



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

CALCULO DE UNA PLANTA DE BENEFICIO
PARA PROCESAR 100 TONELADAS POR DIA,
DE UN MINERAL DE COBRE DE BAJA LEY.

361

JOSE DE JESUS PEREZ Y PENICHE

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

LAB. Tesis 1976
SER. Me. To
FECHA: _____
REC. 346
S. _____



QUIMICA

A MIS PADRES:

Como reconocimiento al gran amor que me han brindado y a su desinteresado esfuerzo, que me ha permitido alcanzar este importante objetivo.

A MIS HERMANOS

A MARISOL

A MENA:

Por todas sus atenciones.

A mi querida Facultad de Química

A mis Profesores y Amigos.

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

- PRESIDENTE Prof. ALBERTO ORREGON PEREZ
- VOCAL Prof. FERNANDO MALDONADO MENDOZA
- SECRETARIO Prof. CARLOS ARANGO SOLOPZANO
- 1er. SUPLENTE Prof. ENRIQUE CURIEL REYNA
- 2do. SUPLENTE Prof. HUMBERTO MALAGON ROMERO

SITIO DONDE SE DESARROLLA EL TEMA

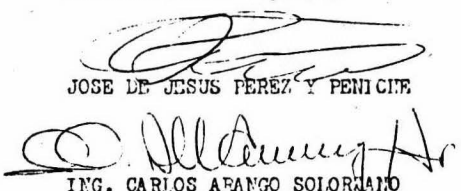
MEXICANA DE COBRE, S.A.

SUSTENTANTE

JOSE DE JESUS PEREZ Y PENICHE

ASESOR DEL TEMA

ING. CARLOS ARANGO SOLÓRZANO



I N D I C E

CAPITULO	PAG.	
I	INTRODUCCION	
	DEFINICION DEL PROBLEMA	1
II	PRINCIPIOS TEORICOS	
	IDENTIFICACION DE OPERACIONES	5
	TRITURACION	5
	MOLIENDA	14
	CRIBADO	24
	CLASIFICACION	28
	FLOTACION	31
	SEDIMENTACION	37
	FILTRACION	42
	TRANSPORTE DE MATERIALES	46
	OPERACIONES AUXILIARES	53
III	CRITERIO DE DISEÑO	
	PLANTA DE TRITURACION	55
	PLANTA CONCENTRADORA (SECCION COBRE)	60
IV	PRUEBAS PARA DETERMINACION DE PARAMETROS	
	IDENTIFICACION DE FACTORES	72
	PRUEBA "A"	74
	BALANCE DE PULPA Y AGUA	76
V	SELECCION DE EQUIPO	
	MECANISMO DE SELECCION DE EQUIPO	80
	ALIMENTADORES DE PLACA	81

	VII
	PAG.
TRANSPORTADORES DE BANDA	84
QUEBRADORA PRIMARIA	86
QUEBRADORA SECUNDARIA	89
MOLINOS	90
CRIBAS	93
CLASIFICADORES	95
CELDA DE FLOTACION	96
ESPEADORES	99
FILTROS	101
VI	
CONCLUSIONES	
INTRODUCCION	103
COSTO DE EQUIPO	104
COSTO DE INSTALACION	109
COSTO DE OPERACION	110
CONCLUSION	111
ANEXOS	
ANEXO I - DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE TRITURACION	114
ANEXO II - DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA CONCENTRADORA	115
ANEXO III - ORGANIGRAMA DE LA PLANTA. PERSONAL DE OPERACION.	116
ANEXO IV. PLANOS. PLANTA DE TRITURACION Y CONCENTRADORA.	117
BIBLIOGRAFIA.	119

C A P I T U L O I

. I N T R O D U C C I O N .

El objetivo para la realización de este trabajo de tesis, ha sido con el propósito de aportar un estudio sobre la secuencia a seguir en el cálculo de una planta de beneficio de 100 toneladas por día de un mineral de cobre de baja ley y la factibilidada económica de su instalación.

Este estudio se ha realizado tomando en - - cuenta que debido al bajo grado de los depósitos minerales actualmente en explotación y aún de los que están en reserva, se requieren de los de concentracion para la liberación del mineral respecto de la ganga. Esto se consigue por medio de una serie de - operaciones englobadas en lo que se conoce con el - nombre de Preparación de Minerales, la cual incluye una serie de pasos que van desde la fragmentación - del material para llegar a los tamaños pequeños, en donde ya es posible la separación de las diferentes clases de mineral, seguida de una o varias operaciones de clasificación diseñadas para poder separar - y distinguir, entre las partículas de mineral valioso, tomando como base para la operación de clasificación, algunas propiedades físicas tales como la - densidad, la energía de superficie y el magnetismo.

La preparación del mineral es la primer - operación a seguir para la obtención del cobre puro, después de la extracción de la mina; esta operación será continuada por otra, la cual corresponde a la - extracción del metal y la cual es llevada a cabo -

por procesos pirometalúrgicos o hidrometalúrgicos.- La última operación para la obtención del metal puro es la de refinación, con la que se logra eliminar las impurezas que aún estén presentes o llevarlas a niveles permisibles. La refinación se consigue por medio de un proceso electrolítico.

Esta serie de pasos para la obtención del metal puro así como las operaciones que se llevan a cabo durante la Preparación del Mineral, están ligadas en tal forma, que los resultados de una afectan a todo el proceso. Es por eso, que cada paso u operación están definidas para conseguir su objetivo particular, al menor costo y con los mejores resultados.

Este trabajo sólo se refiere a esa serie de operaciones que tienen por objetivo la concentración del mineral.

Para el cálculo de la planta se ha procedido a tomar en cuenta las características propias del depósito mineral, el cual sólo contiene 1% de cobre en forma de sulfuros de los cuales el más abundante es la ~~chalcopirita~~. Por medio del proceso de concentración, se logra elevar el contenido del cobre hasta un valor del 32%. Esto es en sí, la base que se tiene para comenzar a desarrollar, la serie de cálculos requeridos para la obtención del objetivo de este trabajo. 970 %
alcos

Todo el cálculo de la planta, la determinación de los parámetros para su operación y aún la selección del equipo para proceso, se han derivado-

de los resultados obtenidos en pruebas experimentales en planta piloto y laboratorio.

En el caso de la determinación del criterio de diseño y de los parámetros de operación, las pruebas experimentales fueron realizadas en unidades metalúrgicas de Industrial Minera México, S.A. y en los laboratorios de la Universidad de Colorado (E.U.A.). Los parámetros de operación presentados en el Capítulo IV, son los que arrojaron los mejores resultados y que se han tomado como base para la fase operativa de la planta.

En la selección del equipo se han tomado en tanto los resultados experimentales realizados en las plantas o laboratorios de los propios fabricantes de equipo, como del uso de la información presentada en catálogos donde se indican fórmulas de cálculo y especificaciones de equipo. La más importante característica del equipo, se ha considerado, es la capacidad; entonces, la selección del equipo puede reducirse a escoger de la lista presentada por el fabricante, referente a capacidades del equipo en cuestión, el que se ajuste mejor a las necesidades del proceso. La recomendación presentada por el fabricante de equipo, para la adquisición del mismo, ha sido fundamental, ya que definitivamente son quienes tienen mayor experiencia sobre esta problemática; sin embargo, para que el fabricante de esta recomendación, se le entregó la mayor cantidad posible de información, para la mejor identificación de cuáles serían las condiciones en las que trabajará el equipo.

Una vez realizada la selección de equipo, - se define el costo por la compra e instalación del mismo, costo que sumado a los de ingeniería civil, - mecánica y eléctrica y al pago por contratista, así como la integración de un renglón por imprevistos, - dan como resultado el costo estimado para la instalación de la planta.

* El costo de operación de la planta contra - puestos con el precio de venta del concentrado de - cobre, determinarán la factibilidad para la instala - ción de la planta. El costo de operación se refiere a aquellos costos directos derivados de los sala - rios a pagar por el personal que operará la planta, así como de los consumos de energía eléctrica, agua, reactivos, y ~~bolitas~~. Estos costos se han desprendido de las mediciones experimentales que se han desarro - llado siguiendo los lineamientos marcados en el cri - terio de diseño y los parámetros de operación para la planta. El precio de venta de los concentrados, - está regulado por el precio internacional de venta - de cobre.

Mediante la relación de todos estos costos, se alcanza la determinación de la factibilidad de - instalación de la planta.

Explicación y tipo de costo en el presupuesto de inversión
se determinó

CAPITULO II

. P R I N C I P I O S T E O R I C O S .

El proceso de beneficio para un mineral de cobre de baja ley, está constituido por una serie de operaciones básicas, todas relacionadas entre sí y cada una influyendo en el resultado del proceso.- Estas operaciones son:

1. Trituración y Molienda
2. Clasificación (Cribado y Clasificación)
3. Flotación
4. Sedimentación
5. Filtrado
6. Transporte de Materiales
7. Operaciones Auxiliares.

Del conocimiento de los principios teóricos de cada una de las mencionadas operaciones, se obtendrá una adecuada selección de equipo por lo que a continuación se presentará en forma breve, la base teórica de cada una de estas operaciones.

TRITURACION Y MOLIENDA.

