

## Alternativa para recuperar minerales de baja ley y disminuir costos de energía

# La Preconcentración

*Por Jorge Rojas Páez  
Ingeniero Civil Metalúrgico  
INTEC-Chile*

La crisis actual de energía y el tratamiento de minerales de muy baja ley, ha hecho necesario considerar conceptos de evaluación económica, basados en el costo energético total que significa el procesamiento de minerales.

Los trabajos realizados por Chapman, y posteriormente por Cohen, muestran que toda disminución de la ley de un mineral, induce a un aumento en el costo energético requerido para la producción de metal.

Es así, como para el caso de un mineral de cobre porfídico, el costo energético de una tonelada de metal obtenido a partir de un mineral sulfurado con 1% de Cu, es de aproximadamente 22.500 KWh. (chancado y molienda, flotación, fusión y refinado).

Para un mineral con 0,5% Cu la producción de una tonelada de cobre exige 43.000 KWh., llegando este consumo a 90.000 KWh. para el caso de un mineral con 0,3% Cu.

Pareciera evidente que los costos energéticos serán un freno absoluto para el procesamiento de minerales de baja ley, excepto si nuevos conceptos sobre el procesamiento de minerales, menos costosos en energía, son desarrollados.

En efecto, el costo energético de producción de un metal, dado como un porcentaje del precio de venta, es el siguiente:

