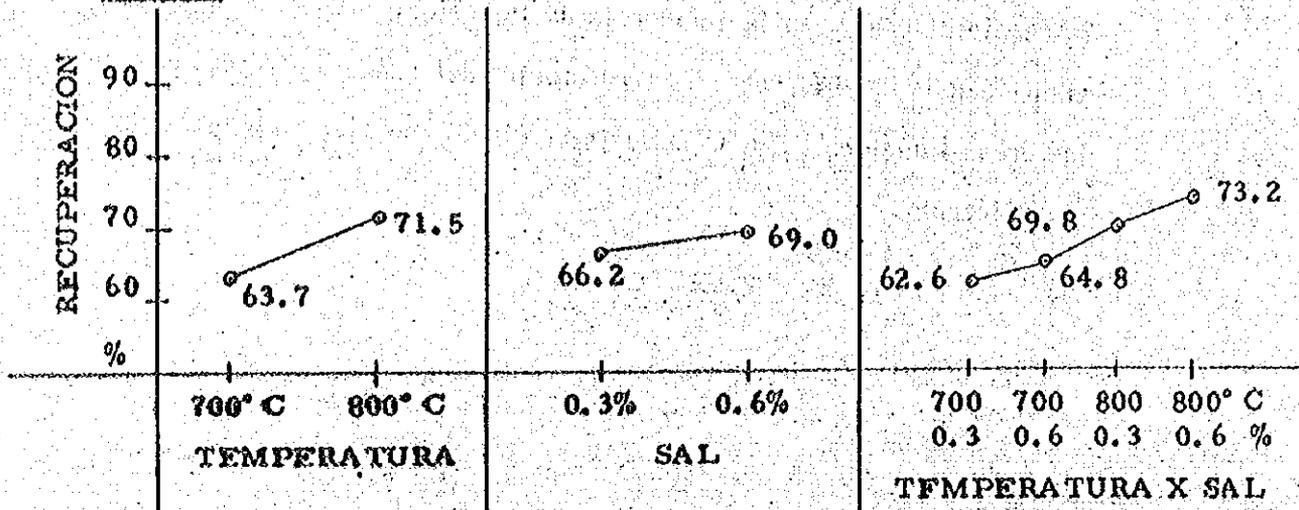


** 1%
* 5%

RELACION ENTRE SAL Y TEMPERATURA

RECUPERACION Ag

5-1-D-2



6.- CONCLUSIONES

Según los resultados de los análisis de varianza se consideran que los parámetros significantes en el proceso de segregación son los siguientes:

6.1.- TEMPERATURA

TABLA 6-1 Relación entre Temperatura VS Recuperación

Muestra	Parámetro Temp.	Recuperación Cu%		Recuperación Ag%		OBSERVACION
		800 °C	700 °C	800 °C	700 °C	
No 1		95.9**	69.7**	91.9**	85.0**	Promedio 4 pruebas
No 18		86.1**	58.7**	80.4	76.7	" "
Esmeralda Lado Sur		86.4**	76.0**	78.7*	67.8*	" "
" No 13		80.9*	59.8*	71.5	63.7	" "

** 1%
* 5%

Análisis:

- 1- La recuperación es mayor en 800 °C que en 700 °C
- 2- De acuerdo a las características químicas del mineral se nota que a la misma temperatura, presenta diferencias en su recuperación.

6.2.- CLORURANTE

TABLA 6.2 Relación entre Clorurante VS Recuperación

Muestra	Parámetro Temp.	Recuperación Cu%		Recuperación Ag%		OBSERVACION
		0.6%	0.3%	0.6%	0.3%	
Na 1		89.7*	75.8*	90.8*	86.1*	Promedio 4 pruebas " " " " " "
Na 18		79.9*	64.8*	81.7*	75.4*	
Esmeralda Lado Sur		78.7**	83.7*	72.3	74.2	
Na 13		62.4	78.3	69.0	66.0	

** 1%
* 5%

Análisis:

- 1- La recuperación es mayor en 0.6% que en 0.3% de contenido de clorurante.

TABLA 6-3 Relación entre Temperatura x Clorurante VS Recuperación

Muestra	Temp x Clor.	RECUPERACION Cu%				RECUPERACION Ag%			
		700 0.3	700 0.6	800 0.3	800 0.6	700 0.3	700 0.6	800 0.3	800 0.6
No. 1		58.1*	81.3*	93.6*	98.2*	80.4*	89.5*	91.8*	91.8*
No. 18		48.1*	75.6*	88.0*	84.2*	68.3**	85.0**	82.5**	78.3**
Esmeralda Lado Sur		70.7**	81.4**	86.8**	86.0**	69.5	66.2	78.9	78.5
No. 13		47.3	72.2	77.6	84.4	62.6	64.8	69.8	73.2

** 1%
* 5%

OBSERVACION:

La recuperación ha sido analizado por el promedio de 2 muestras.

Analisis :

Se observa la interrelación entre temperatura y clorurante, así también a mayor temperatura como 800 °C la incidencia del clorurante no presenta diferencia, como se observa con 0.3% y 0.6%.

- En minerales con alto y bajo contenido de manganeso, la recuperación no es significativa.

6.4 REDUCTOR

- 1.- Con respecto a este parámetro no presenta significancia en ninguna de las muestras estudiadas.

CONCLUSION

- 1.- La mayor recuperación se observa en 800 °C.
- 2.- El contenido del agente clorurante no presenta diferencia con alta temperatura: 800 °C, significando la importancia de la temperatura a (5g. y 10g.) de coke.
- 3.- El agente reductor no presenta significancia en el proceso.

Se recomienda realizar pruebas con temperaturas menor y mayor que 800 (temperatura óptima evaluada) para optimizar la temperatura real así también con menor cantidad de Reductor (Coke).

La interrelación entre clorurante y temperatura se debe optimizar con más pruebas.

7.- INVESTIGACION PROPUESTA

- 1- Variación de parámetros en función a las estudiadas para su optimización.
- 2- Optimizar la recuperación de Ag.
- 3- Estudio de la granulometría del mineral y del reductor.
- 4- Tratamiento previo (Precalentamiento) al proceso de Segregación.
- 5- Evaluación económica de la interrelación entre clorurante y reductor en función a la recuperación.
- 6- Se propone el uso de otros agentes clorurantes y su evaluación respecto a la recuperación.

INGENIEROS RESPONSABLES DEL DESARROLLO DE LAS PRUEBAS METALURGICAS

• Japan International Cooperation Agency (JICA)

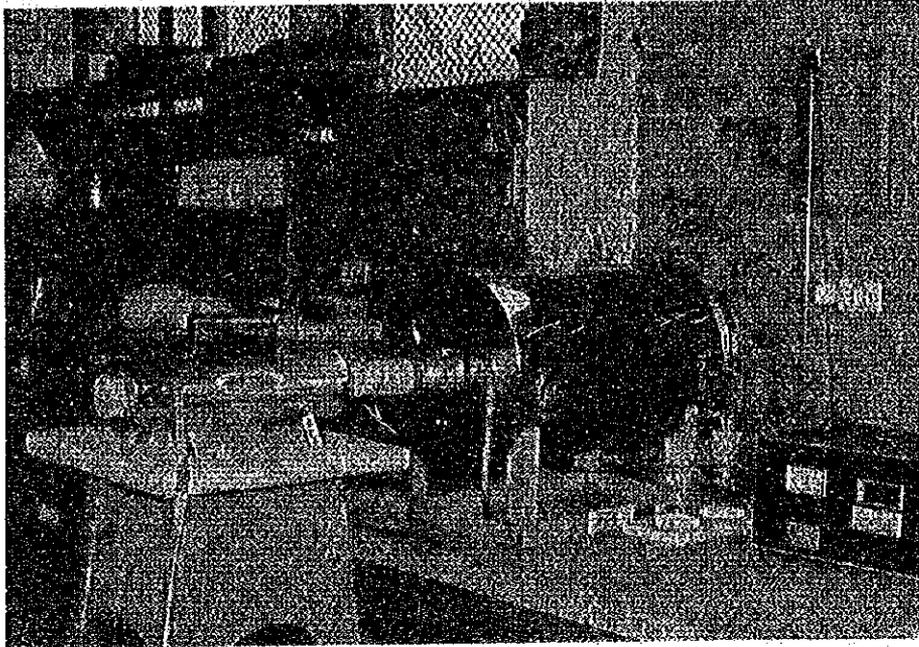
Ing. Masahide Nakao

Ing. Kinzo Asari

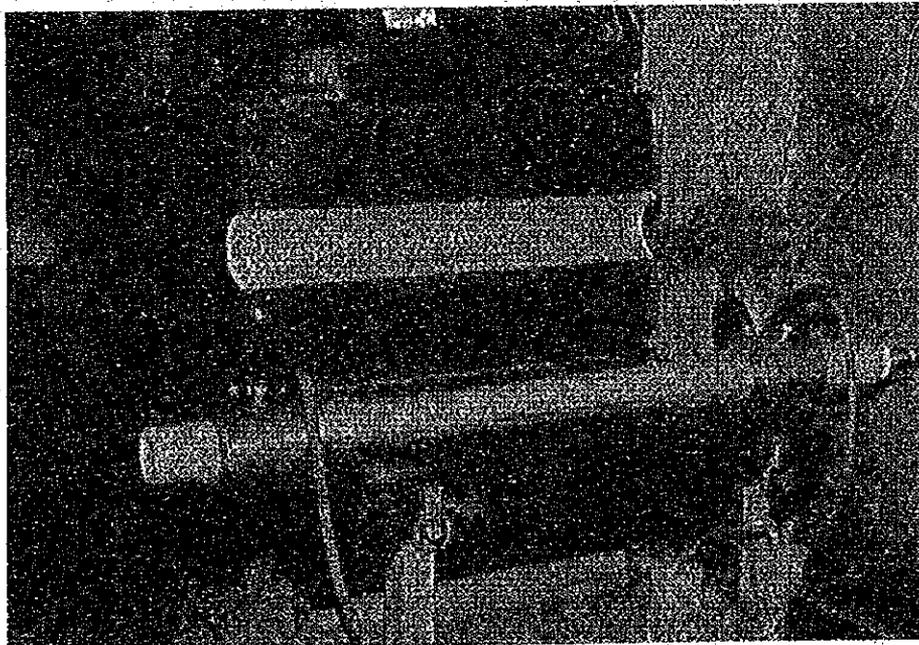
• Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

Ing. Jorge Quispe B.