La preparación de minerales se basa fundamentalmente en el aprovechamiento de las diferentes características físicas, químicas y físico-químicas de los minerales, pudiéndose asegurar que no hay - dos minerales cuyas características no difieran por lo menos en una de ellas.

Así por consecuencia, se consideran como - fundamentales algunas características para la selección de un proceso de beneficio y las operaciones - que los constituyen.

De las propiedades de referencia, las que - principalmente influyen en la preparación de minerales, son las siguientes:

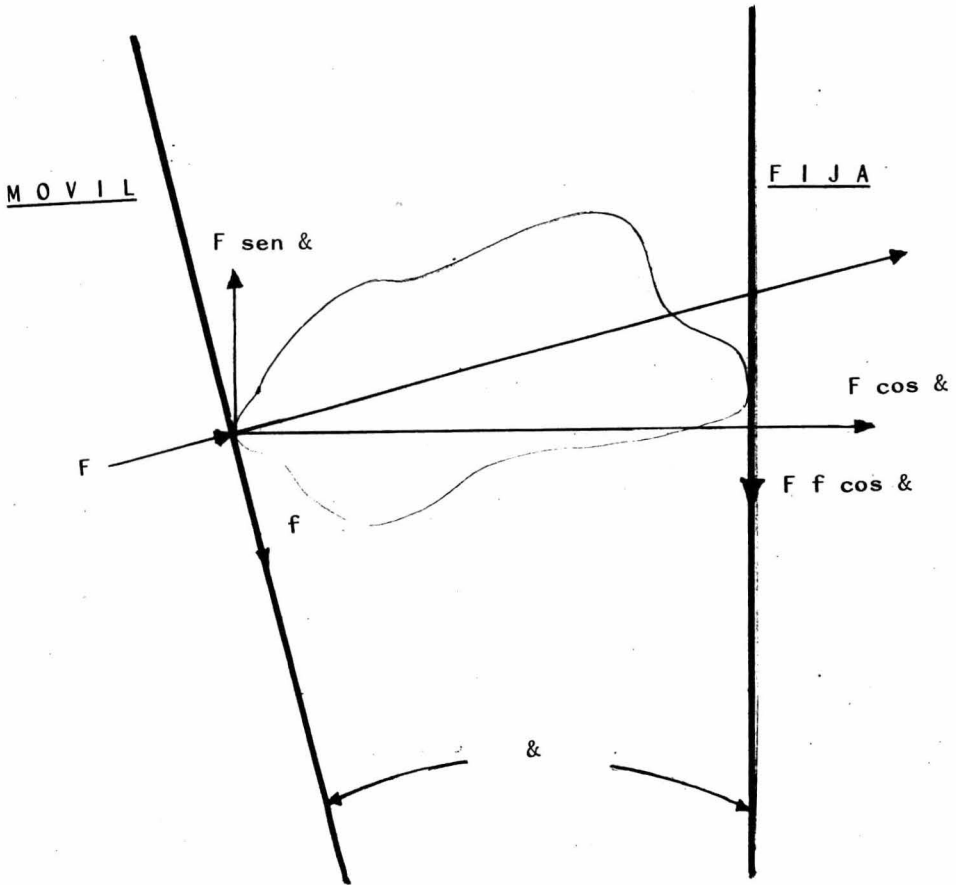
Dureza, fragilidad y tenacidad, estructura, peso específico, electroconductividad, magnetismo, - cambio por choque térmico (decrepitación e inflado - por calor), cambio en las condiciones físicas, químicas y físico-químicas de los minerales, fluorescencia y radioactividad.

El primer paso en el procesamiento de minerales para la recuperación de metales es la separación de los valores respecto de la ganga lo cual - puede lograrse, por cualquiera de estos dos caminos: si el mineral valioso existe en altas concentraciones, se puede separar el mineral de la ganga - por medio de fusión del material; pero cuando el mineral valioso se encuentre en pequeñas cantidades - se tiene que separar por medios mecánicos, o sea - por ruptura.

La trituración de minerales se efectúa por - compresión, fracturándose estos al llegar a su límite elástico. Para alcanzar este punto es necesario transmitir a la superficie de los minerales una - fuerza de tal intensidad que permite traspasar el - límite mencionado. Por lo tanto, cada vez que un -

mineral se tritura hay un consumo de energía proporcional a la nueva superficie producida.

Se presenta a continuación un análisis de las fuerzas que se imparten en una quebradora de quijada, ilustrando así el principio de trituración:



F Fuerza Aplicada
 f fuerza de fricción

(fig. 1.)

La fuerza (F) que la quijada móvil aplica a la roca en su punto de contacto, se descompone en - dos, una normal a la quijada fija ($F \cos \alpha$) y otra - vertical ($F \sin \alpha$).

El valor f representa el coeficiente de - fricción, el cual es variable dependiendo de la naturaleza del mineral, siendo igual a la tangente - del ángulo de fricción entre la roca y la quijada. - Teniéndose teóricamente dos puntos de contacto de - la roca con las quijas, el coeficiente de fricción - (0.2 a 0.3) se duplica, teniéndose por consecuencia - los siguientes valores:

ángulo cuya tangente es 0.20	11°19'
ángulo cuya tangente es 0.30	16°42'.

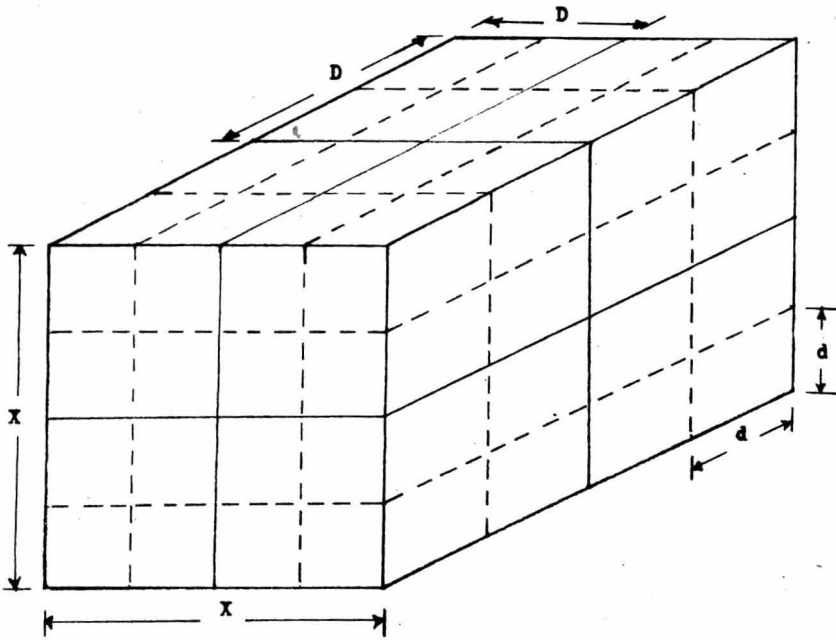
Estos valores anteriores nos dan la abertura teórica entre las quijadas (22°38') a (33°42'), to mándose en la práctica entre 20° y 25°.

Otro factor importante es el conocido como - "relación de trituración":

$$RT = \frac{F(\text{Tamaño de Alimentación})}{P(\text{Tamaño de Descarga})}$$

Los valores de "F" y "P" deben de ser valorados de acuerdo a las granulometrías de la alimentación y de la descarga, de otra forma, se obtendrían resultados erróneos.

Nueva Superficie Producida. Con el objeto de expresar con sencillez el concepto de superficie original y de superficie producida, se supone que un cubo al ser triturado se fracturará en partículas - iguales. Consecuentemente, el cubo de la figura No. 2, tendrá una área original (S),



(fig. 2)

$$S = 6 (X^2) \quad \dots \quad (2)$$

Si la partícula se tritura en la relación - de trituración siguiente:

$$RT = \frac{X}{D} \quad \dots \quad (3)$$

la nueva relación de trituración será:

$$NS = 6 D^2 (RT)^3 \quad \dots \quad (4)$$

Si la misma partícula se tritura en otra -- nueva relación de trituración, que produzca partícu las de lado (d), tendrá la siguiente relación de - trituración (rt) Y NUEVA SUPERFICIE (n s).

$$rt = \frac{x}{d}, \quad \dots \quad (5), \quad ns = 6 d^2 (r t)^3 \quad \dots \quad (6)$$

Consumo de Energía de Trituración. Lo anteriormente expresado, nos ayuda al cálculo del consumo de la - energía requerida en trituración el cual es un pun to muy importante ya que este consumo es muy grande y que requiere de estricto control.