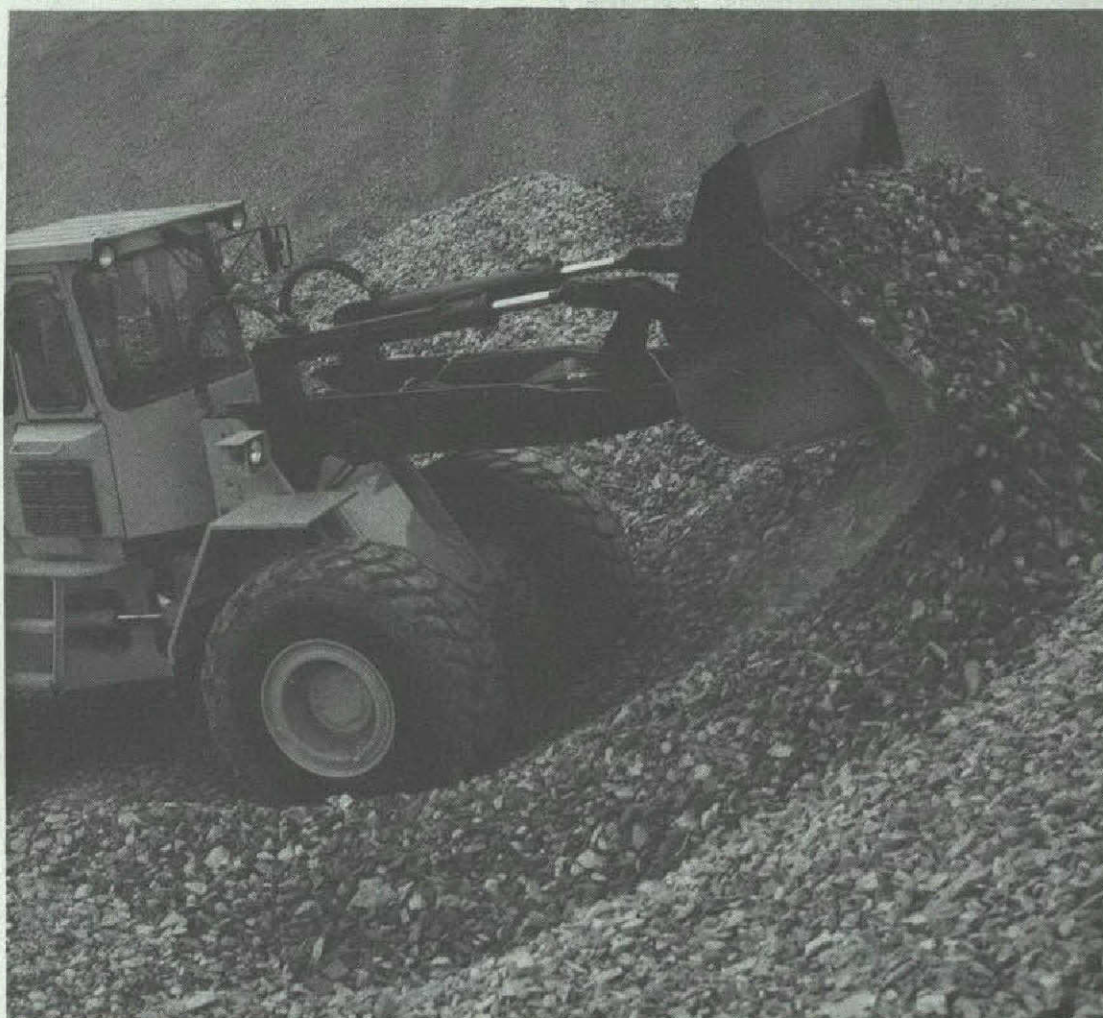


TABLA 1:

### COSTO ENERGETICO EXPRESADO COMO UN PORCENTAJE DEL PRECIO DE VENTA

| Metal                         | Costo energético<br>como porcentaje<br>del Valor<br>de Venta |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Zinc                          | 27,4                                                         |
| Cobre                         | 35,7                                                         |
| Manganeso                     | 37,1                                                         |
| Níquel                        | 13,4                                                         |
| Aluminio                      | 61,7                                                         |
| U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> | 80,0                                                         |

La variación del índice de precio  
(a nivel mundial) en el período  
1970-1983 ha sido la siguiente:

TABLA 2:

INCREMENTO PORCENTUAL EN LOS INDICES  
DE PRECIOS ENTRE 1970 - 1983(1)

|                       |                         | Porcentaje (%) |
|-----------------------|-------------------------|----------------|
| Mano de Obra:         | Construcción            | 227            |
|                       | Minería y Procesamiento | 293            |
| Equipos:              |                         | 300            |
| Transporte Terrestre: |                         | 360            |
| Energía               |                         |                |
|                       | — Carbón                | 354            |
|                       | — Electricidad          | 453            |
|                       | — Petróleo Diesel       | 720            |
|                       | — Gas natural           | 1.337          |

De acuerdo a la Tabla 2, los costos energéticos han aumentado en forma mucho más acelerada que los otros costos de operación.

Si consideramos un mineral con 0,55% Cu sulfurado, una razón de

extracción de 1,25 (ley de corte 0,29), una recuperación de 87,5% mediante flotación y una recuperación del 98,7% en la fusión, se obtienen los siguientes consumos energéticos (Tabla 3 y Tabla 4):

TABLA 3:

## CONSUMO PROMEDIO DE ENERGIA. 0.55% Cu

|                           | Porcentaje (%) |
|---------------------------|----------------|
| Minería                   | 19,3           |
| Concentración (Flotación) | 40,9           |
| Fusión y refinación       | 39,8           |
| <b>TOTAL</b>              | <b>100,0</b>   |

TABLA 4:

CONSUMO ENERGETICO DEL PROCESO  
DE FLOTACION

|                                 | Porcentaje (%) |
|---------------------------------|----------------|
| Chancado, Molienda y Remolienda | 71,8           |
| Flotación                       | 13,6           |
| Filtración                      | 1,3            |
| Tratamiento de agua             | 13,3           |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>100,0</b>   |

De acuerdo a estos antecedentes, resulta evidente que la cominución del mineral a un tamaño de partícula dado es, lejos, el factor de mayor incidencia en el consumo energético, dentro del procesamiento de minerales.

La repartición del consumo energético, de la etapa de chancado y molienda es la siguiente (Tabla 5).

TABLA 5:

CONSUMO ENERGETICO  
EN LAS OPERACIONES  
DE CHANCADO Y  
MOLIENDA

|              | Porcentaje<br>(Valor medio) |
|--------------|-----------------------------|
| Chancado     | 9,10                        |
| Molienda     | 90,90                       |
| <b>TOTAL</b> | <b>100</b>                  |

De acuerdo a la Tabla 5, la incidencia de la etapa de chancado es de sólo un 9,1% del consumo global de energía requerido para la reducción de tamaño.