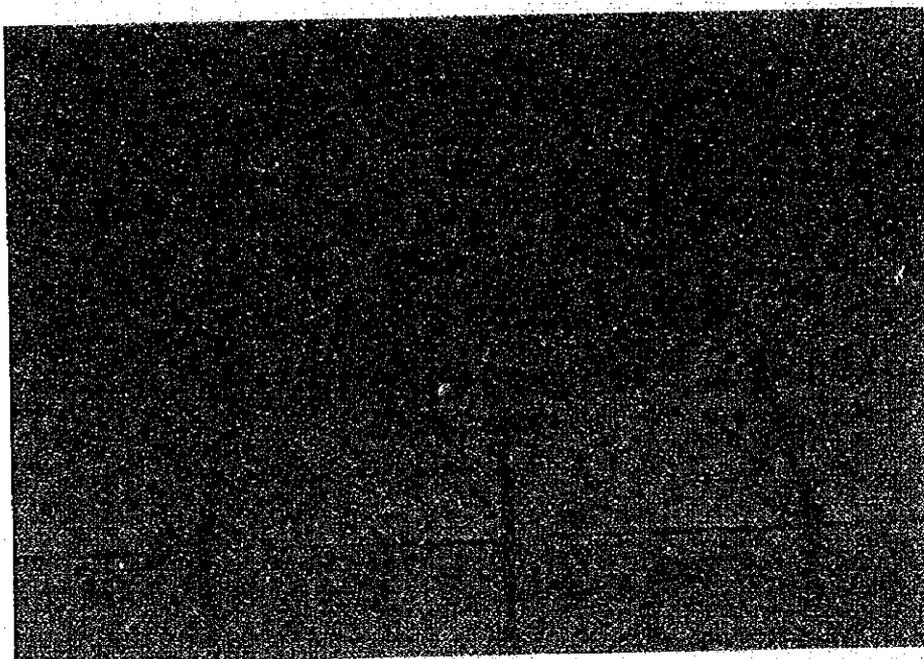
Ing. Mercedes Misari S.



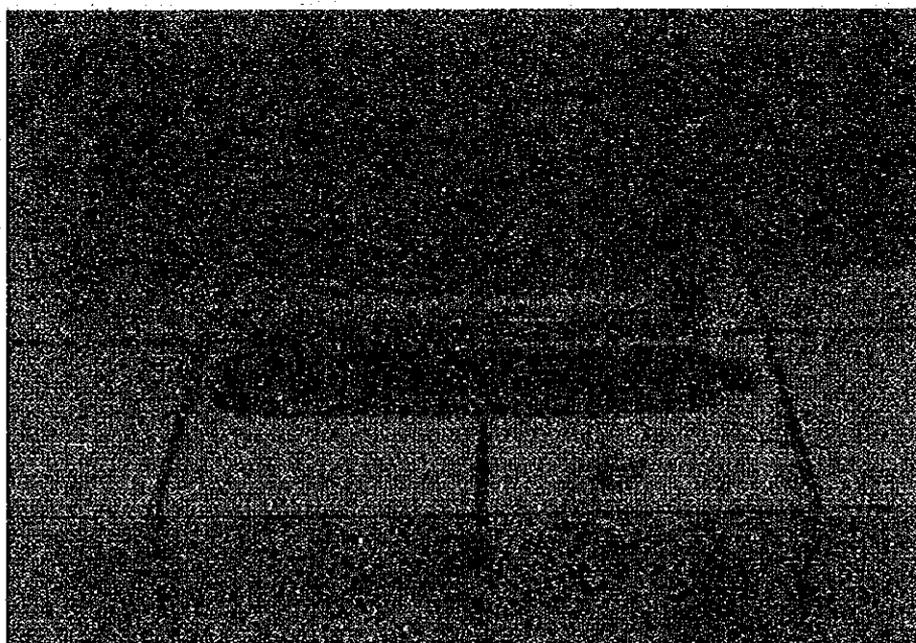
EQUIPO DE SEGREGACION PARA PRUEBA DE 100 GR.



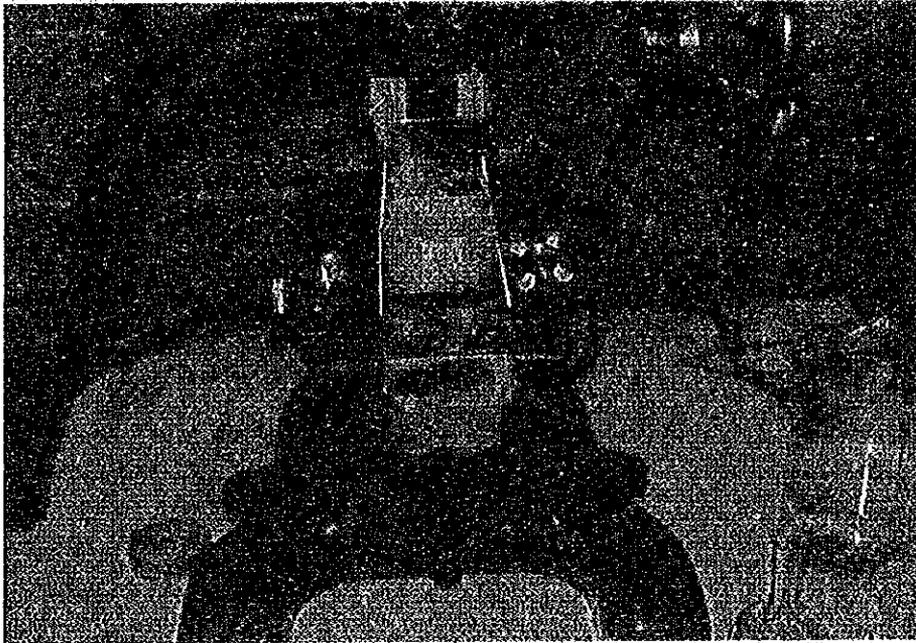
PARTE INTERNA DEL HORNO DE SEGREGACION



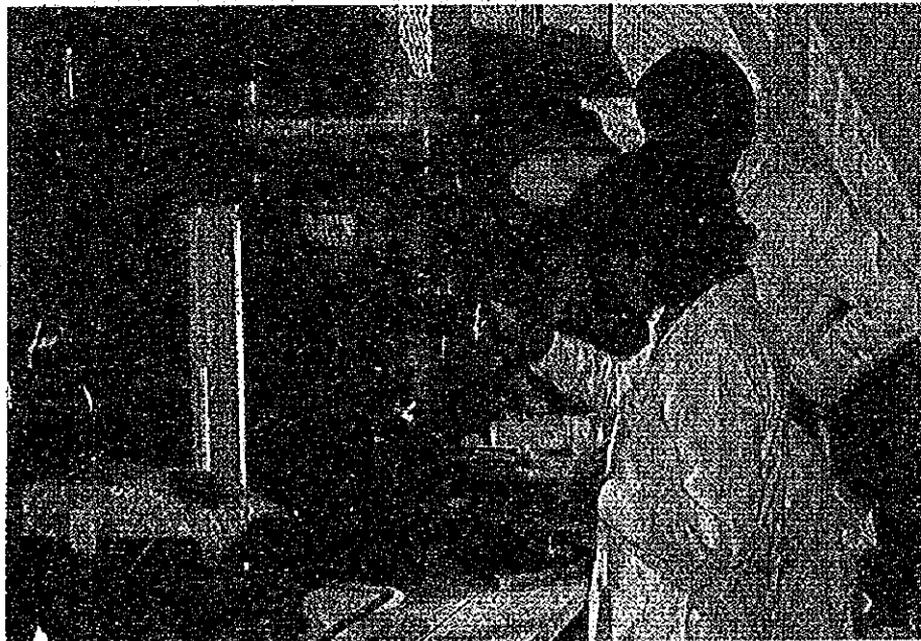
NAVE DE SILICA CON TAPA



MUESTRA SEGREGADA (PARA ALIMENTACION DEL PROCESO DE SEGREGACION)



PROCESO DE FLOTACION DE NUESTRA SEGREGADA



EQUIPO DE FLOTACION PARA PRUEBA DE 100 GR.

9.- REFERENCIASCOMENTARIOS SOBRE LA APLICACION DEL
DISEÑO EXPERIMENTAL1).- Ecuación Experimental

$$y = m + a_i + b_j + c_k + (ab)_{ij} + e$$

2).- Cuadro de Evaluación Diseño Factorial

# Prueba	Parámetro	A 1	B 2	A x B 3	C 4	e 5	e 6	e 7	Media Muestral
1		1	1	1	1	1	1	1	$y_1 - y$
2		1	1	1	2	2	2	2	$y_2 - y$
3		1	2	2	1	1	2	2	"
4		1	2	2	2	2	1	1	"
5		2	1	2	1	2	1	2	"
6		2	1	2	2	1	2	1	"
7		2	2	1	1	2	2	1	"
8		2	2	1	2	1	1	2	$y_8 - y$
									$T = \sum (y_n - y)$

y_n --- Media muestral

y --- Valor promedio de aproximada

$$CF = \frac{T^2}{N} = \frac{r^2}{8}$$

$$S_T = \sum \text{Media muestral al cuadrado} - CF$$

$$S_A = \frac{(A_1)^2 + (A_2)^2}{4} - CF$$

$$S_B = \frac{(B_1)^2 + (B_2)^2}{4} - CF$$

$$S_C = \frac{(C_1)^2 + (C_2)^2}{4} - CF$$

$$S_{AB} = \frac{(A_1 B_1)^2 + (A_1 B_2)^2 + (A_2 B_1)^2 + (A_2 B_2)^2}{2} - CF$$

$$S_{A \times B} = S_{AB} - (S_A + S_B)$$

S_T : Sumatoria de los cuadrados de las desviaciones

CF : (Factor Corrección).

3).- Análisis de Varianza

Factor	SS	θ	V	F	E (V)
A	S_A	1		V_A / V_0	
B	S_B	1	SS/θ	V_B / V_0	
C	S_C	1		V_C / V_0	
A x B	S_{AxB}	1		V_{AxB} / V_0	
e	S_0	3			
T	S_T	7			

$$S_0 = S_T - (S_A + S_B + S_C + S_{AxB})$$

$$F_0^1 (0.01) = 34.1$$

$$F_0^1 (0.05) = 10.1$$

$$F_0 > 34.1 \quad \text{----**}$$

$$F_0 > 10.1 \quad \text{----*}$$

$$F_0 < 10.1 \quad \text{----}$$

V : **Dispersión muestral**

θ : **Número de grados de libertad**

F : **Coficiente de Fisherm**

SEGUNDO INFORME TÉCNICO
PRUEBAS FUNDAMENTALES DE SEGREGACION DEL
MINERAL DE BERENGUELA

PROYECTO DE SEGREGACION DE MINERALES
OXIDADOS REFRACTARIOS DE COBRE Y ELEMENTOS ASOCIADOS

CONVENIO PERÚ (INGEMMET) Y JAPÓN (JICA)

INDICE

1.-	ANTECEDENTES	1
2.-	FLOW-SHEET PRUEBA SEGREGACION	2
3.-	CONDICIONES DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL	3
4.-	RESULTADOS	5
5.-	ANALISIS	9
6.-	CONCLUSIONES	16
7.-	FOTOGRAFIAS	20

1. ANTECEDENTES

En el 1er. Informe Técnico presentado en el mes de Junio de 1985 se realizaron pruebas fundamentales de segregación, para lograr las condiciones de segregación, para lo cual se seleccionaron las siguientes muestras :

Muestra	Procedencia	Ley Química		
		Cu	Ag	Mn
Muestra A	Minero Perú	1.88%	340 gr/t	17.3%
Muestra B	Alto contenido de Ag	1.55%	1.850 gr/t	22.3%
Muestra C	Alto contenido de Mn	1.40%	510 gr/t	22.8%
Muestra D	Alto contenido de Mn	1.24%	34 gr/t	7.3%

Estas pruebas se realizaron teniendo en cuenta 3 parámetros y a 2 niveles; temperatura (700 y 800 °C), clorurante (0.3 y 0.6%) y reductor (5 y 10%) .