Rittinger enuncia: "El trabajo en la tritu ración es directamente proporcional a la nueva su- perficie producida". Bajo este principio, la expre sión matemática considerando las expresiones (4) y (6) y teniendo un valor determinado en (KW) para el trabajo efectuado en (4), se expresa la demanda de energía en la ecuación siguiente:

$$\frac{KW}{NS} = \frac{kw}{ns} \quad \dots \quad (7)$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$\frac{KW}{6 D^2 (RT)^3} = \frac{kw}{6 d^2 (rt)^3} \quad \dots \quad (8)$$

$$\frac{KW}{kw} = \frac{6 D^2 (RT)^3}{6 d^2 (rt)^3} \dots\dots\dots (9)$$

Despejando (kw) en (7) se tiene:

$$kw = \frac{(ns) (KW)}{(NS)} \dots\dots\dots (10)$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$kw = \frac{6 d^2 (rt)^3 KW}{6 D^2 (RT)^3}$$

$$kw = \frac{d^2 (rt)^3 KW}{D^2 (RT)^3} \dots\dots\dots (11)$$

La aplicación de la ecuación anterior, se considera de suma importancia al variar la relación de trituración en una quebradora instalada para conocer la nueva capacidad de la máquina, ya que se tiene una relación directa como se indica en la siguiente ecuación:

$$\frac{RT}{rt} = \frac{T/hr}{t/hr} \dots\dots\dots (12)$$

de las ecuaciones (11) y (12), se deduce la nueva capacidad para la máquina de referencia o la necesidad de su substitución por otra mayor en potencia o menor, de acuerdo con los siguientes cálculos:

$$t/hr = \frac{(KW) (T/hr)}{kw} \dots\dots\dots (13)$$

Al aplicar en un problema de variación en (RT), se determina que la demanda de energía es mayor al aumentar (RT) y menor al disminuirla, para la misma capacidad.

Para la aplicación práctica industrial, debe considerarse para la determinación de relación de trituración, los tamaños efectivos que corresponden al 80% al cual se halla cada uno de los productos de alimentación (F) y de descarga (P), quedando la interpretación de relación de trituración en la forma siguiente: $RT = \frac{F}{P}$

Determinación de Demanda de Energía de Trituración.

Esta determinación para fines de estudio experimental y de aplicación industrial, se efectúa principalmente por medio de los dos métodos descritos a continuación, llegándose en el primero a una determinación directa de un valor (W) = KWH/t, y en el segundo a un índice de trabajo (W_i) = kwt/t, pudiéndose obtener a partir de cualquiera de ellos el otro valor mediante la aplicación de las ecuaciones de Fred C. Bond siguientes:

$$W_i = W \left[\frac{\sqrt{RT}}{\sqrt{RT-1}} \right] \left[\frac{P}{100} \right] \dots \dots \dots (16)$$

como sea

$$W = W_i \left[\frac{\sqrt{RT-1}}{\sqrt{RT}} \right] \left[\frac{100}{P} \right] \dots \dots \dots (17)$$

Método Directo. Este método en el cual como se ha indicado, determina directamente un valor (W) de consumo de energía en (KWH/t), para una relación de trituración determinada $RT = F/P$, consiste en efectuar a un mineral, al cual se le ha determinado su granulometría y valor (F) en micras, una prueba de trituración en una quebradora de quijadas, determinando la demanda de energía midiendo el amperaje y voltaje tanto en vacío como en operación, así como la capacidad de trituración en t/hr.

Molienda.

Con esta operación se continúa la preparación del mineral. Se logra llevar a cabo con gran eficiencia cuando los molinos son operados en condiciones normales en cuanto a uniformidad en el tamaño de la alimentación, dilución y además satisfacer las siguientes constantes:

- a. Velocidad, b. Carga de Bolas, c. Potencia del Motor

En el concepto de velocidad, se manejan los términos: la velocidad de trabajo y velocidad crítica. La velocidad crítica es aquella a la cual una bola en el interior del molino se adhiere a éste por efecto centrífugo y se desprende al llegar a la parte superior del mismo y cae libremente. La velocidad de trabajo es aquella que da a bolas o barras un movimiento relativo, tal que les permita llegar a determinada posición para que en su caída o rodamiento efectúen su trabajo.

Los cálculos siguientes permiten llegar finalmente a determinar la fórmula de la "velocidad crítica" de los molinos, deducir de ésta la velocidad de trabajo y determinar las fórmulas para las otras constantes.

Fuerza Centrífuga = F C

$$FC = \frac{mv^2}{gr} \dots \dots (1)$$

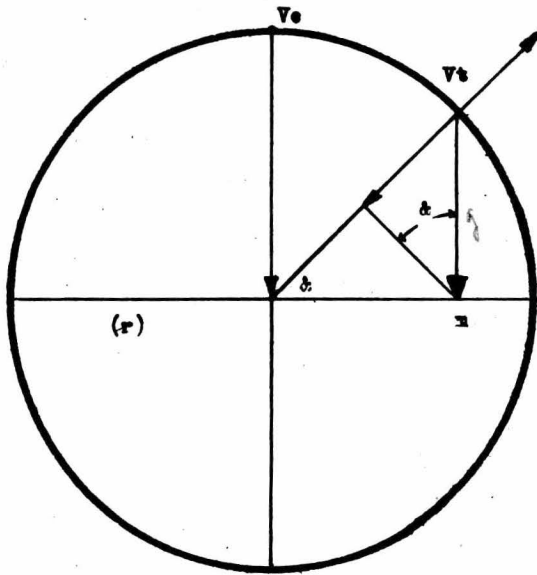
$$Ft = FC - m \text{ sen } \alpha \dots \dots (2)$$

$$Ft = \frac{mv}{gr} - \text{sen } \alpha$$

Si FC = 0

$$\frac{mv^2}{gr} = m \dots \dots (3)$$

Handwritten notes:
 todo de ahí
 se trata que el m...
 ma
 m g = m v^2 / r : v = \omega r
 v = \omega r
 \omega = \sqrt{g/r} = 2\pi n
 \sqrt{g/r} = \sqrt{1/r}



(Fig.3)

$$mv^2 = gr \quad \dots \quad (4)$$

$$v^2 = gr \quad \dots \quad (5)$$

$$\text{Velocidad Periférica } v = n d \quad \dots \quad (6)$$

donde $n = \text{r.p.s.}$ y $d = \text{diámetro.}$

Sustituyendo (5) en (6):

$$gr = n^2 d^2 \quad \dots \quad (7)$$

$$\text{siendo } r = d/2, \quad d^2 = 4 r^2 \quad \dots \quad (8)$$

Despejando n de (7)

$$n = \sqrt{\frac{gr}{d^2}} \quad ; \quad \text{sustituyendo el valor de (r):}$$

$$n = \sqrt{\frac{gd/2}{d^2}} = \sqrt{\frac{g}{2d}} \cdot \frac{1}{\sqrt{d}}$$

$$k_1 = 0.903$$

$$k_2 = 1.2770$$

$$n = \sqrt{\frac{gr}{4r^2}} = \sqrt{\frac{G}{4r}} \cdot \frac{1}{\sqrt{r}}$$

$$n = \sqrt{\frac{g}{4\pi^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{r}} = \sqrt{\frac{g}{4\pi^2 r}} \quad \dots \quad (9)$$

Dando valores:

$$g = 32.2$$

$$4\pi^2 = 39.4784$$

Sustituyendo valores en (9)

$$\sqrt{2} \sqrt{\frac{g}{4\pi^2}} = \sqrt{\frac{g}{2\pi^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{g}{2\pi^2}}$$

$$\sqrt{\frac{k_1}{r}} = \frac{k_2}{\sqrt{d}}$$

(see)

$$k_1 r_1 = k_2$$

$$= k_2$$

$$\frac{1.4142 k_1}{\sqrt{3}} = \frac{k_2}{\sqrt{d}} = V_c$$

$$n = \sqrt{\frac{32.2}{39.4784}} \times \frac{1}{\sqrt{r}} = 0.8156 \frac{1}{\sqrt{r}} = \frac{0.903}{r} \text{ [sec}^{-1}\text{]}$$

$$\text{r.p.m.} = \frac{60 \times 0.903}{\sqrt{r}} = \frac{54.18}{\sqrt{r}} = \frac{54.18 \sqrt{2}}{\sqrt{d}} = \frac{76.62}{\sqrt{d}}$$

Sistema inglés en donde (r) y (d) se dan en pies:

$$VC = \frac{54.18}{\sqrt{r}} ; \text{ r.p.m.} \quad \dots \quad (10)$$

$$VC = \frac{76.62}{\sqrt{d}} ; \text{ r.p.m.} \quad \dots \quad (11)$$

$$54.18 = 60 \frac{g}{4\pi^2} \quad \dots \quad (12)$$

Sistema métrico donde (r) y (d) se dan en metros:

$$VC = \frac{29.9}{\sqrt{r}} ; \text{ r.p.m.} \quad \dots \quad (10')$$

$$VC = \frac{42.3}{\sqrt{d}} ; \text{ r.p.m.} \quad \dots \quad (11')$$

$$29.9 = 60 \frac{g}{4\pi^2} \quad \dots \quad (12')$$

Velocidad de Trabajo. Considerando lo expuesto en la figura (3), la velocidad de trabajo (V_t) se halla a 135° con respecto a la horizontal, por lo que:

$$V_t = \frac{135}{180} = 0.75 \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$V_t = 0.75 V_c \quad \dots\dots\dots (14)$$

Sin embargo y conforme a las necesidades de trabajo e índole del mismo, la velocidad de trabajo se toma entre 70% y 80% de la velocidad crítica.

Carga de Bolas. La carga de bolas en los molinos debe ser un factor constante ocupando un volumen proporcional a ellos. Independientemente del diámetro de la descarga del molino, en términos generales se considera como carga apropiada la que ocupe el volumen correspondiente a un tercio del diámetro de trabajo del molino.