Estudios recientes sobre este aspecto han indicado que el consumo energético de la cominución crece en forma exponencial a medida que la granulometría del material disminuye.

En consecuencia, resulta de interés poder eliminar una parte del material estéril, antes de comenzar los procesos de concentración propiamente tal.

En este sentido, se define un proceso de preconcentración como un procedimiento físico, de bajo costo, que permite eliminar una parte de la ganga contenida en un mineral dado, antes de que éste sufra una reducción de tamaño, a fin de alcanzar la malla de liberación económica del mineral a valorizar.

Entre las principales ventajas de la preconcentración se pueden citar las siguientes:

A) Un proceso previo de preconcentración, permite limitar las operaciones de molienda y concentración propiamente tal, a sólo una fracción del material alimen-

tado en la planta de beneficio.

Este hecho induce las siguientes consecuencias:

— Permite bajar la ley crítica de corte, haciendo posible explotar yacimientos de menor ley o en forma no selectiva.

— Para una razón de concentración dada, permite disminuir los costos de inversión correspondientes a la reducción granulométrica y a la concentración. Para una instalación ya existente, permite aumentar la capacidad de producción de concentrado, disminuyendo los costos de operación.

— La producción de un estéril de granulometría gruesa permite disminuir los costos de depositación del estéril.

La utilización de estos estériles como material de relleno, no ofrece dificultad y la recuperación del agua de proceso se ve facilitada por las gruesas granulometrías.

— La obtención de un preconcentrado permite una homogenización de la composición mineralógica de los productos que van a sufrir el proceso de concentración propiamente tal.

B) La preconcentración permite, gracias a la reducción del tonelaje de productos transportable, aumentar la distancia entre la mina y la planta de beneficio, cuando la preconcentración se efectúa en la mina misma. De esta manera, es posible incorporar a la explotación pequeños yacimientos que, por encontrarse demasiado alejados de las plantas de beneficio, no han sido explotados, aumentando de esta forma el radio de acción de las actuales plantas de beneficio.

## REQUISITOS

Desgraciadamente, la preconcentración no es aplicable a todos los minerales. Algunos requisitos básicos son requeridos a fin de poder aplicar tal técnica.

Estos requisitos básicos, deben responder a los siguientes criterios esenciales:

— Existencia de una malla de reducción relativamente gruesa con

relación a la malla de liberación de los minerales valorizables, para lo cual una parte importante de la ganga ya se encuentra liberada.

— Existencia de una diferencia suficiente entre las propiedades físicas de los minerales valorizados y de la ganga (por ejemplo distribución granulométrica, forma, fragilidad, masa específica, susceptibilidad magnética, absorción o emisión de radiaciones, propiedades físico-químicas de superficie, etc.).

En términos generales se considera que una operación de preconcentración presenta interés cuando ella permite obtener una cantidad suficiente de material estéril (mínimo un 30% de la alimentación al proceso), con una ley en el elemento a valorizar, equivalente a la ley de los relaves o colas obtenidas en el proceso de concentración propiamente tal.

## PRINCIPALES PROCESOS DE PRECONCENTRACION

### — Comminución selectiva y clasificación

El proceso está basado en la diferente fragilidad —o forma— que presentan los diferentes constituyentes del mineral.

Después de la comminución, la distribución granulométrica es tal que, sean los estériles, sean los minerales a valorizar, se encuentran en las fracciones más finas. Un proceso posterior de clasificación, permite obtener el preconcentrado y un estéril final.

En este sentido, los equipos de comminución de impacto, son los más convenientes, para un proceso en seco, dado que ellos explotan muy bien las diferencias de fragilidad de los minerales.

### — Concentración Gravitacional

La concentración gravitacional es, sin duda, el proceso más importante de preconcentración actualmente aplicado en la práctica industrial.