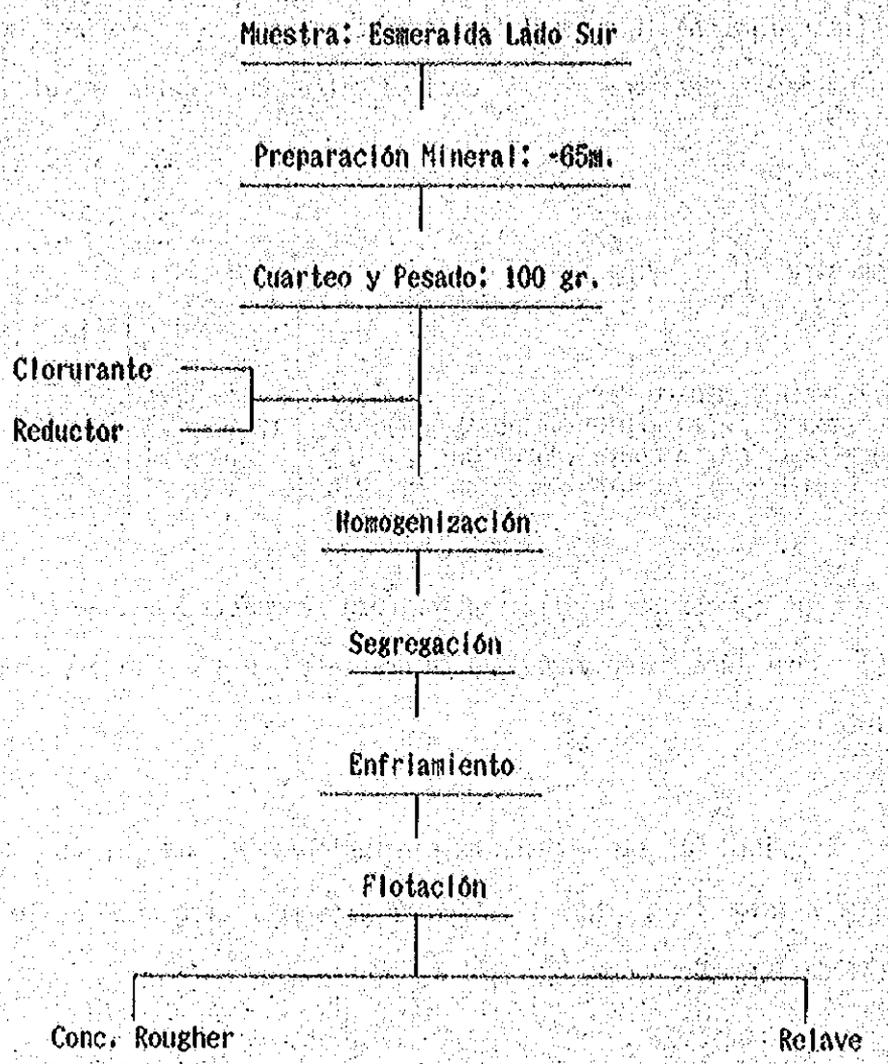
Obtuyéndose las siguientes conclusiones: el mineral de Berenguela requiere mayor temperatura para lograr alta recuperación, que cualquier mineral de óxido de cobre.

Así tenemos que a las condiciones de temperatura 700°C y clorurantes 0.6% tiende a obtenerse buen resultado; si se eleva la temperatura también se tiende a lograr buen resultado, pero empleando menor clorurante, siendo esta condición de temperatura 800°C y clorurante 0.3%.

En cuanto al reductor, no tiene influencia en el proceso.

2.- FLOW-SHEET PRUEBA SEGREGACION

Se llevarón a cabo según el siguiente Flow-Sheet.



Equipo usado

Segregación: Horno estático tipo NMS, cap. 100 gr.

Flotación : Celdas tipo MS, cap. 100 gr.

3. - CONDICIONES DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL

Se llevarón a cabo, según aplicación del método estadístico : Diseño Factorial (L₈). Realizando 2 series de pruebas.

Primera Serie, se tienen las siguientes condiciones a 2 niveles.

Tiempo Segregación	750°C	850 °C
Tratamiento Previo	Con Pre Calentamiento *	Sin Pre Calentamiento
Tipo de clorurante **	Na Cl	Ca Cl ₂

* El Pre calentamiento se efectua a 750°C por 20 minutos.

** La cantidad de clorurante es del 0.5% en peso.

Segunda Serie, las condiciones son las siguientes, a 2 niveles:

Granulometría del Reductor	-65 + 100 m	-100 m
Cantidad de Reductor	6%	4%
Tiempo de segregación	20 minutos	40 minutos

TABLA # 1

TABULACION SERIE 1

N	CONDICION SEGREGACION			CONDICION FLOTACION
	Temp. Segre	Trat. Previo	Clorurante	
1	750 °C	Con Pre Cal.	Na Cl	Colectores: KAX : 200 gr/T Z-200 : 100 gr/T Kerosene : 50 gr/T Espumantes: A.P. : 100 gr/T Tiempo de Flot.: 10 minutos
2	750 °C	Con pre Cal.	Ca Cl ₂	
3	750 °C	Sin Pre Cal.	Na Cl	
4	750 °C	Sin Pre Cal.	Ca Cl ₂	
5	850 °C	Con Pre Cal.	Na Cl	
6	850 °C	Con Pre Cal.	Ca Cl ₂	
7	850 °C	Sin Pre Cal.	Na Cl	
8	850 °C	Sin Pre Cal.	Ca Cl ₂	

TABLA # 2

TABULACION SERIE 2.

N	CONDICION SEGREGACION			CONDICION FLOTACION
	Granulometria (Red) Malla	Tiempo Segreg. Minutos	Cantidad (Red)%	
1	-65 m + 100m	20	4	Colectores: KAX : 200 gr/T Z-200 : 100 gr/T Kerosene : 50 gr/T Espumantes: A.P. : 100 gr/T Tiempo Flot.: 10 minutos
2	-65 m + 100m	20	6	
3	-65 m + 100m	40	4	
4	-65 m + 100m	40	6	
5	- 100m	20	4	
6	- 100m	20	6	
7	- 100m	40	4	
8	- 100m	40	6	

4.- RESULTADOS

TABLA N° 3 RESULTADOS SERIE 1

N	MINERAL	Peso	LEY		Recup. Cu%		Recup. Ag%		Condición Segregación
			Cu%	Ag (g/t)	A	B	A	B	
1	Cabeza	100.0	1.31	461	100.0	100.0	100.0	100.0	750°C Con Pre Calentamiento NaCl
	Cab. Calculada		(1.27)	(374)			75.4	93.0	
	Conc. Rougher	11.1	10.8	3.130	91.5	94.1	5.6	7.0	
	Relave Pérdida	74.7	0.10	35	5.7 2.8	5.9	19.0		
2	Cabeza	100.0	1.31	461	100.0	100.0	100.0	100.0	750°C Con Pre Calentamiento CaCl ₂
	Cab. Calculada		(1.23)	(387)			79.1	94.2	
	Conc. Rougher	18.0	6.6	2.025	90.6	96.7	4.8	5.8	
	Relave Pérdida	67.7	0.06	33	3.1 6.3	3.3	16.1		
3	Cabeza	100.0	1.31	461	100.0	100.0	100.0	100.0	750°C Sin Pre Calentamiento NaCl
	Cab. Calculada		(1.29)	(391)			77.3	91.1	
	Conc. Rougher	9.5	12.3	3.750	89.2	90.8	7.5	8.9	
	Relave Pérdida	79.0	0.15	44	9.0 1.8	9.2	15.2		
4	Cabeza	100.0	1.31	461	100.0	100.0	100.0	100.0	750°C Sin Pre Calentamiento CaCl ₂
	Cab. Calculada		(1.17)	(421)			83.9	91.8	
	Conc. Rougher	9.1	11.6	4.250	80.6	91.2	7.5	8.2	
	Relave Pérdida	78.1	0.13	44	7.7 11.7	8.8	8.6		

TABLA N° 3 RESULTADOS SERIE 1 (Continuación)

N	MINERAL	Peso	LEY		Recup. Cu%		Recup. Ag%		Condición Segregación
			Cu%	Ag (g/t)	A	B	A	B	
5	Cabeza	100.0	1.31	461	100.0	100.0	100.0	100.0	850°C Con Pre Calentamiento NaCl
	Cab. Calculada		(1.25)	(407)					
	Conc. Rougher	8.0	15.2	4.630	92.8	96.0	80.3	91.1	
	Relave Pérdida	72.8	0.05	44	2.8	4.0	7.9	8.9	
6	Cabeza	100.0	1.31	461	100.0	100.0	100.0	100.0	850°C Con Pre Calentamiento Ca Cl ₂
	Cab. Calculada		(1.30)	(403)					
	Conc. Rougher	6.6	18.8	5.500	94.7	95.3	78.7	90.0	
	Relave Pérdida	75.0	0.08	53	4.6	4.7	8.7	10.0	
7	Cabeza	100.0	1.31	461	100.0	100.0	100.0	100.0	850°C Sin Pre Calentamiento NaCl
	Cab. Calculada		(1.18)	(413)					
	Conc. Rougher	16.7	6.9	2.375	88.0	97.8	86.0	96.1	
	Relave Pérdida	63.7	0.04	25	1.9	2.2	3.5	3.9	
8	Cabeza	100.0	1.31	461	100.0	100.0	100.0	100.0	850°C Sin Pre Calentamiento Ca Cl ₂
	Cab. Calculada		(1.27)	(444)					
	Conc. Rougher	9.0	13.6	4.630	93.4	96.6	90.4	93.9	
	Relave Pérdida	71.0	0.06	38	3.3	3.4	5.9	6.1	

* Cabeza Calculada : $\frac{\text{Cont. Metal. Conc. Rougher} + \text{Cont. Metal. Relave}}{\text{Cabeza}}$

Ejempl: Prueba N° 1 Cu : $\frac{11.1 \times 10.8 + 74.7 \times 0.10}{100} = 1.27$

TABLA N° 4 RESULTADOS SERIE 2

N	MINERAL	PESO %	LEY		Recup. Cuf		Recup. Ag%		Condición Segregación
			Cuf	Ag (g/t)	A	B	A	B	
1	Cabeza	100.0	1.43	423	100.0	100.0	100.0	100.0	-65 + 100 malla Tiempo : 20 minutos Coke : 4%
	Cab. Calculada		(1.42)	(394)		100.0		100.0	
	Conc. Rougher	13.0	9.96	2.800	90.5	90.6	86.0	92.3	
	Relave Pérdida	72.6	0.18	42	9.1 0.4	9.4	7.2 6.8	7.7	
2	Cabeza	100.0	1.43	423	100.0	100.0	100.0	100.0	-65 + 100 malla Tiempo : 20 minutos Coke : 6%
	Cab. Calculada		(1.39)	(392)		100.0		100.0	
	Conc. Rougher	13.6	9.55	2.680	90.8	83.2	86.2	94.8	
	Relave Pérdida	73.2	0.13	38	6.7 2.5	6.8	6.6 7.2	5.2	
3	Cabeza	100.0	1.43	423	100.0	100.0	100.0	100.0	-65 + 100 malla Tiempo : 40 minutos Coke : 4%
	Cab. Calculada		(1.39)	(428)		100.0		100.0	
	Conc. Rougher	14.0	9.56	2.900	93.6	96.2	96.0	94.8	
	Relave Pérdida	66.1	0.08	34	3.4 3.0	3.8	5.3 -1.3	5.2	
4	Cabeza	100.0	1.43	423	100.0	100.0	100.0	100.0	-65 + 100 malla Tiempo : 40 minutos Coke : 6%
	Cab. Calculada		(1.38)	(415)		100.0		100.0	
	Conc. Rougher	8.5	15.00	4.350	89.2	92.5	87.4	89.0	
	Relave Pérdida	13.4	0.14	62	7.2 3.6	7.5	10.8 1.8	11.0	