El cálculo siguiente permite determinar en %, el volumen de referencia.

$$h_c = \frac{D}{3} \quad ; \quad h = \frac{D}{6} \quad .$$

$$\text{área } ABCA = OABCO - OAC \quad \dots\dots\dots (1)$$

para poder ver esto es por integración por partes

$$\cos \phi = \frac{h}{r} = \frac{\phi/6}{\phi/2} = 0.333 \quad \dots\dots (2)$$

$$\phi = 70^\circ 31' , \quad 2\phi = 141^\circ 02' \quad \dots\dots (3)$$

$$\tan \phi = \frac{n}{h} ; \quad n = h \tan \phi$$

$$\text{área OAC} = hn = h^2 \tan \phi \quad \dots\dots (4)$$

$$\text{área OABC} = \frac{D^2}{360} 0.7854 \quad 2\phi \quad \dots\dots (5)$$

$$\text{área ABCA} = \frac{D}{360} 0.7854 \quad 2\phi \quad h^2 \tan \phi \quad \dots\dots (6)$$

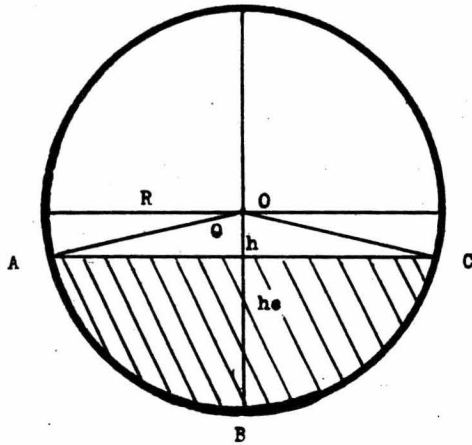
Dando valores y sustituyendo en (6).

Si:

$$D = 2$$

$$R = 1$$

$$h/6 = 0.333$$



(Fig. 1.)

$$\begin{aligned} \text{ABCA} &= \frac{4 \times 0.7854}{360} \times 141.03 - (0.1109 \times 2.8265) \\ &= 0.008727 \times 141.03 - 0.31346 = 0.91731 \end{aligned}$$

área de la circunferencia = 3.1416

$$\% \text{ del volumen} = \frac{0.91731}{3.1416} \times 100 = 29.20 \% \quad \dots\dots (7)$$

Para determinar la carga de bolas, el volumen determinado deberá ser afectado del volumen de huecos que corresponde a 30 % del mismo y el producto del volumen resultante por el peso específico de los miembros de trabajo, proporciona así el peso de la carga de bolas.

Carga de Bolas = C_b

$$C_b = \frac{(29.20 \times 0.7) \text{ V\&}}{100}$$

$C_b = 0.2044 \text{ V \&}$, donde:

V = Volumen del molino en m^3

\& = Peso específico (7.85 para fierro y 2.72 para guijarros)

Demanda de Energía. Desde el punto de vista mecánico, la energía necesaria para mover un molino, es directamente proporcional a su peso y velocidad de trabajo. Sin perder desde ningún punto de vista el aspecto mecánico, metalúrgicamente el consumo de energía, es directamente proporcional a la nueva superficie producida. (Rittinger)

Bajo los principios fundamentales expuestos, Gow determinó que el consumo efectivo de energía en un molino es directamente proporcional al cubo del radio del molino e inversamente proporcional a la raíz cuadrada del mismo, o sea que la energía efectiva es proporcional a la potencia 2.5, del radio del molino.

Partiendo de esta base, Faherenwal y Lee relacionaron el consumo de energía de un molino de laboratorio perfectamente controlado de 60.96 cm. de diámetro por 60.96 de long., con uno de tipo industrial de 1.21 metros diámetro por 1.82 m. de long., encontrando la relación siguiente:

$$\frac{KW}{kw} = \frac{D^{2.6} L}{d^{2.6} l} \quad \dots\dots (1)$$

Siendo proporcional la demanda de energía a la nueva superficie producida y ésta a la capacidad de molienda, se puede substituir la demanda de energía (KW) por la capacidad (T) en toneladas por 24 horas, para determinar el tamaño del molino y la potencia requerida para su operación, quedando ésta expresada en la siguiente ecuación (3):

$$\frac{T}{t} = \frac{D^{2.6} L}{d^{2.6} l} \quad \dots\dots (2)$$

Esta ecuación proporciona el tamaño del molino en diámetro (D) y longitud (L), con cuyos datos se obtiene el motor requerido para su operación.

Sin embargo, la siguiente ecuación que se origina - de la ecuación de velocidad crítica (12) del anterior capítulo de molienda, $54.18 = 60 \sqrt{\frac{g}{4g^2}}$, permite

calcular la potencia necesaria para un molino, siendo ésta correspondiente al 54.18 % del volumen del molino en pies cúbicos, afectado de un 20%.

$$\text{H.P.} = 0.5418 V \quad \dots \quad (3)$$

La determinación experimental de molienda - en el laboratorio, permite, la selección del molino industrial y determinar la potencia requerida para su operación.

El Bureau of Mines, estandarizó para este tipo de estudios un molino de bolas de 20.32 cm. de \emptyset por 19.0 cm. de longitud, con carga de bolas de 8.6 Kg y velocidad de trabajo de 71 r.p.m. Para el mismo objetivo, la Denver Equipment Co. estandarizó un molino de barras de 19.05 cm. de diámetro por 38.10 cm. de long., con carga de 15.6 Kg. de barras y velocidad de trabajo de 42 r.p.m., cuyos valores calculados (d 2.6) son

<u>Molino</u>	<u>Medidas</u>	<u>d^{2.6} l</u>
U.S. Bureau of Mines	20.32 x 19.05 cm	47,917.665
Denver Equipment Co.	19.05 x 38.10	81,031.041

En los laboratorios de la Comisión de Fomento Minero en donde se han realizado un gran número de pruebas de molienda, se ha llegado a comprobar -

la ecuación (2) bajo las siguientes condiciones:

Molino	Alimentación
Laboratorio	-10 mallas
Industrial	- 1.27 cm

Experimentalmente, en el laboratorio se determina el tiempo de molienda necesario para moler una dilución de 1:1 de 1000 g de mineral de -10 a -65 mallas. Al mineral de alimentación (F) a -10 mallas se le determina el porcentaje a +65 mallas, teniendo el tiempo efectivo de trabajo mediante la siguiente proporción:

$$\frac{T}{C} = \frac{T_e}{100}$$

Donde:

T = Tiempo en minutos.

C = Porcentaje a -10 + 65 mallas,

Te = Tiempo efectivo.

CRIBADO.

Otra operación fundamental de nuestro proceso, es el cribado. El cribado consiste en la separación de partículas de varios tamaños en dos o más porciones, cada una de las cuales es más uniforme, en tamaño de partícula, que la mezcla original.

El cribado cumplirá también, con la función de medir eficiencias de trituración y molienda, mediante el respectivo análisis de cribas.

La operación de cribado se lleva a cabo al hacer pasar material al través de una superficie - provista de aberturas de tamaño determinado.

Estas superficies de cribado pueden ser de tres tipos:

- a) de varillas paralelas
- b) planchas horadadas
- c) mallas metálicas

Los principales factores que afectan el cribado son:

1. Tamaño de las aberturas de la superficie de cribado.
2. Tamaño relativo de partículas respecto a la abertura de la superficie de cribado.
3. Porcentaje de aberturas respecto al total de la superficie de cribado.
4. Angulo de contacto de las partículas con la superficie de cribado.
5. Velocidad de llegada de las partículas a la superficie de cribado.
6. Contenido de humedad del material a ser cribado.
7. La *posibilidad de estratificar el material a cribar*, en capas formadas por partículas del mismo-tamaño.

8. Densidad.

9. Proporción de finos.

El equipo que industrialmente se emplea para la operación de cribado es muy diverso, dependiendo de la cantidad y tipo de material a cribar; se tienen cribas estacionarias, cribas oscilantes, reciprocantes, cribas giratorias (Trommel) y cribas gigantes separadas por espaciadores (grizzlies)

Capacidad de Cribas de Diversos Tipos

<u>Tipo</u>	<u>Rango de Capacidad en Ton/m² de área por mm de abertura por 24 horas.</u>
Estacionarias	10.76 a 53.82
Giratorias	3.22 a 21.52
Oscilantes	21.52 a 86.11
Vibratorias	53.82 a 215.28

Para determinar el área requerida para cribar una cantidad dada de alimentación a una criba, se puede emplear la siguiente relación:

$$\text{Area} = \frac{\text{Alimentación en TPH}}{\text{B.O.U.W. A.M.D.Q.E.T.Z.}} = \text{metros cuadrados} + (10\%) \text{Factor de Seguridad}$$

Para determinar la capacidad estimada de una criba, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$C = B.O.U.W.A.M.D.Q.E.T.Z.$

Siendo cada uno de los factores:

Area = área en pies cuadrados.

C = Capacidad en TPH por metro cuadrado de cama

B = Capacidad básica - TPH/m^2

O = Porcentaje de Gruesos. (factor)

U = Porcentaje de Medios. (factor)

W = Factor por peso de material en g/lit.

A = Factor de abertura en la cama.

M = Factor por cribado húmedo.

D = Factor por el número de camas.

Q = Factor por porcentaje de área de abertura.