Los numerosos procesos aplicables dependerán de las distribuciones granulométricas y de las características de cada material, exis-

tiendo actualmente equipos que permiten tratar materiales con granulometrías de varias pulgadas (medios densos) hasta materiales de extrema pureza (hidrociclones y concentradores centrífugos para minerales auríferos aluviales de extrema fineza).

El proceso consiste en una separación de los minerales de diferente densidad, por inmersión en un baño constituido por una suspensión de densidad intermedia.

Para granulometrías entre 2 mm y 400# Ty, los conos y espirales han tenido un éxito indudable.

### — Separación Magnética

La separación magnética está basada en la atracción que sufren los minerales en un campo magnético. En un separador, funcionando de acuerdo a este principio, las partículas de naturaleza diferentes y de dimensiones semejantes están sometidas a un conjunto de fuerzas mecánicas y magnéticas. Ellas describen trayectorias diferentes que varían en función de sus susceptibilidades magnéticas.

El campo de aplicación de la separación va, para minerales, entre 200 mm y 0,050 mm, pudiendo llegar hasta 0,005 mm en vía húmeda.

### — Ejemplos de Aplicación

— Comparación entre un proceso tradicional y un proceso con preconcentración en el caso de un mineral hipotético de cobre.

Si se considera un proceso que conste de chancado, molienda gruesa, molienda secundaria y flotación, se puede establecer el siguiente balance energético:

100% Alimentación

↓

Chancado

0,7—1,4 KWh/t

↓

Molienda gruesa

2,5—3,0 KWh/t

↓

Molienda fina

7,5 KWh/t

↓

Flotación

1,5—2,5 KWh/t

Consumo Total: 12,2—14,4 KWh/t

Cabe señalar que un proceso de preconcentración puede inducir una pérdida metalúrgica del orden del 5%, esto significa que para obtener la misma cantidad de fino final se requerirá tratar 5% más de mineral, con lo que el consumo global aumenta a 9,1–11,6 KWh/t de alimentación, contra los 12,2–14,4 KWh/t de alimentación del proceso tradicional.

Los costos de capital complementarios que inducen las etapas de preconcentración, pueden ser balanceados por una reducción en el tamaño de la planta, la cual necesitaría tratar sólo el 50% de la alimentación original.

En forma alternativa, manteniendo el tamaño original de la planta, la productividad podría verse aumentada en un 50%.

#### – Preconcentración en Jig y Mesa: Mineral de Sheelita (Tungsteno)

Se considera un mineral tratado con 0,90%  $WO_3$ , que fue previamente chancado y molido a 100%–4 mm. La fracción –4 mm + 1 mm fue preconcentrada en jig, en tanto que la fracción –16# Ty fue concentrada en mesa Wilfley.

#### Resultados Metalúrgicos:

##### Preconcentración en Jig

| Producto    | % Peso | $WO_3$ % | Recuperación % |
|-------------|--------|----------|----------------|
| Concentrado | 17,02  | 4,27     | 94,98          |
| Relave      | 82,98  | 0,09     | 5,02           |
| Cabeza      | 100    | 0,90     | 100            |

##### Preconcentración en Mesa

| Producto    | % Peso | $WO_3$ % | Recuperación % |
|-------------|--------|----------|----------------|
| Concentrado | 5,16   | 19,1     | 90,81          |
| Mixto       | 18,40  | 0,21     | 3,56           |
| Relave      | 76,44  | 0,08     | 5,63           |
| Cabeza      | 100,00 | 1,09     | 100,00         |

El preconcentrado de jig es molido 100%–28# Ty y concentrado en mesa, obteniéndose los siguientes resultados:

| Producto    | % Peso | $WO_3$ % | Recuperación % |
|-------------|--------|----------|----------------|
| Concentrado | 17,34  | 21,77    | 93,82          |
| Mixto       | 17,24  | 0,57     | 2,44           |
| Relave      | 65,42  | 0,23     | 3,74           |
| Cabeza      | 100,00 | 4,02     | 100,00         |

El rendimiento de concentración ( $E_c$ ), para el caso de la concentración en jig es el siguiente:

$$E_c = \frac{c-a}{c_{\text{máx}}-a} \cdot R = \frac{4,27-0,90}{80,6-0,91} \cdot 94,98 = 4,02$$

donde "c" = ley del concentrado, "a" = ley de cabeza, " $c_{\text{máx}}$ " = ley de  $\text{WO}_3$  en la Sheelita, "R" = recuperación metalúrgica.