TABLA N° 4 RESULTADOS SERIE 2 (Continuación)

N	MINERAL	PESO %	LEV		Recup. Cu%		Recup. Ag%		Condición Segregación
			Cu%	Ag(g/t)	A	B	A	B	
5	Cabeza	100.0	1.43	423	100.0	100.0	100.0	100.0	-100 Malla Tiempo : 20 minutos Coke : 4%
	Cab. Calculada		(1.37)	(428)		100.0		100.0	
	Conc. Rougher	8.4	15.15	4.828	89.0	92.7	95.3	94.2	
	Relave Pérdida	77.2	0.13	32	7.0	7.3	5.8	5.8	
6	Cabeza	100.0	1.43	423	100.0	100.0	100.0	100.0	-100 Malla Tiempo : 20 minutos Coke : 6%
	Cab. Calculada		(1.41)	(413)		100.0		100.0	
	Conc. Rougher	26.0	5.25	1.520	85.5	97.0	93.4	95.6	
	Relave Pérdida	59.4	0.07	30	2.0	3.0	4.2	4.4	
7	Cabeza	100.0	1.43	423	100.0	100.0	100.0	100.0	-100 Malla Tiempo : 40 minutos Coke : 4%
	Cab. Calculada		(1.41)	(416)		100.0		100.0	
	Conc. Rougher	24.2	5.68	1.640	96.1	7.3	93.8	95.4	
	Relave Pérdida	55.2	0.07	35	2.7	2.7	4.6	4.6	
8	Cabeza	100.0	1.43	423	100.0	100.0	100.0	100.0	-100 Malla Tiempo : 40 minutos Coke : 6%
	Cab. Calculada		(1.42)	(421)		100.0		100.0	
	Conc. Rougher	17.1	7.66	2.120	91.6	92.3	85.7	86.2	
	Relave Pérdida	64.5	0.17	90	7.7	7.7	13.7	3.8	

5.- ANALISIS

En el reporte anterior (N° 1), los resultados de recuperación se realizaron en función a las aleyes del mineral cabeza; en este reporte se está aplicando 2 tipos de consideraciones, para dichos cálculos en función :

Ley del mineral cabeza (A)

Ley Calculada (B)

A causa de que se observaron variación entre ambas leyes, especialmente cuando la ley de plata es baja. Los cálculos considerados son:

A: % Recuperación Mineral Cabeza =

$$\frac{\text{Conc. (gr)} \times \text{Ley Oca. de Conc.}}{\text{Cab. (gr)} \times \text{Ley Oca. de Cab.}} \times 100$$

B: % Recuperación Cabeza Calculada =

$$\frac{\text{Conc. (gr)} \times \text{Ley Oca. de Conc.}}{\text{Conc. (gr)} \times \text{Ley Oca. de Conc.} + \text{Rel. (gr)} \times \text{Ley Oca. de Rel.}} \times 100$$

En cuanto a la recuperación con respecto al mineral de cabeza, la variación que se observa con respecto a la cabeza calculada, se considera como una pérdida, que puede ser creciente (+) ó decreciente (-). Si la ley del mineral cabeza con la ley calculada coincidieran, la Recuperación en función de la cabeza calculada, en este caso no existe pérdida, el cual no permite evaluar el método de Segregación, sólo se tiene en cuenta las 2 recuperaciones en ambas es alta puede decirse que el proceso es eficiente.

TABLA N.º 5 ANALISIS DE VARIANZA SERIE 1

5.1 RECUPERACION DE Cu EN FUNCION A MINERAL CABEZA

PARAMETROS	SS	g	V	F°	OBSERVACION
A Temperatura	1,275.4	1	1,275.4	3.48	$F_8^1 = (0.01) = 16.3$
B Trat. Previo	1,653.4	1	1,653.4	4.52	
D Clorurante	276.3	1	365.8		$F_8^1 = (0.05) = 6.61$
A x B	6.4	1			
E error	1,546.7	3			
Total	4,758.1	7			

5.2 RECUPERACION DE Cu EN FUNCION DE CABEZA CALCULADA

PARAMETROS	SS	g	V	F°	OBSERVACION
A Temperatura	1,860.5	1	1,860.5	11.52 *	$F_8^1 = (0.01) = 16.3$
A x B	1,568.0	1	1,568.0	9.70 *	
B Trat. Previo	312.2	1	161.5		$F_8^1 = (0.05) = 6.61$
D Clorurante	40.5	1			
E Error	454.8	3			
Total	4,236.0	7			

Nota:

- 1- La temperatura de segregación tiene una significancia del 5% * :
 - . a 750°C , el promedio de recuperación 93.4%
 - . a 850°C , el promedio de recuperación 96.4%

- 2- Tratamiento previo x temp. , tienen una significancia del 5% * :
 - . a 750 x Precalentamiento, el promedio de recuperación 95.4%
 - . a 750 x Sin Precalentamiento, el promedio de recuperación 91.4%
 - . a 850 x Precalentamiento, el promedio de recuperación 95.7%
 - . a 850 x Sin Precalentamiento, el promedio de recuperación 97.2%

5.3 RECUPERACION DE Ag EN FUNCION MINERAL CABEZA

PARAMETRO	SS	Ø	V	F°		OBSERVACION
A Temperatura	4,581	1	4,581	4.5		$F_{\frac{1}{5}} = (0.01) = 16.3$
B Trat. Previo	7,260	1	7,260	6.7	*	
D Clorurante	2,145	1	-1,078			$F_{\frac{1}{5}} = (0.05) = 8/6$
A x B	1,431	1				
E error	1,814	3				
Total	17,501	7				

Nota:

- 1- Con el tratamiento previo se tiene una significancia del 5% * :

Con Precalentamiento, la recuperación promedio es de 78.4%

Sin Precalentamiento, la recuperación promedio es de 84.4%

5.4 RECUPERACION DE Ag EN FUNCION DE CABEZA CALCULADA

PARAMETRO	SS	Ø	V	F*		OBSERVACION
A x B	2,178	1	2,178	19.4	**	$F_{\alpha}^1 = (0.01) = 13.7$
A Temperatura	12.5	1	-112.7			$F_{\alpha}^1 = (0.05) = 5.99$
B Trat. Prevlo	284.5	1				
Ø Clorurante	24.5	1				
E error	374.5	3				
Total	2,854	7				

Nota :

- 1- Temperatura x Trat. Prevlo, tiene una significancia de 1% (alto) ** :

- a 750 x Precalentamiento, la recuperación promedio es de 93.6%
- a 750 x Sin Precalentamiento, la recup. promedio es de 91.5%
- a 850 x Precalentamiento, la recuperación promedio es de 90.6%
- a 850 x Sin Precalentamiento, la recup. promedio es de 95.0%

Esta tendencia es similar a la encontrada en cobre .

TABLA N.º 6 ANALISIS DE VARIANZA SERIE 2

6.1 RECUPERACION DE Cu EN FUNCION DE MINERAL CABEZA

PARAMETRO	SS	Ø	V	F°		OBSERVACION
B x D	3,081	1	3,081	8.26	*	$F_8^1 = (0.01) = 13.7$
A Granulometria	820	1	373.2			$F_8^1 = (0.05) = 5.99$
B Tiempo Segre.	276	1				
D Cant. Reductor	55	1				
E error	998	3				
Total	5,230					

Nota :

1- El tiempo Segre. x cantidad reductor, tienen una significancia del 5% :

- . a 20 minutos x 4%, la recuperación promedio es de 89.8%
- . a 20 minutos x 6%, la recuperación promedio es de 93.2%
- . a 40 minutos x 4%, la recuperación promedio es de 94.9%
- . a 40 minutos x 6%, la recuperación promedio es de 90.4%

6.1 RECUPERACION DE Cu EN FUNCION DE CABEZA CALCULADA

PARAMETRO	SS	Ø	V	F °		OBSERVACION
B x D	3,041	1	3,041	13.68	*	$F_{\alpha}^1 = (0.01) = 13.7$
A Granulometria	578	1	-222.4			$F_{\alpha}^1 = (0.05) = 5.99$
B Tiempo Segre.	288	1				
D Cant. Reductor	41	1				
E error	428	3				
Total	4,376					

Nota :

1.- El tiempo Segre. x cantidad de Reductor, tienen significancia del 5%:

- . a 20 minutos x 4%, la recuperación promedio es de 91.7%
- . a 20 minutos x 6%, la recuperación promedio es de 95.1%
- . a 40 minutos x 4%, la recuperación promedio es de 96.8%
- . a 40 minutos x 6%, la recuperación promedio es de 92.4%

6.3 RECUPERACION DE AR EN FUNCION DE MINERAL CABEZA

PARAMETROS	SS	Ø	V	F°	OBSERVACION
A Granulometria	1,985	1	1,985	2.66	$F_4^1 = (0.01) = 21.2$
D Cant. Reductor	4,232	1	4,232	5.68	
A x B	5,202	1	5,202	6.98	$F_4^1 = (0.05) = 7.72$
B Tiempo Segre.	50	1	745		
E error	2,929	3			
Total	14,398	7			

Nota : No hay significancia

6.4 RECUPERACION DE Ag EN FUNCION DE CABEZA CALCULADA

PARAMETROS	SS	Ø	V	F°	OBSERVACIONES
B Tiempo Segre.	1,152	1	1,115	4.66	$F_4^1 = (0.01) = 21.7$
D Cant. Reductor	2,113	1	2,113	8.92	*
B x D	3,613	1	3,613	15.1	*
A Granulometria	72	1	239		
E error	883	3			
Total	7,833	7			

Nota :

1.- La cantidad de Reductor, en sus 2 niveles, tienen una significancia del 5% * :

a 4%, tienen una recuperación promedio de 94.2%

a 6%, tienen una recuperación promedio de 90.9%

2.- La Interrelación entre tiempo de Segregación x Cantidad de Reductor tienen una significancia del 5% * :

. a 20 minutos x 4%, la recuperación promedio es 93.3%

. a 20 minutos x 6%, la recuperación promedio es 94.3%

. a 40 minutos x 4%, la recuperación promedio es 95.1%

. a 40 minutos x 6%, la recuperación promedio es 87.6%

6.- CONCLUSIONES

1.- Según el Informe # 1, con el mineral de Berenguela se han obtenido que a temperatura de 800 °C, la recuperación es mayor que a 700°C , teniendo en cuenta esta consideración, en éste grupo de pruebas se considera temperaturas cercanas a 800, es decir masomenos 50 °C(750° y 850°C). los demás parámetros son estudiados tales como: tratamiento previo, granulometría de reductor, cantidad de reductor y diversos clorurantes.