E = Factor por la eficiencia deseada. (90 % es la estándar)

T = Tipo de material.

Z = Factor por humedad de superficie.

CLASIFICACION.

El término "clasificación" es usualmente - restringido a aquellos procesos en los que se clasi fican partículas de acuerdo a sus diferentes veloci dades de desplazamiento dentro de un medio fluido.- En la práctica esto significa frecuentemente, los - procesos que aprovechan las diferentes velocidades- de caída de partículas en agua. El otro medio flui- do importante, además del agua, es el aire. Estos - procesos son conocidos también con el nombre de -- "procesos de separación por gravedad".

Las fuerzas que actúan en la caída libre de una partícula a través de un medio, y en este caso- se hablará del agua como medio fluido, son el peso- neto de la partícula y la resistencia R ofrecida - por el agua. Se supone que las paredes del recipien- te están lo suficientemente alejadas y no afectan - en nada al desarrollo del proceso. Aplicando la ter cer a Ley del movimiento:

$$(m - m')g - R = m.f. \quad \dots\dots \quad (1)$$

donde "m" es la masa de la partícula; "m'" es la ma sa del fluido desplazada por la partícula; "f" es - la aceleración de la partícula; "g" es la acelera ción debida a la gravedad.

La resistencia "R" es una función compleja- y está compuesta por la velocidad "v" de la partícu la respecto del volumen de agua. Cuando "v" es lo - suficientemente pequeña para que el flujo sea lami- nar, la resistencia es debida al esfuerzo por desli-

zamiento presentada por el líquido a la superficie de la partícula. Si un cuerpo esférico de diámetro "d" cae libremente a través de un líquido de viscosidad "n", se puede aplicar la Ley de Stokes, para el flujo laminar:

$$R_s = 3 \quad n v \quad \dots \dots \dots (2)$$

Cuando la velocidad es alta, las condiciones son de flujo turbulento, siendo la energía por esfuerzo cortante dispersada al líquido en forma de energía cinética y calor, complementando así las condiciones iniciales. Bajo estas condiciones, se aplica la ley de Newton:

$$R_t = \frac{1}{8} \quad \rho \quad d^2 \quad v^2$$

siendo ρ la densidad del líquido.

Insertando R_s y R_t por R en la ecuación 1 e igualando a m con:

$m = 1/6 \cdot \rho_s d^3$ y $m = 1/6 \cdot \rho_1 d^3$, donde ρ_s es la densidad de la partícula, las siguientes ecuaciones para flujo laminar y para flujo turbulento son obtenidas:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\rho_s - \rho_1}{\rho_s} g - 18 \frac{n v}{\rho_s d^2} \quad \text{para flujo laminar} \quad (3)$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\rho_s - \rho_1}{\rho_s} g - \frac{3}{4} \frac{v^2}{d} \frac{1}{\rho_s} \quad \text{para flujo turbulento} \quad (4)$$

Cuando $dv/dt=0$, v se vuelve máxima o velocidad terminal v_T , dada por:

$$v_T = \frac{d^2}{18} \left(\frac{s - 1}{n} \right) g \quad \text{para flujo laminar} \quad \dots (5)$$

$$v_T = \frac{h}{3} dg \left(\frac{s - 1}{1} \right) \quad \text{para flujo turbulento} \quad \dots (6)$$

Considerando que en la mayoría de las aplicaciones se llevan a cabo dentro de un rango de Re de 2 a 800, para el cual no se ha desarrollado una formulación teórica adecuada, Rittinger propone la siguiente ecuación para el cálculo de la velocidad terminal, o velocidad máxima:

$$v_T = \frac{4}{3} dg \left(\frac{s - 1}{1} \right) \cdot R \quad \dots \dots \dots (7)$$

donde "R" tiene un valor de 2.5 para condiciones típicas de trabajo para el tratamiento de minerales.

La teoría anteriormente señalada ignora un sinnúmero de complicaciones, que influyen significativamente en la práctica.

Primero, las partículas no son exactamente esféricas, afectando esto a la velocidad de caída de las partículas, la cual será específica para cada contorno de partícula y estrictamente hablando, para cada partícula. Otra complicación importante es la debida a las interferencias producidas por pa

redes, fondo y por la presencia de otras partículas, que afectan el desplazamiento de cada una de las - partículas.

El equipo utilizado para clasificación, es muy diverso. Esto depende en mucho, del tamaño de - partícula a manejar, del volumen a tratar así como de la densidad de las partículas. Se tienen clasifi- cadores con rastrillos, centrífugos, neumáticos, de charolas, hidráulicos, etc.

FLOTACION.

La flotación es un método para concentrar - minerales metálicos que se basa en la afinidad que - las superficies de los minerales, debidamente prepa- rados, tienen por las burbujas de aire. En la flota- ción con espuma (que es la forma más usual de flota- ción), se prepara una espuma, la cual es formada in- troduciendo aire en una pulpa de mena finamente di- vidida y agua que contiene algún reactivo espumante. En la flotación se mantiene constantemente agitadas a las partículas sólidas junto con agua sobre la - que se mantiene una capa de espuma espesa. Debido a las distintas propiedades superficiales de los cuer- pos sólidos, uno de ellos adsorbe con más facilidad la fase acuosa se moja perfectamente y se hunde en- el líquido. El otro sólido en cambio, adsorbe de - preferencia al aire, quedando recubierta total o -- parcialmente por la fase acuosa. La densidad aparen- te de las partículas de este sólido, adheridos a - las burbujas de aire (que su superficie adsorbe) re- sulta menor que la del agua, por lo que el conjunto

flota y se sostiene en la superficie del líquido, formando una espuma "mineralizada" que puede hacerse rebosar continuamente por el borde superior de la cuba de flotación. La flotación depende solamente de las características superficiales de los sólidos, la separación de las partículas sólidas se logra con entera independencia de las densidades de las mismas.

Las operaciones de flotación y los aparatos que se emplean en ellas han experimentado su desarrollo y perfeccionamiento precisamente en la industria minera, en la que más del 80% de las concentraciones de minerales se efectúan por este método.

La flotación aplicada a la concentración de minerales se lleva a cabo en concomitancia con otras operaciones tales como la fragmentación, la clasificación, la concentración por gravedad, el espesamiento y la filtración. Debido a la importancia de las condiciones superficiales de los sólidos y la necesidad de que las burbujas de aire sostengan a las partículas sólidas en la espuma, en la mayoría de los casos la flotación se realiza con materiales divididos (desde 20 mallas) por lo que las menas impuras extraídas del yacimiento, son trituradas, molidas en molinos de bolas en presencia de agua, luego clasificadas y después tratadas por flotación para producir un concentrado de uno o más minerales mientras que el resto de los minerales que pudieran estar presentes, quedan retenidos en la pulpa. *El concentrado se espesa luego, se filtra y* después se envía para tratamiento químico o pirometalúrgico según se requiera, a efecto de prepararlo

para su consumo final. La flotación es un proceso - tan polifacético que se puede ejecutar en concomitancia con una, todas, ninguna de las operaciones auxiliares mencionadas. La producción y regulación de - películas superficiales ha menester la aplicación - de la Química Orgánica, Inorgánica y la Coloidal, - de suerte que el tema es bastante complejo.

En principio, la flotación depende de la humectabilidad relativa de las superficies. Un sistema de flotación, consta de un líquido, un gas y algún material reducido a partículas. Este último puede ser un líquido, pero de ordinario es un sólido - cuyas dimensiones varían desde algo menos de 1 mm - hasta tamaños menores de 1 micra. La superficie - del material puede ser naturalmente resistente a la humectación, pero de ordinario tiene que ser tratada con diversos reactivos de flotación para producir el grado conveniente de humectabilidad o resistencia a la humectación. Este proceso viene gobernado por la energía de interfase, en la que la tensión interfacial es el factor decisivo. Cualquier - superficie, sólida, líquida o gaseosa, se opone a - su ampliación y se comporta exactamente como si se hallara en tensión. Esta tensión superficial es la que induce a las pequeñas masas de agua en el aire a tomar la forma esférica o de gota y a las pequeñas masas de aire en el agua, a tomar la forma esferoidal y convertirse en burbujas, ya que la esfera es el cuerpo que ofrece el mínimo superficie por - unidad de volumen. La fuerza interfacial se define como la fuerza de resistencia que se opone a la ampliación de la superficie. Su valor relativo, queda determinado mediante el ángulo formado entre las su

perficies o interfases cuando tres o más fases se hallan en contacto y en equilibrio.

✓ En el proceso de flotación intervienen factores químicos, físicos y fisicoquímicos. Estos últimos no han sido aún, explicados satisfactoriamente; pero hay muchos factores físicos y químicos que se deben de tomar en cuenta. Los factores químicos que han de ser considerados al estudiar la flotación son: la estructura cristalina de los minerales, la estructura y composición del agua, la química de los reactivos de flotación y sus reacciones químicas de superficie con los minerales, así como las asociaciones naturales de estos.