Para la concentración en mesa, el rendimiento de concentración vale:

$$E_c = \frac{21,77 - 4,02}{80,6 - 4,02} \cdot 93,82 = 21,75$$

El Flow-Sheet de preconcentración sería en consecuencia el siguiente:

**ALIMENTACION**

0.9  
100                      100  
↓  
%  $\text{WO}_3$                   % Peso  
Recuperación de  $\text{WO}_3$  (%)

↓  
Chancado y Molienda  
100% - 4 mm

Clasificación  
16# Ty

+ 16# Ty

- 16# Ty

Concentración  
en Jig

Concentración en  
Mesa o Espirales

Concentrado

Relave

0,09                      49,38  
5,00

Molienda

100%-28# Ty

Preconcentrado

21,77                      3,38  
82,76

Relave

0,23                      47,25  
12,64

El proceso de preconcentrado recupera el 83% del  $\text{WO}_3$  en un preconcentrado con 21,8%  $\text{WO}_3$  y que representa el 3,4% de la alimentación.

El rendimiento de concentración global es de 21,67%.

**CONCLUSION**

Los procesos de preconcentración abran nuevas alternativas eco-

nómicas para el procesamiento de minerales marginales, permitiendo disminuir en forma significativa los costos energéticos que requieren los procesos tradicionales de concentración.

Entre las principales ventajas, se pueden citar los siguientes aspectos:

- Limita las operaciones de molienda fina y las operaciones de concentración propiamente tal, a una fracción de la alimentación.
- Permite realizar la explotación minera con leyes de corte menores.
- Produce un estéril de granulometría gruesa, disminuyendo los costos inherentes a la disposición de éstos.
- Permite una homogenización de la composición mineralógica de los productos que van a sufrir un proceso de concentración posterior.
- Aumenta el radio de influencia de los centros de beneficio.

**REFERENCIAS**

- 1) Impact of changing energy economics on mineral processing.  
D.A. Dahlstrom.  
Mining Engineering, enero 1986.

# INDUSTRIA METALMECANICA RIVET S.A.

## MALLAS PARA HARNEROS

- TEJIDAS
- ELECTROSOLDADAS
- VULCANIZADAS
- EN ACEROS CORRIENTES, INOXIDABLES Y DE ALTA RESISTENCIA A LA ABRASION

## CINTAS TRANSPORTADORAS

- POLINES • POLEAS, TENSORES Y DESCANSOS PARA TRANSPORTADORAS DE CORREAS
- TRANSPORTADORAS DE CORREAS FIJAS Y MOVILES
- LIMPIADORES

**AV. RAMON FREIRE 5293**

(EX PAJARITOS 6480)

**792429-792275-792230 TL 242118 CL**

SANTIAGO

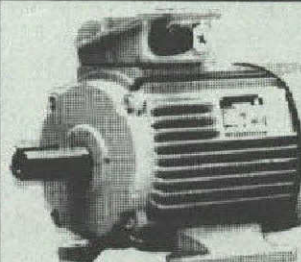
# Motores, Grupos Electrógenos

Primeros en ventas, calidad y servicio  
El más completo stock

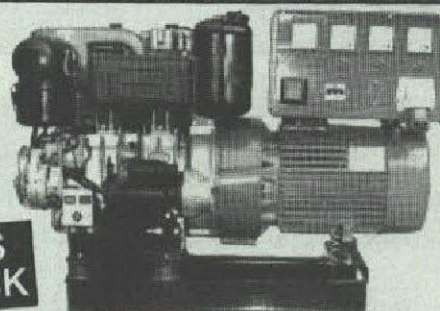
VEM  
ALEMANIA



Motorreductores  
Motovariadores



Motores Electricos



Grupos Generadores Diesel y Gasolina

OFERTAS  
EN STOCK

**LUREYE**

CONFIABILIDAD  
ABSOLUTA