En cuanto a la cantidad y granulometría del reductor se quiere investigar la influencia de la relación de ambos; es decir que a menor tamaño de grano hay mayor superficie específica de contacto (la velocidad de reacción es rápida).

2.- Para evaluar los residuos se considera la influencia cuando hay significancia de 5%, tanto en mineral cabeza como en cabeza calculada; o cuando uno de ellos tiene el 1% de significancia.

Los parámetros considerados de influencia son:

En cuanto al cobre; se tiene una relación entre tiempo de segregación x cantidad de reductor. Es decir la recuperación mejora sensiblemente a mayor Temperatura de Segregación (40 minutos) con menor cantidad de reductor (4%, o menor temperatura de segregación (20 minutos) con una mayor cantidad de reductor 6%).

3.- Cuando existe 5% ó 1% de significancia sólo en uno de ellos, se puede decir lo siguiente :

En cuanto al Cobre

- La recuperación es mayor a 850 °C que a 750°C coincidiendo con mejora de la recuperación hacia los 800°C (informe # 1), que dando ahora para los siguientes estudios, las temperaturas entre 800 y 850 °C para optimizar éste parámetro.
- Hay una Interrelación entre Temperatura de Segregación x Tratamiento previo, es decir cuando el Tratamiento previo es menor (750°C y 20 minutos) y Temperatura Segregación (850°C), la recuperación es baja .A 850°C la recuperación es mayor cuando no hay tratamiento previo.

En cuanto a Plata

- Existe una Interrelación entre Temperatura de Segregación x Tratamiento previo al igual que en cobre.

INGENIEROS RESPONSABLES DEL DESARROLLO DE LAS PRUEBAS METALURGICAS

- Japan International Cooperation Agency (JICA)

ING. MASAHIDE NAKAO

ING. KINZO ASARI

- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

Proyecto Segregación:

ING. JORGE OS SPE BUSTAMANTE

ING. MERCEDES MISARI SANCHEZ

Sección Química:

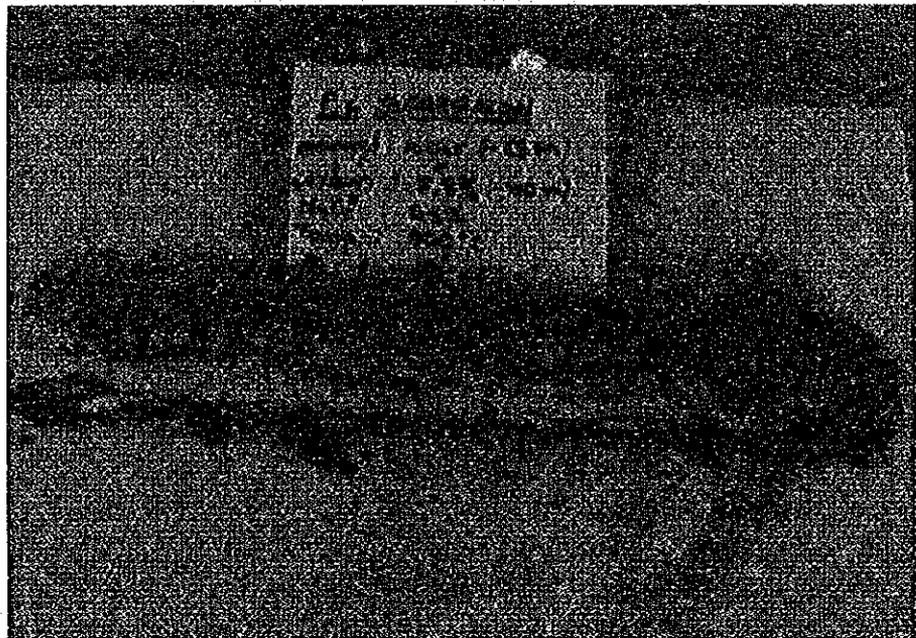
QUIM. MARIA JARA FACUNDO

QUIM. BEATRIZ PAREDES LUJAN

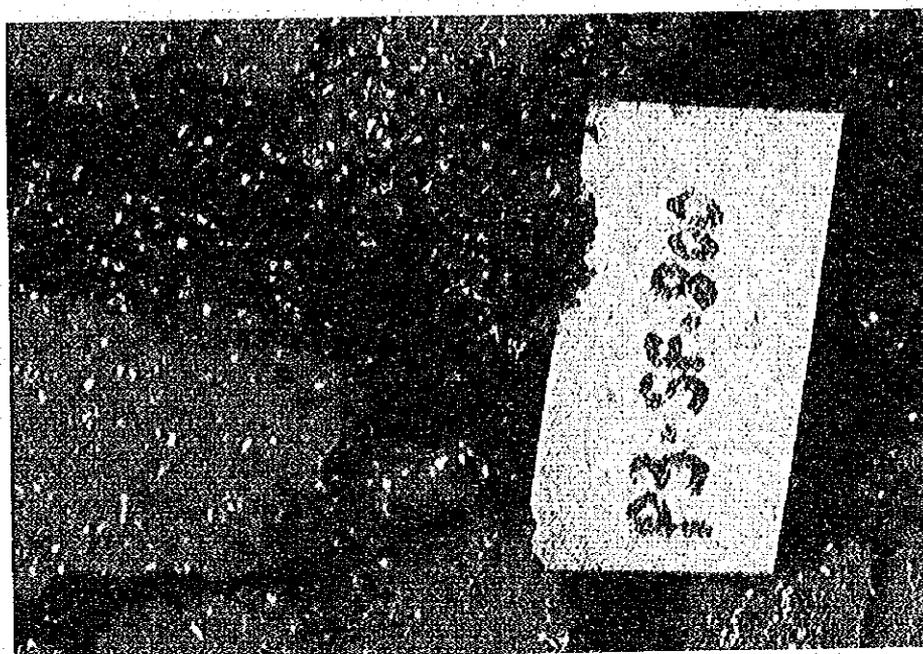
PREPARACION DE MINERAL.



PRODUCTO SEGREGADO



Cu - Ag METALICO (SEGREGADO)



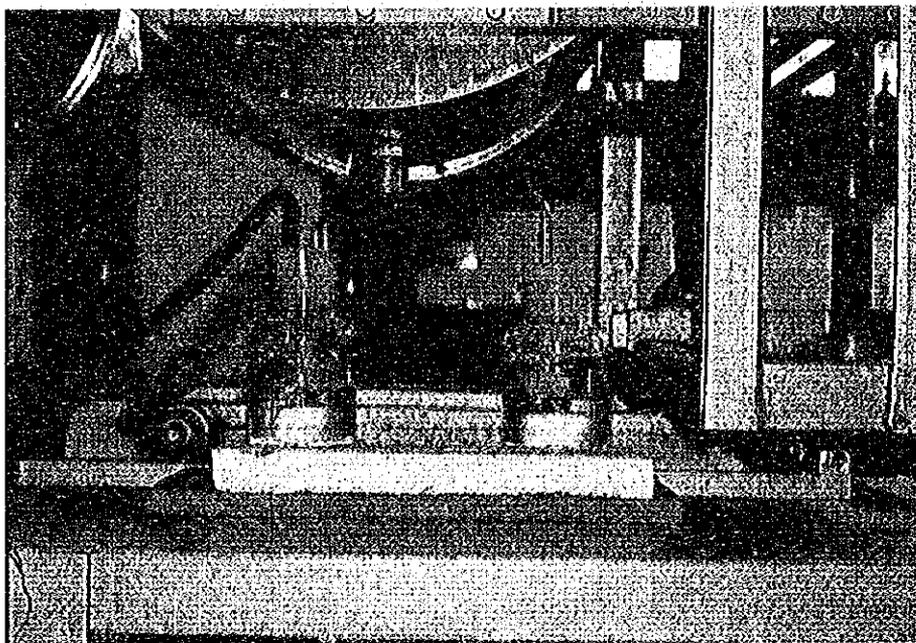
FLOTACION DEL PRODUCTO SEGREGADO



EQUIPO DE FLOTACION



LAVADOR DE GAS EN EQUIPO DE SEGREGACION



TERCER INFORME TECNICO
PRUEBAS FUNDAMENTALES DE SEGREGACION DEL
MINERAL DE BERENGUELA

PROYECTO DE SEGREGACION DE MINERALES
OXIDADOS REFRACTARIOS DE COBRE Y ELEMENTOS ASOCIADOS

CONVENIO PERU (INGENMET) Y JAPON (JICA)

INDICE

I).- INTRODUCCION	1
II).- ESTRUCTURA EN EL HORNO DE 2 Kg.	2
III).- METODOLOGIA	4
IV).- RESULTADOS	5
V).- ANALISIS DE LOS RESULTADOS	16
VI).- CONCLUSIONES	17
VII).- FOTOGRAFIAS	18

1).- INTRODUCCION

La investigación básica del proceso se inició en el horno tipo estático a nivel de 100 gr., lográndose definir parámetros de operación; estos datos son llevados a estudiar en el horno de 2 Kg., consistiendo la investigación preliminar. El objeto de éstas pruebas son:

1.- La influencia del tipo de horno Rotatorio en la recuperación. Donde el mineral y los sub materiales (reductor y clorurante) están en permanente mezcla.

1-1 Busca la velocidad de reacción para definir el tiempo de segregación y la cantidad de sub-materiales

1-2 Prever la influencia de la diferencia de granulometría entre el mineral y sub-materiales.

· Implementando el sistema estructural del horno (rastrillos cantidad y tipo).

· Velocidad de rotación.

2.- Después del proceso de segregación, por la cantidad de muestra existente, podríamos ampliar el estudio de flotación optimizando sus condiciones mediante la aplicación de métodos estadísticos y realizando más limpiezas.

3.- Nos da la oportunidad de simular condiciones a nivel de Planta Piloto (3 t/día).

11). ESTRUCTURA EN EL HORNO DE 2 Kg.