El medio más empleado para la flotación, es el agua. Esto se debe a su polaridad y a su abundancia. Por lo que se refiere a los reactivos de flotación son empleados los siguientes:

✓ 1. Reactivos colectores o promotores, los que al ser añadidos son adsorbidos por la superficie de la partícula sólida formando una película y así conseguir un aumento en el ángulo de contacto.-
 2) Reactivos espumantes los cuales son necesarios para evitar la coalescencia de las burbujas de aire cuando llegan a la superficie del agua manteniendo así, una espuma persistente. Estos reactivos deben ser ligeramente solubles en agua y al ser adsorbidos por la superficie de separación entre el aire y el agua tienden a disminuir la tensión superficial del agua. 3) Reactivos activadores o depresores, generalmente denominados como reactivos modificadores y que tienen como función el cooperar al revesti-

miento hidrorrepelente al mineral que se desea flotar actuando como activador en esta forma, mientras que como depresor sería la de impedir la adherencia del ión colector sobre la partícula sólida. 4) Reactivos dispersantes, los cuales tienen por objeto -- el romper aglomerados de partículas de minerales y de ganga.

U Otro factor muy importante, es el relativo al pH, el cual regula directamente el proceso de - flotación. Los modificadores del pH, como lo son la cal apagada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y la sosa NaOH , pueden actuar en un momento dado, como activadores o como depresores, según sea el caso.

Los factores físicos participan de diversas maneras en la flotación. Una vez preparada una partícula con una superficie hidrorrepelente, se ha de poner ésta en contacto con una interfase de aire y agua, de tal manera que se mantenga en esa interfase el tiempo necesario para que se efectúe la separación. El método más común para obtener estas condiciones es el de la flotación con espuma, por lo - que para que las partículas se puedan poner en contacto con las burbujas de aire, se requiere de agitación de la pulpa, la cual se puede conseguir por métodos mecánicos o haciendo pasar una gran canti-- dad de aire. Si la fuerza de adherencia de la partícula a la burbuja es lo suficiente como para resistir las fuerzas de deslizamiento o las tracciones - gravitacionales y centrífugas y a la turbulencia de la pulpa, la partícula asciende hacia la superficie. El tamaño y la densidad del mineral, la relativa - propiedad antihumectante de la superficie del mineral y la turbulencia y densidad de la pulpa, son -

factores determinantes. La temperatura, es otro factor que está relacionado estrechamente, con el proceso de flotación.

Los factores que intervienen y regulan un proceso de flotación son complicados y no fácilmente susceptibles de cálculo. Mediante ensayos con aparatos normalizados de laboratorio pueden determinarse cierto número de datos, los suficientes para que estos sirvan de guía en los cálculos; estos ensayos se realizan en las mismas instalaciones de flotación o en laboratorios especializados.

✓ Cuando se haya decidido sobre las mejores condiciones operatorias, deberán obtenerse los siguientes datos para cada unidad de flotación:

1. Densidad de los dos minerales que se han de separar.

2. Densidad de la pulpa en la celda de flotación, expresada, bien como fracción en volumen de los sólidos o por la relación en peso L/S, entre el agua y los cuerpos sólidos.

3. Composición de la alimentación y de los productos.

4. Reactivos y cantidades de los mismos a utilizar, determinadas experimentalmente en cada caso.

5. Tiempo de contacto, expresado generalmente como tiempo medio, en minutos, que la pulpa ha de permanecer en la celda de flotación.

6. Tipo de celda de flotación, mecánico o neumático, en la cual se realizó el ensayo de laboratorio.

A estos datos deben agregarse:

7. Capacidad deseada de producción, expresada comúnmente en toneladas métricas de sólido a manipular por hora o por 24 horas.

Con esta información el proyectista puede calcular:

8. Capacidad de la serie de celdas, y número necesario de máquinas.

9. Si se usan equipos neumáticos, la cantidad necesaria de aire comprimido y potencia de los compresores.

10. Si se usan equipos de flotación mecánicos, podrá definir la potencia necesaria para la agitación.

SEDIMENTACION.

Se conoce con el nombre de sedimentación a la separación de una suspensión en dos fases, una superior formada por un fluido claro y libre de partículas sólidas y otra fase inferior constituida por lodos. La sedimentación comercial se lleva a cabo como un proceso continuo en equipos conocidos con el nombre de espesadores o en grandes tanques donde se puede llevar a cabo la operación de sedimentación.

Para la operación continua de sedimentación se emplean los mencionados espesadores, que son - grandes tanques con fondo en forma de cono invertido, los cuales están equipados con rastrillos, que tienen un movimiento muy lento producido por un motor, el cual puede estar localizado central o periféricamente. Con este movimiento, se consigue desplazar a los lodos hacia el centro del espesador - donde por el fondo se procede a descargarlos, mientras que el fluido claro y libre de partículas sólidas, se descarga por la parte superior del espesador, por rebozamiento, succión u otra forma para liberación de fluidos. La alimentación al espesador - es por la parte central y superior del mismo, debiendo ser esa alimentación en forma tal que no produzca mucha agitación durante su entrada.

La capacidad de un espesador o en general, - de cualquier equipo de sedimentación, está basada - en la forma a llevar a cabo dos funciones: una que es la de clarear el líquido mediante la eliminación de sólidos suspendidos en el líquido y la segunda - que es la de espesar los lodos mediante la eliminación del líquido. Para la capacidad de un espesador es importante tomar en cuenta el área de control para espesamiento de lodos con respecto a la cantidad en volumen, que se alimenta al espesador.

La capacidad de clarificación de un espesador, se determina por el valor correspondiente a la velocidad de asentamiento de los sólidos en suspensión. Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden tener tres casos:

1. Si la velocidad de asentamiento de las partículas sólidas es menor que la de ascenso del líquido, este líquido no tendrá la suficiente limpieza por la presencia de muchas partículas sólidas arrastradas en él.
2. Si la velocidad de asentamiento es igual a la de ascenso del líquido, habrá una alta concentración de partículas sólidas en la zona de clarificación produciéndose con el tiempo que esa zona se congestione y que entonces las partículas comiencen a ser arrastradas con el líquido ascendente.
3. La tercera posibilidad, que es la adecuada, se tiene que la velocidad de asentamiento de las partículas debe ser lo suficientemente grande como para que las partículas no sean arrastradas por el líquido en su ascenso.

Experimentalmente, se pueden obtener datos que pueden ayudar al cálculo de diseño de espesadores. Sin embargo, en el trabajo práctico y no a escala de laboratorio, se tiene que en la parte inferior de un espesador en donde la concentración de sólidos es lo suficientemente alta, se provoca por esa misma concentración un retraso en el asentamiento llegando a exceder la velocidad de ascenso a la de asentamiento, afectándose así al diseño de un espesador, aunque este fenómeno no llegue a influir en la concentración y limpieza del líquido descargado en la parte superior del espesador. Sin embargo, al hacer los cálculos para el diseño de un espesador, es necesario considerar los valores de asentamiento para diferentes concentraciones y la corres-

pendiente velocidad vertical del líquido o fluido, generalmente agua, para dar una correcta área para el espesador, procurando así alcanzar una separación o clasificación adecuada.

La siguiente relación puede ser empleada para calcular el área requerida para una clarificación o separación adecuada.

$$A = Q \frac{(F - D)}{R} \dots\dots\dots (1)$$

donde:

A = Área requerida para espesar los lodos, constituidos por D

D = Parte (en peso), de fluido por una parte de sólidos a la descarga de los lodos.

F = Parte en peso, de fluido por una parte de sólidos en la alimentación.

Q = Masa de sólidos tratadas por unidad de tiempo - (kg/hr)

R = Valor de la velocidad de asentamiento de la pulpa, constituida por F.

= Densidad del fluido.

La capacidad de espesamiento puede ilustrarse considerando el efecto de variación en el valor de la -

descarga de lodos, como se indica en la figura (5), El grueso o espesor de la zona de compresión o de espesamiento aumenta al disminuir el valor de la descarga de líquido y la concentración en la descarga de lodos aumenta al aumentar el ancho de la zona de espesamiento, al menos para una alimentación constante.

Las curvas indican la concentración como una función del grosor de la zona de compresión e indican también, la influencia de la acción de los-rastrillos.

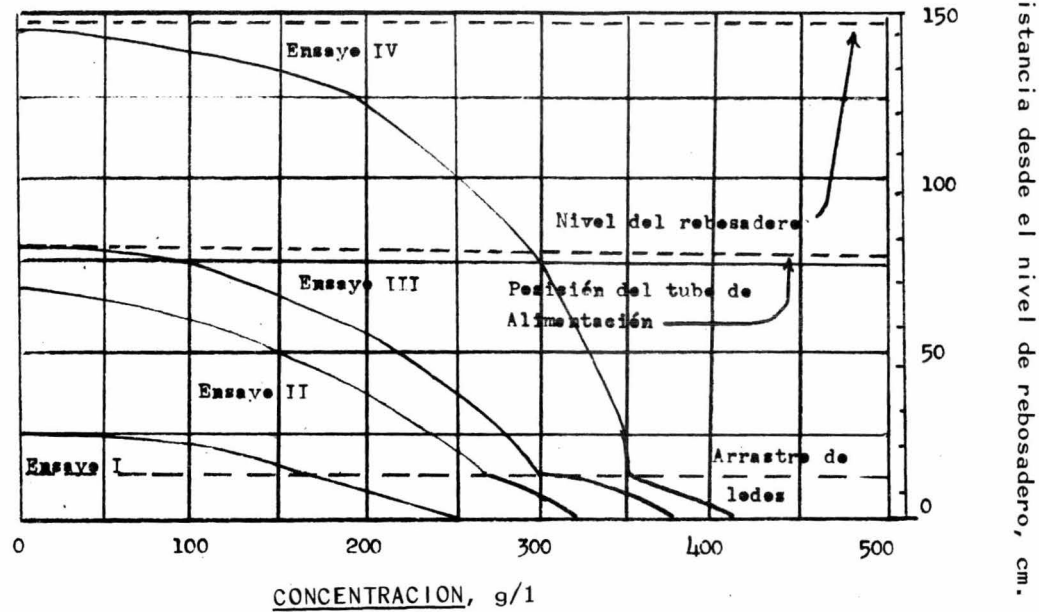
La concentración de los lodos a la descarga en un espesador continua, depende del grosor de las zonas de compresión o espesamiento y del tiempo de permanencia de los sólidos, en esta zona. La altura de un espesador depende en gran parte del grosor de la zona de compresión y del tiempo de permanencia de los sólidos en esta zona.

El volumen requerido para la zona de compresión, puede ser calculado por la siguiente relación, la cual nos indica que este volumen es igual a la suma del volumen ocupado por los sólidos más el volumen del fluido en el que están suspendidos las partículas sólidas:

$$V = Q(t - t_r) \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{1} \frac{L}{S} \right) \text{ prom.}$$

donde:

Concentración en función de la altura, en una sedimentación continua, señalando la influencia del flujo de desagüe de los lodos. Esta velocidad disminuye del ensayo I al IV.



(FIG.5)

V = volumen en la zona de compresión

Q = cantidad de sólidos alimentados, por unidad de tiempo

$t - t_c$ = tiempo de retención

L = masa de líquido en la zona de compresión.

S = masa de sólidos en la zona de compresión.

s = densidad de los sólidos en la operación.

l = densidad del líquido.

FILTRACION.

Filtración es el método de purificación, - clarificación y de manera más común, es el método - de separación de sólidos y líquidos, que en conjunto formaban una mezcla heterogénea. Esta separación se logra por medio de la utilización de un medio - filtrante.

Existen diversos sistemas de filtración. En todos ellos, la mezcla fluye como resultado de la - acción de alguna fuerza impulsora como la fuerza de gravedad, presión, vacío, o alguna fuerza centrífuga. El medio filtrante retiene y soporta a las partículas sólidas que van formando una torta porosa - sobre la cual se superponen capas sucesivas a medida que el líquido va atravesando la torta y el medio filtrante. Las diversas formas para producir la fuerza impulsora que mueva al fluido, los diferentes métodos de separación de la torta y las distin-

tas técnicas usadas para eliminar el fluido filtrado, requieren de una gran variedad de equipos y aparatos para filtración. Generalmente, los filtros se clasifican de acuerdo con la naturaleza de la fuerza impulsora, que mueve al fluido. Pero los tipos principales de filtros son:

Filtros por Gravedad, Filtros de Placas y Marcos, Filtros Discontinuos de Láminas, Filtros de Vacío, Filtros Centrífugos.

Hay muchas variables a ser investigadas - cuando se trata del proceso de filtración, ya sea para su optimización o para su implementación.

Para la adecuada evaluación de las pruebas, el investigador deberá de determinar si el problema va a requerir del uso de vacío, presión u otro tipo de modo de filtración, si la operación deberá ser continua o no, si el sólido, o el líquido o ambos, son productos valiosos, y en general conocer los pasos previos y posteriores del proceso.

Además, es necesario conocer la respuesta a las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuál es la composición de los lodos o la relación sólido-líquido del mismo?
- b) ¿Cuál es la cantidad de sólidos y líquidos a ser manejados?
- c) ¿Cuál es el análisis de cribas? Si el material sólido es cristalino bien definido, precipitado, etc..

- d) Temperatura de filtración.
- e) ¿A qué pH se llevará a cabo la filtración?
- f) ¿Cuál es el producto valioso? (el filtrado o el sólido).
- g) ¿Cuál es el contenido de humedad requerido en la costra final?
- h) Si la costra de sólidos va a ser secada, ¿cuál es la temperatura límite para esta operación?
- i) ¿Es necesario el lavado de la costra?; y si es esto necesario,
 - 1. ¿Qué tanto lavado debe hacerse?
 - 2. ¿Qué líquido puede ser usado para el lavado?
 - 3. ¿Cuál es la volatilidad del líquido de lavado?
 - 4. ¿Cuál es la mejor temperatura de lavado?

Con respecto al filtrado, deben conocerse los siguientes datos:

- a) Si se requiere una claridad en el filtrado, ¿cuál debe ser esa claridad? ¿Cuál es la cantidad permisible de sólidos, en el filtrado?
- b) ¿Cuál es la disposición del filtrado?

- c) ¿Es necesario separar el líquido de lavado del líquido filtrado?
- d) ¿Cuál es la gravedad específica del filtrado?

Para la costra formada, deben de hacerse las siguientes preguntas:

- a) ¿Qué tipo de costra se formará?
- b) ¿La descarga del medio filtrante, será continua y limpia?
- c) ¿Qué tipo de mecanismo para descarga de la costra, será empleado?
- d) ¿Cuál es el contenido de humedad y el peso, por unidad de volumen?

Para la obtención de los datos de operación de un filtro, es necesario tomar en cuenta las características del lodo, de la torta y de la operación en sí.

Datos específicos del lodo tales como: relación de sólidos en suspensión, densidad del filtrado, densidad de los sólidos en el lodo, viscosidad del líquido filtrado, tensión superficial del filtrado. Los datos de la torta más importantes son: porosidad, esfericidad, tamaño medio de partícula, espesor de la torta. Datos de operación tales como: relación de lavado, vacío requerido durante la operación, dimensiones del filtro, cielo de filtración (depósito de la torta, primer escurrido, lavado, segundo escurrimiento, y separación de la torta). Además, será necesario calcular la constantes de operación C_L correspondiente al espesor de la torta, C_V correspondiente al volumen del filtrado y C_t que es

tá referida al tiempo y que incorpora las variables que afectan al flujo del filtrado.

TRANSPORTE DE MATERIALES.

Durante todo el proceso, se lleva a cabo un flujo de materiales complejo, constituido en forma preponderante por el del mineral procedente de la mina y de este mismo, en cada uno de los diferentes pasos del proceso.

Para el manejo de materiales en operación - continua se han desarrollado maquinarias adecuadas - sin las cuales no sería posible muchas veces, el desarrollo en sí de estos procesos, contándose con - equipo vario acorde con el tipo de material a - - transportar y a las condiciones en general, de operación para el transporte de material.

Una primera división dentro de este tipo de equipos se refiere a que los hay móviles y de instalación permanente. Dentro del grupo de equipo móvil se encuentran: Palas mecánicas autopropulsables, -- grúas autopropulsables, camiones industriales, tractores, grúas puente. Como ejemplo de equipo del - grupo de instalación permanente están: los alimentadores de placas, transportadores de banda, transportadores helicoidales, elevador de cangilones.

Dentro de los equipos de instalación permanente se distinguen dos clases: a) Para acarreo vertical y b) Para acarreo horizontal. El elevador de -

cangilones es un ejemplo clásico, de equipo de instalación permanente utilizado en acarreo vertical.- Equipo para acarreo horizontal y la instalación permanente está representado por: transportadores de banda, alimentadores de placas, transportadores helicoidales, transportadores vibratorios, etc.. Aún-aquí se presenta otra nueva división: transportadores mecánicos y transportadores electromecánicos. - Como ejemplo de transportador electromecánico está- el transportador vibratorio, mientras que el resto- de los mencionados anteriormente, con del tipo me- cánico.

Cuando el material a mover es llevado de un lugar fijo a otro también fijo, ya sea en forma con- tinua o de intervalos frecuentes resulta más econó- mico el manejar estos materiales con equipo de ins- talación permanente. Cuando el material deba de pa- sar por una serie de pasos dentro de su tratamiento, la alimentación por gravedad es frecuentemente em- pleada. Es decir, el aprovechar la fuerza de grave- dad para el transporte de material deberá de ser un común denominador. De acuerdo con el tipo de proce- so, en lo referente a cantidad y tipo de material, - así como las distancias a mover este material, para el tratamiento de mineral de cobre, se utilizarán - transportadores mecánicos tales como alimentadores- de placa y transportadores de banda.

Los transportadores de banda consisten en - bandas continuas que están sostenidas por medio de- soportes y que están conectadas con los medios im- pulsosores. Los transportadores de banda pueden mane- jar una amplia variedad de materiales, así como -- grandes cantidades de material, requiriendo para -

ello una potencia relativamente pequeña. El costo inicial de los transportadores de banda suele ser más alto con respecto a otros transportadores, pero éste no es el factor importante en la decisión para la selección de este equipo. La banda está colocada sobre rodillos guía, arreglados de tal manera que la banda toma la forma de artesa. El ancho de las bandas va desde los 35 cms. hasta 1.52 m. de ancho.