La estructura del horno rotatorio de 2 Kg. se indica en la Fig.#1
El cual se compone :

- 1- Horno eléctrico pequeño, tipo tubular
- 2- Mecanismo de rotación
- 3- Sistema de enfriamiento

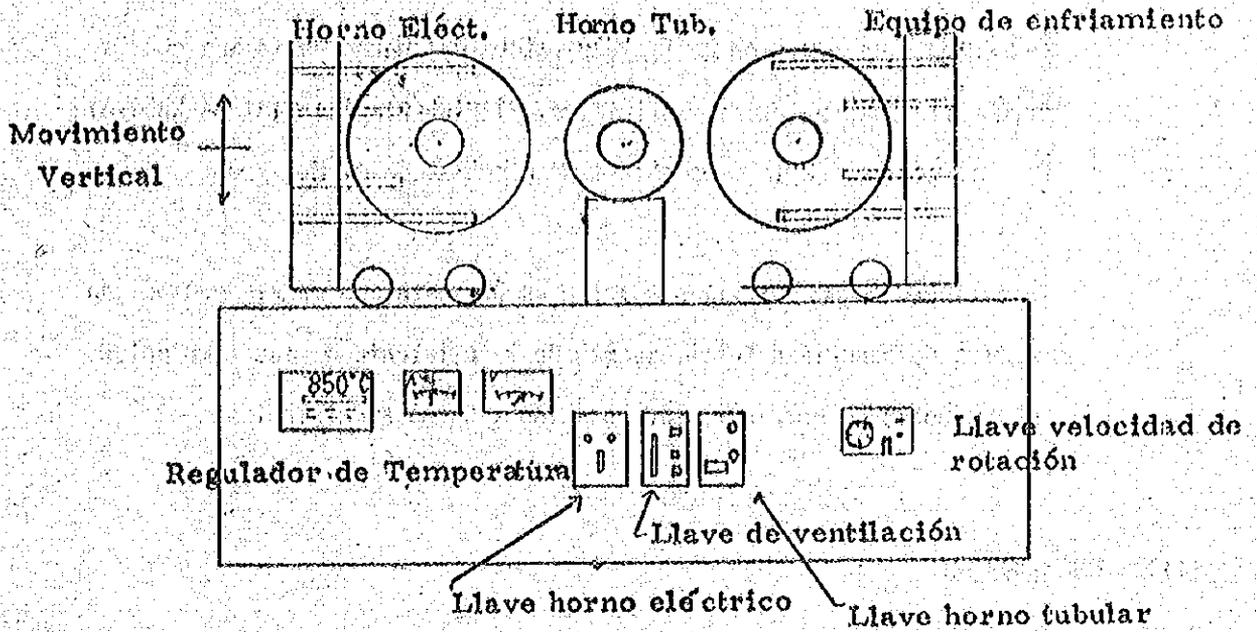
1.- El horno eléctrico (15 Kw) puede hacer movimiento vertical utilizando el pantógrafo. Su mecanismo de rotación puede cambiar fácilmente su rotación por un motor intercambiable, el cual indica el número de rotaciones.

El horno tubular es de acero inoxidable resistente al calor (900°C)- en el interior del horno hay un sistema para mezclar las muestras (planchas). El tamaño del horno tubular interiormente es de 200 m/m Ø de diámetro (cuarto de muestra) y exteriormente es de 100 m/m Ø de diámetro cuyo largo total es de 600 m/m y su carga máxima es de 2Kg.

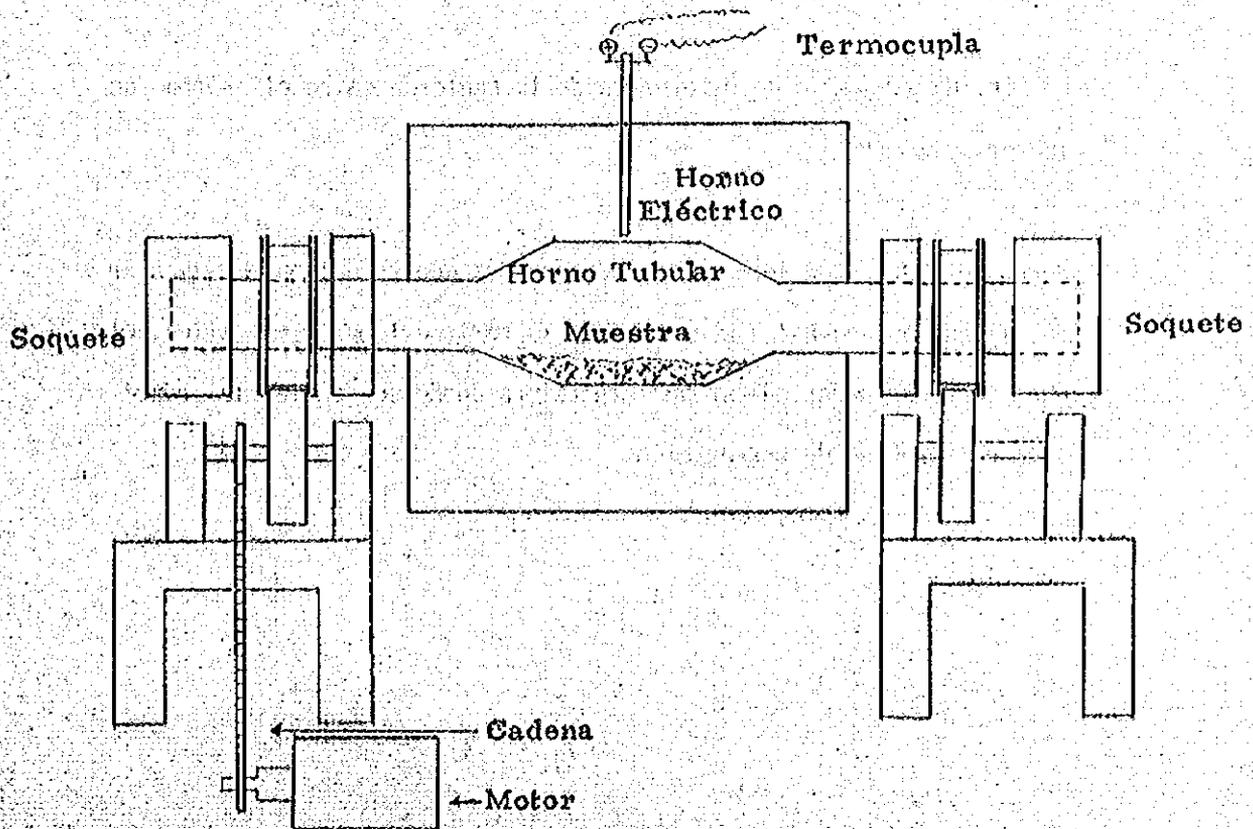
2).- Los extremos del horno son cerrados con tapones porta-válvulas a fin de evitar ambiente oxidante. Los gases producidos durante las pruebas de segregación son descargados através del lavador de gases. Cuya función es la interceptación del aire y pérdidas de gases por volatilización.

FIG. N° 1 Estructura del Horno Tubular Rotatorio de 2 Kg.

Horno Tubular Rotatorio tipo MMS



Esquema del Horno Rotatorio tipo tubular



3).- En ambos extremos se utiliza las empaquetaduras resistentes al calor (asbesto) y la medición de la temperatura del horno es tomada con la termocupla cuyo material sensible es: Pt-PtRh (Platina-Platina Rhodio). El auto control de la temperatura se efectua con el P. I. D.

Para el exceso de energía eléctrica es ha instalado en el equipo un sistema de seguridad total, además de la existente de las rompientes en las zonas de enfriamiento, rotación y horno eléctrico.

III).- METODOLOGIA

1).- Preparación del equipo

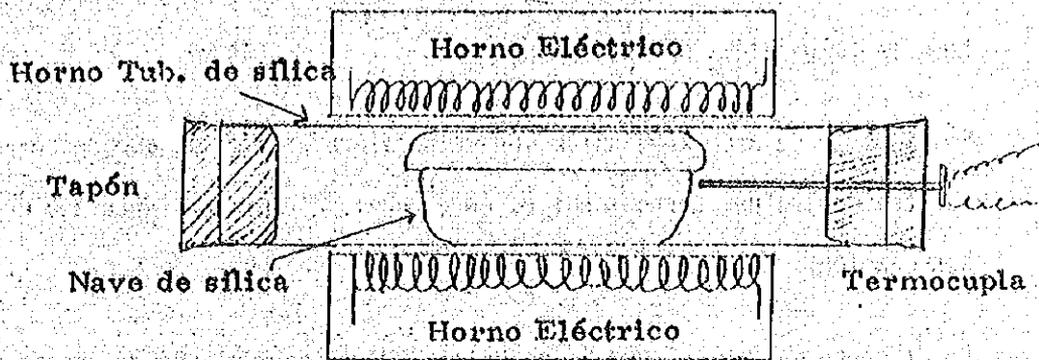
El sistema de control del horno de 2 Kg. que contiene P.I.D. para el control de la temperatura se chequea por medio de la termocupla.

La Fig. N° 2 muestra la diferencia de la medición entre el horno de 100 gr. y 2 Kg.

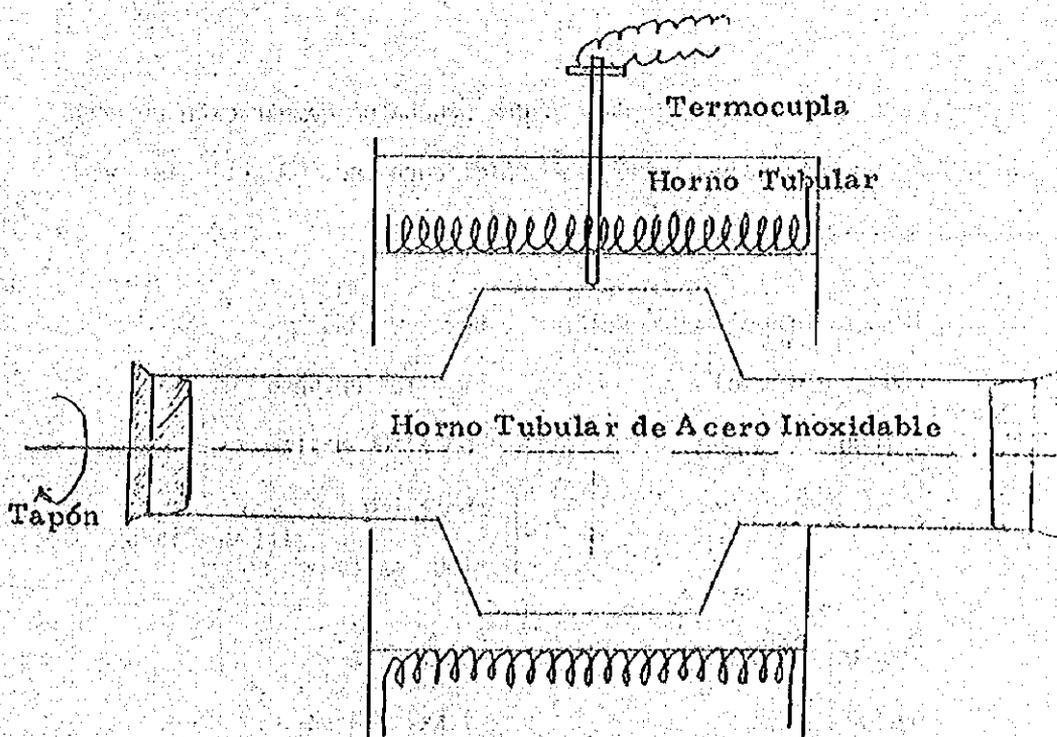
Horno de 100gr. La termocupla se encuentra dentro del horno tubular de sílica, que se halla separado por la parte del horno eléctrico, el cual conviene para indicar su temperatura donde se realiza la reacción del proceso de segregación.

FIG. N° 2 Diferencia de la medición de temperatura entre 100gr y 2 Kg.

Horno Tubular de (100 gr.)



Horno Tubular de (2Kg.)



Pero sin embargo al realizar la medición de la parte central donde se encuentra la muestra, hay una gradiente de diferencia de 30°C .

Horno de 2 Kg. El horno tubular de acero inoxidable gira, el cual no se puede medir internamente sino exteriormente . Pero si se necesita saber la temperatura donde se realiza el proceso de segregación; se toma la temperatura dentro del horno.

En la parte de afuera se halla una temperatura alta de la que se encuentra dentro del horno tubular, en el cual se realiza el proceso de segregación.

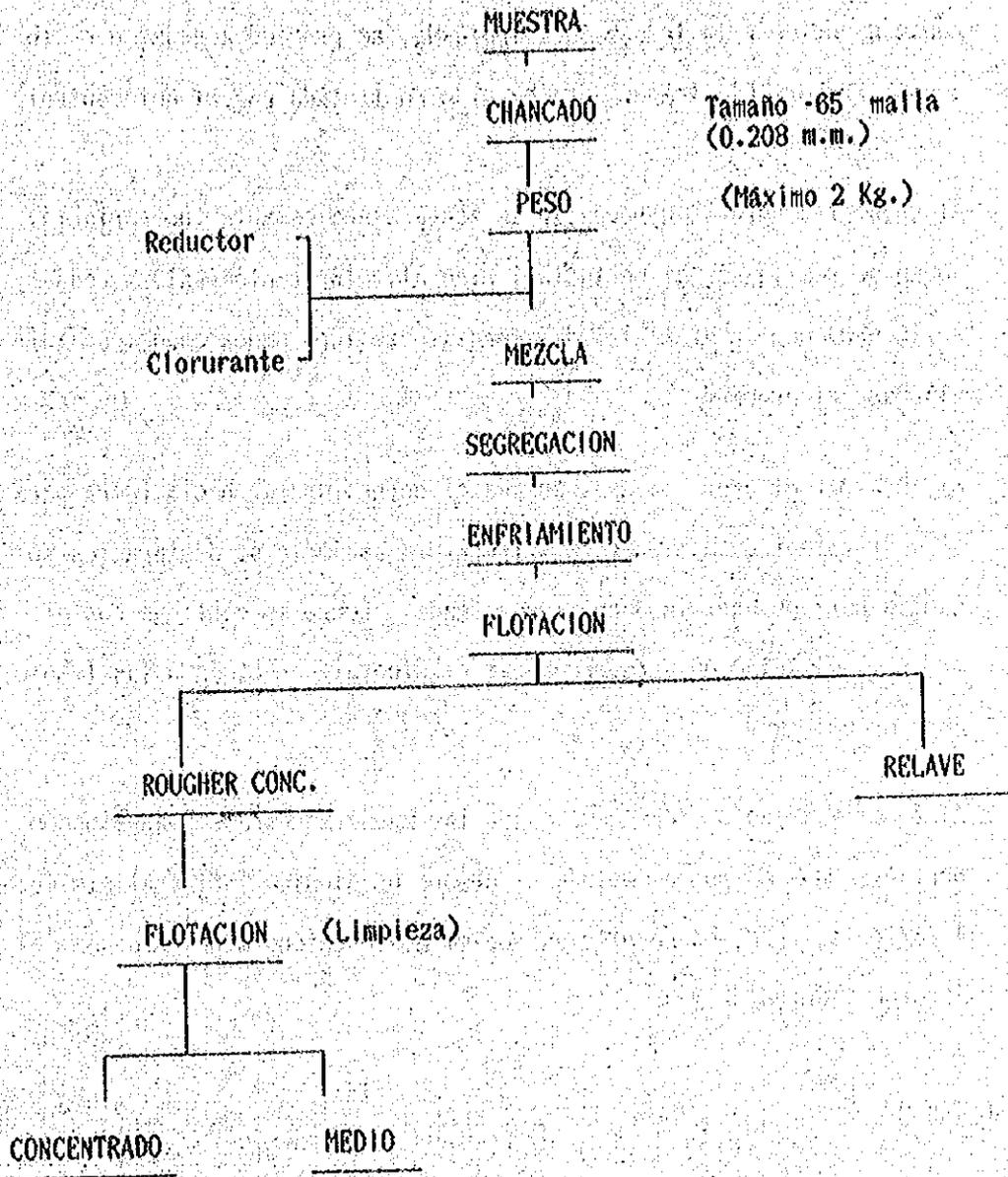
En el rango de 750 a 800 °C se halla 30°C y de 800 a 850°C se halla alrededor de 20°C en el que se haya una diferencia.

2).- Método de prueba

Como prueba preliminar, se realizó una prueba de comparación referente a las condiciones que se empleó en el horno de 100 gr. Las condiciones son las siguientes:

Temperatura de Segregación	800 y 850
Reductor (Coke)	5% y 10% en peso
Tamaño	-65 + 100 malla
	$\left\{ \begin{array}{l} -65 + 100 \\ -100 \text{ malla} \end{array} \right\} \text{ 1:1 mezclado}$
Clorurante (sal)	0.5% y 1%
Muestra	1 Kg. y 2 Kg.

FIGURA # 3 Flow Sheet del Proceso de Segregación en el horno de 2 Kg.



- Después de instalar el horno tubular, para hacerlo funcionar con el fin de aumentar la temperatura, se tiene que hacer girar el horno.
- Luego de obtener la temperatura indicada, se procede a dejar por lo menos 1/2 hora (la temperatura ha sido controlada por el autocontrol)
- Al dejar 1/2 hora ya debe estar la temperatura estable (no variable) luego se realiza la alimentación: mineral, clorurante (sal) y reductor (coque) con la espátula, de inmediato se tapa ambos soquetes, iniciándose el proceso.
- Al terminar el proceso, se traslada el horno tubular hacia fuera para el enfriamiento. Al tener la temperatura ambiente se destapa los soquetes para obtener la muestra segregada. Luego se continúa con el proceso de flotación para recuperar el mineral; efectuando las limpiezas necesarias.
- Al finalizar las pruebas se prepara las muestras para ser analizadas por: Ag, Cu y Mn por el método de Absorción Atómica. El análisis matemático del proceso se efectúa por el mismo método mencionado en el Informe Técnico N° 2.

IV).- RESULTADOS

Hasta la fecha hemos tenido varios resultados utilizando el horno de 100 gr. Para saber si los resultados se pueden aplicar al horno de 2 Kg. hemos realizado una prueba preliminar, utilizando 1 muestra por 10 veces. Referente a la Muestra N° 1 (Ofrecido por Minero Perú) se obtuvieron muchos resultados.

TABLA N° 1 Comparación de los Resultados entre el horno de 100 gr. y 2kg.

(1) Resultado del Horno de 2 Kg.

MUESTRA	Peso (%)	Ley Química		Cont. Metálico		Recup. Cu %		Recup. Ag %	
		Cu (%)	Ag (g/t)	Cu	Ag	A	B	A	B
<u>Horno 2 Kg.</u>									
Cabeza	100.0	1.88	340	188.00	34.00	100.0	100.0	100.0	100.0
Cabeza (Segre)	(86.07)	(2.01)	(409)	(173.70)	(35.20)	(92.4)	(92.4)	(103.5)	(103.5)
Concentrado	5.25	28.0	5.800	147.00	30.45	78.2	78.2	89.6	86.5
	*(8.38)	*(18.97)	*(3.885)	*(158.94)	*(32.56)	*(84.5)	*(84.5)	*(95.8)	*(92.5)
Medio 1	0.98	9.9	1.700	9.80	1.88	5.2	5.2	4.9	4.8
Medio 2	2.14	1.0	200	2.14	0.43	1.1	1.1	1.3	1.2
Retave	77.69	0.19	34	14.76	2.64	7.9	7.9	7.7	7.5
Pérdida						7.6	7.6	▲3.5	

(*) La suma de : concentrado + Medio 1 + Medio 2

(2) Resultado del horno de 100 gr.

MUESTRA	Peso (%)	Ley Química		Conc. Metálico		Recup. Cu %		Recup. Ag %	
		Cu (%)	Ag (g/t)	Cu	Ag	A	B	A	B
Horno 100 gr.									
Cabeza	100.0	1.88	340	183.00	34.00	100.0		100.0	
Cab. (Segre)	(86.90)	(2.11)	(396)	(183.24)	(34.41)	(97.5)		(101.2)	
Concentrado*	13.6	12.40	2.260	183.64	30.74	89.7		90.4	
Relave	73.3	0.20	50	14.60	3.57	7.8		10.8	
Pérdida						2.5		▲ 1.2	

* El concentrado es Rougher Conc., debido a que no se realizó limpiezas.

Condiciones de operación del horno de 2 Kg.

Temperatura de segregación : 850 °C (Temperatura del horno tubular alrededor de 830°C)

Reductor (Coke) -65 malla + 100 malla 5% * } 6% mezcla
 -100 malla 2% *

Clorurante (Sal) 0.6% *

Tiempo de segregación : 30 minutos

Tiempo de rotación : 1.7 r.p.m.

(*) Porcentaje en peso

TABLA N ° 2 Resultados de Análisis Químico del Producto del Horno de 2 Kg.

REPORTE DEL AREA DE LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA

NOMBRE DEL INTERESADO : ING. MERCEDES MISARI
 CLASE DE TRABAJO : ANALISIS POR Cu Y Ag
 PROCEDENCIA : PROYECTO DE SEGREGACION
 ORDEN DE TRABAJO : MEMORANDUM N ° 025-86/SEGRE/KPV
 FECHA : Ingeniería, 25 de febrero de 1986.

RESULTADOS OBTENIDOS

N	CODIGO	Cu%	Ag%
1	P.3-SF-850-BT-1K	28.0	0.58
2	P.3-ST-850-MT-1K	1.00	0.02
3	P.3-SF-850-M2-1K	9.9	0.17
4	P.3-SF-850-RT-1K	0.19	0.0034

2).- Flotación

Rougher:	KAX	200 g/t (cabeza)
	Aceite de pino	20 g/t (")
	Z-200	10 g/t (")
	Kerosene	10 g/t (")
	Tiempo	15 min. (")
1° Limpieza	KAX	35 g/t (")
	Aceite de Pino	15 g/t (")
	Kerosene	5 g/t (")
	Tiempo	10 min. (")
2° Limpieza	Sin reactivo	
	Tiempo	10 min.

Condiciones de operación del horno de 100 gr. :1).- Segregación :

Temperatura de Segregación: 800 °C (Temperatura del horno tubular parte central alrededor de 830°C).

Reductor (Coke) -65 malla + 100 malla 5%

Clorurante (Sai) 0.3%

Tiempo de Segregación : 30 minutos.

2).- Flotación :

KAX	200 g/t (Cabeza)
Acetate de plomo	100 g/t (")
Kerosene	50 g/t (")
Z - 200	100 g/t (")
Tiempo	10 min. (")

REFERENCIAS:

La siguiente tabla es usada como referencia para las pruebas realizadas

TABLA # 3 Resultados de pruebas, utilizando otras condiciones

3.1).- No se necesita mezclar el mineral, ocke y sal, la temperatura de segregación es de 820 °C y el tamaño de coke utilizado es de -65 + 100 malla.

Referencia:

(1) Resultado del Horno de 2 Kg.

MUESTRA	Peso (%)	Ley Química		Cont. Metálico		Recup. Cu%		Recup. Ag %	
		Cu (%)	Ag (g/t)	Cu	Ag	A	B	A	B
<u>Horno 2 Kg.</u>									
Cabeza	100.0	1.88	340	188.00	34.00	100.0		100.0	
Cab. (Segre)	(87.73)	(2.02)	(335)	(177.88)	(29.36)	(94.6)		(86.4)	
Concentrado	4.91	22.5	4.700	110.48	23.01	58.8	100.0	67.8	100.0
	*(6.04)	(18.59)	(3.914)	(114.16)	(23.64)	(60.7)	62.1	(69.6)	78.4
Medio 1	0.20	8.80	1.600	1.76	0.32	0.9	1.0	0.9	1.1
Medio 2	0.93	2.06	330	1.92	0.31	1.0	1.1	0.9	1.0
Relave	81.69	0.78	70	63.72	5.72	33.9	35.8	16.8	19.5
Pérdida				10.12	4.64	5.4		13.4	

(3.2) Para esta condición tampoco se necesita mezclar y la temperatura de segregación es de 850°C. En este caso el tamaño de coke utilizado es -100 malla y agregar en un 3% al mineral cabeza, para que exista rápidamente un ambiente reductor leve. Luego de obtener el mineral calentado agregamos sal un 0.8% y coke (-65 m + 100 m) por separado.

Referencia :(2) Resultado del Horno de 2 Kg.

MUESTRA	Peso (%)	Ley Química		Cont. Metálico		Recup. Cu%		Recup. Ag%	
		Cu (%)	Ag (g/t)	Cu	Ag	A	B	A	B
<u>Horno 2 Kg.</u>									
Cabeza	100.0	1.88	340	188.0	34.00	100.0	100.0	100.0	100.0
Cab. (Segre.)	(83.54)	(2.08)	(358)	(174.14)	(29.92)	(92.6)	100.0	(88.0)	71.0
Concentrado	3.86	32.0	5.500	123.52	21.23	85.7	70.9	82.5	(79.6)
	*(7.15)	(19.3)	(3.329)	(138.19)	(23.80)	(73.5)	(79.3)	(70.0)	8.6
Medio	3.29	4.46	780	14.67	2.57	7.8	8.4	7.5	20.4
Relave	76.48	0.47	80	35.95	6.12	19.1	20.7	18.0	
Pérdida				13.86	4.08	7.4		12.0	

(*) Concentrado + Medio

V).- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

16.

Se han realizado pruebas utilizando las condiciones usadas en el horno de 100 gr.; obteniéndose resultados similares

Prueba de 2Kg.:

Concentrado Rougher :	Cu: 18.9%
	Ag: 3.885 g/t
Recuperación :	Cu (A) 84.5%, (B) 91.6%
	Ag (A) 95.8%, (B) 92.5%

Prueba de 100 gr.:

Concentrado Rougher :	Cu: 12.40%
	Ag: 2.260 g/t
Recuperación :	Cu (A) 89.7%, (B) 92.0%
	Ag (A) 90.4%, (B) 89.4%

En cuanto a la Tabla # 3, analizando y comparando los resultados podemos decir :

- 1.- Para el mineral de Berenguela, en el horno de 2 Kg., es necesario una temperatura de 850°C .
- 2.- Para alimentar el horno tubular rotatorio con el mineral y reactivos es mejor mezclarlos antes que alimentarlo uno por uno.
- 3.- El coke fino mejora la reacción química, haciéndola rápida y adecuando el ambiente para el proceso (reductor).

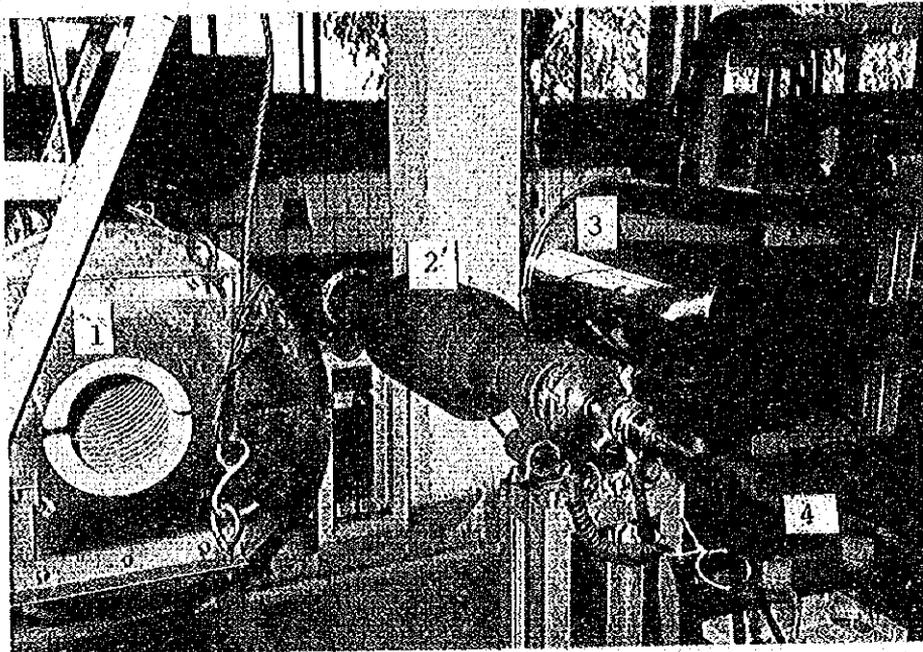
VI).- CONCLUSIONES

- Es posible la realización de las pruebas de 100 gr., utilizando el horno de 2 Kg.
- En el futuro se cambiará las condiciones de las pruebas a nivel de 100 gr., para aplicación en el horno de 2 Kg.
- Para evitar la formación de óxido en la superficie de la muestra segregada, se está usando nitrógeno, para el enfriamiento de estas.

* En cada grado centígrado el volumen aumenta en $1/273$. Supongamos que la temperatura de segregación sea de 830°C y que la temperatura normal sea de 20°C , entonces:

$$830^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} / 273 = 2.97 \doteq 3$$

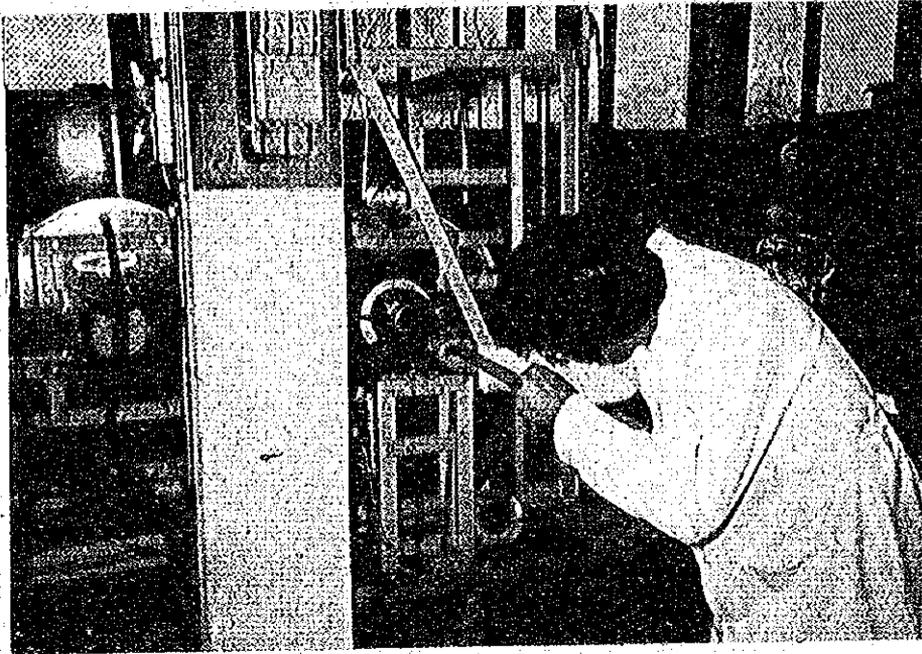
Es decir aumenta 3 veces el volumen, al enfriarse a la temperatura normal esta se disminuye, constituyendo el ambiente reductor. Si la empaquetadura del horno no es hermético, el aire puede ingresar en el mismo volumen.



- 1) Horno Eléctrico
- 2) Horno Tubular
- 3) Equipo de enfriamiento
- 4) Lavador de gases

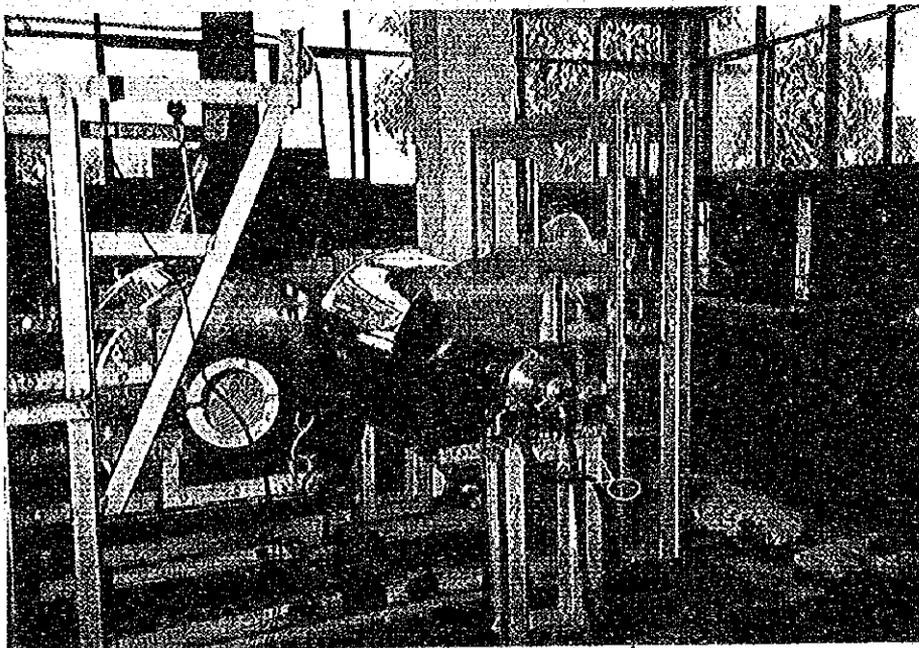


- 5) Panel de control de temperatura
(Indicador digital es de 801°C)
- 6) Panel de control de la velocidad de rotación
- 7) Control del ventilador



19.

3).- Alimentación de las muestras (Incluyendo: Coke y Sal)



4).- Proceso de enfriamiento: Parte derecha del Horno Eléctrico



5)- Descarga de las muestras
enfriadas, para luego pa-
sar por el proceso de
flotación (8).



6)- Proceso de flotación
Recuperación del Cobre
y Plata segregada (9).

INGENIEROS RESPONSABLES DEL DESARROLLO DE LAS PRUEBAS METALURGICAS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)

ING. YASUO MUKAI

ING. MASAHIDE NAKAO

ING. KINZO ASARI

ING. HIROSHI KANEKO

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO (INGEMMET)

Proyecto Segregación:

ING. ELEUTERIO LEON R.

ING. JORGE QUISPE B.

ING. MERCEDES MISARI S.

TEC. MARCO A. DELGADO P.

Sección Química:

QUIM. MARIA JARA P.

QUIM. BEATRIZ PAREDES L.

CUARTO INFORME TÉCNICO
PRUEBAS FUNDAMENTALES DE SEGREGACION
DEL MINERAL DE BERENGUELA

PROYECTO DE SEGREGACION DE MINERALES
OXIDADOS REFRACTARIOS DE COBRE Y ELEMENTOS ASOCIADOS

CONVENIO PERU (INGEMMET) Y JAPON (JICA)
- 1986 -