Con respecto a los requerimientos de potencia de los transportadores de banda se deben de considerar un cierto número de variables y puede ser estimado mediante la utilización de fórmulas empíricas, como la siguiente:

1. Para el transportador vacío (valor mínimo):

$$hp = \frac{F(L+L_0)(0.03 WS)}{990}$$

2. Para el material (excluyendo la banda) conducido horizontalmente:

$$hp = \frac{F(L+L_0)T}{990}$$

3. Para la elevación del material (excluyendo la banda):

$$hp = \frac{T \cdot Z}{990} \quad (\text{negativo cuando el viaje es hacia abajo}).$$

4. Total (suma de 1, 2 y 3)

$$hp = \frac{F(L+Lo)(0.03WS)}{990} + \frac{F(L+Lo)T}{990} + \frac{T \&Z}{990}$$

$$hp = \frac{F(L+Lo)(T+0.03WS) T \&Z}{990}$$

Donde hp = potencia requerida.

F = Factor de fricción (0.05 para cojinetes-sencillos y 0.03 para cojinetes antifriccionantes)

L = Longitud del transportador entre las poleas terminales (m)

Lo = 100 para cojinetes sencillos, 150 para cojinetes antifriccionantes.

S = Velocidad de la banda (m/seg)

T = Material (ton/hora)

&Z = Incremento en elevación del material (m)

S = Masa (kg) de las partes en movimiento incluyendo la banda y los rodillos guía, en cada metro, entre las poleas terminales.

Otro equipo para transporte de material muy utilizado en procesos de extracción metalúrgica, es el alimentador de placas. Este es semejante al de banda, ya que el material sólido es transportado en un canal móvil que, en este caso, está formado por secciones de metal o de madera, articuladas entre -

sí, en lugar de una banda flexible y blanda. Estos se utilizan cuando los materiales a manejar producirían daños por abrasión y carga a los transportadores de banda. Se utiliza principalmente para recibir en forma directa, la descarga de quebradores o de silos de almacenamiento, siendo esta descarga muy violenta, por lo que su estructura es más pesada, que la de los transportadores de banda. El gran peso de este alimentador limita su aplicación a distancia relativamente cortas y velocidades menores, pero pueden acarrear cargas mucho más pesadas, que los transportadores de banda. Sólo tienen un punto de descarga el cual se encuentra en el extremo del cabezal del alimentador.

Los datos siguientes deben de ser utilizados para realizar los cálculos preliminares para identificar los requerimientos de potencia y la selección de un alimentador de placas:

A = Longitud entre la tolva y el alimentador

B = Longitud del alimentador cubierta por el material durante el transporte

E = Longitud del rodapie.

D = Grosor de la alimentación

L = Longitud del alimentador

H = Elevación total a la que se lleva el material

W = Ancho interno del rodapie

Wf = Densidad del material a manejarse

Una vez definidos los anteriores datos, se-

procede al cálculo de la velocidad de transporte -- del material de acuerdo a las necesidades de alimen tación de material. Para el cálculo de velocidad se puede seguir la siguiente formulación:

$$\frac{33.3 \times \text{TPH}}{W \times D \times W_f \times V_f} = \text{m/seg (velocidad del alimentador)}$$

Donde V_f es un factor que depende del tamaño de par tícula máxima, a transportarse y que corresponde a: 0.75 para tamaños mayores de 30 cm; 0.85 para tamaños de 15 a 30 cm; 0.9 para tamaños menores de 15 - cm.

El cálculo de la potencia requerida para un alimentador de placas se lleva a cabo, sumando las potencias requeridas para vencer las resistencias - presentadas por las fricciones en el mecanismo, la resistencia del material a ser trasladado y la resistencia presentada al elevar el material. La formulación siguiente nos ayuda a la obtención de la - potencia total:

- 1) Potencia para vencer la resistencia en las termi nales:

$$\text{HP} = K \times \text{m/seg} \quad \text{donde } K = \text{constante (depende del tipo de alimentador)}$$

- 2) Potencia para vencer la resistencia de rodamiento.

$$\text{HP} = K \times \text{m/seg} \times L \quad \text{donde } K = \text{constante que depende - del tipo de rodillos y del material del mismo.}$$

3) Potencia requerida para elevar el material:

$$HP = \frac{TPH \times 33.3 \times H}{33,000}$$

4) Potencia requerida para mover el material:

$$HP = \frac{TPH \times 33.3 \times B \times L}{33,000}$$

5) Potencia requerida para vencer la fricción entre rodamientos:

$$HP = \frac{D \times E \times W_f \times m/seg \times 29}{33,000}$$

6) Potencia requerida para arrastrar hacia sí, el material de la tolva:

$$HP = \frac{W \times A \times W_f \times m/seg \times 6}{33,000} \quad \dots \quad (P_6)$$

Entonces, $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6$

Es necesario indicar que para cada tipo de alimentador, o para cada modelo de alimentador, las resistencias debidas a las fricciones del mecanismo son distintas, tanto por las diferentes formas de contacto como por los distintos materiales que se empleen en rodillos, placas, transmisiones, etc.

Una vez encontrada la potencia total, se puede relacionarla con la velocidad del alimentador de la siguiente manera: $\frac{HP}{m/seg}$, que nos da un valor

comparable al de varios modelos de alimentador, escogiéndose el inmediato superior como el adecuado para la operación en cuestión.

Para la definición del ancho del alimentador, es necesario tomar en cuenta el tamaño máximo de partícula que puede llegar a él, siendo recomendable para este efecto, el que se recurra a la información que se presenta en los catálogos para la selección de alimentadores de placas.

OPERACIONES AUXILIARES.

Se consideran como operaciones auxiliares para este proceso, las operaciones de almacenamiento y las operaciones de bombeo. Ambas son esenciales para las plantas modernas, donde se requiere de un flujo estable de material y fluido.

El tamaño de los depósitos o almacenes, dependerá de las características del proceso en cuanto a volúmenes a manejar y para cada planta, estos tendrán dimensiones específicos. El objetivo de tener material almacenado es doble: a) Contar con una reserva de material, la cual permita a la planta seguir operando en caso de alguna interrupción en el suministro de material, b) Para que a partir de los depósitos, se pueda alimentar en forma constante al proceso, del material requerido.

Con respecto a las bombas, éstas se fabrican en tamaño estándar. Lo fundamental para cada caso es seleccionar el tamaño y el tipo que más se ajuste a las necesidades de servicio requeridas. -

Por lo tanto, resulta de mucha utilidad el contacto que se tenga con los fabricantes de bombas, y a fin de obtener el beneficio máximo habrá que seguir las recomendaciones del mismo.

Los factores que hay que tomar en cuenta para la selección de una bomba son:

- A) Necesidades del Proceso.- Fluido a ser bombeado, si el fluido es o no corrosivo, sólidos presentes en el fluido, gasto requerido, densidad del fluido en condiciones estándar de temperatura y presión, temperatura de bombeo y viscosidad del fluido.
- B) Condiciones de la Succión (bomba).- Presión de succión, presión de vapor a la temperatura de bombeo, densidad a la temperatura de bombeo y presión de succión y carga positiva neta.
- C) Condiciones en la descarga de la Bomba.- Presión de descarga, densidad a la temperatura de bombeo y presión de succión y capacidad a las condiciones de descarga.
- D) Es indispensable tomar en cuenta el diseño de la tubería y de los accesorios de la misma, que también llegan a influir directamente en el comportamiento y eficiencia de una bomba.

CAPITULO III

. C R I T E R I O D E D I S E Ñ O .

Una planta con capacidad de 100 toneladas, - se empleará para el proceso de concentración de un mineral de cobre de baja ley.

A continuación se presentará el criterio de diseño para la Planta de Trituración y la Sección - de Cobre. El diseño es muy flexible, lo que permitirá realizar algunas variaciones en flujo, reactivos, condiciones de flotación, etc., que permitan una - continua mejora del proceso, buscando siempre obtener, la mayor eficiencia en la concentración del mineral.

PLANTA DE TRITURACION.

GENERAL.

La planta de trituración operará un turno - por día y procesará 100 toneladas diarias. La capacidad de la planta, será de 20 a 25 toneladas por - hora. Cinco horas de operación y tres horas de limpieza y mantenimiento, serán como las normales dentro de un turno de operación por día. El mineral será acarreado desde la mina, por camiones con capacidad de 35 Tons.

El diagrama de flujo nos indica que la planta de trituración tendrá primeramente, una quebradora de quijada con descarga directa a una quebradora de cono. La descarga de la quebradora de cono, es -

enviada hacia la fase de cribado, donde el producto de - 1.27 cm. es enviado a la tolva de fines y el - de + 1.27 cm, se retorna a la quebradora de cono.

El mineral tendrá un tamaño al llegar a la quebradora de quijada de 20 cm. máximo, y saldrá de ésta a un tamaño de 5 cm; este se alimenta en forma directa a una quebradora de cono la cual reducirá - al mineral hasta un tamaño de 1.27 cm. El producto de esta quebradora se transporta hacia las cribas, - donde son separados tamaños de -1.27 y de + 1.27 cm. descargándose los de - 1.27 cm. directamente a la - tolva de finos constituyendo estos el producto fi-- nal de trituración. El mineral de + 1.27 cm., se re torna a la quebradora de quijada para su reproceso.

ALMACEN DE MINERAL GRUESO.

Una tolva para mineral grueso servirá como almacén para el mineral. La capacidad de este almacén, será de 30 toneladas.

Esta tolva será cargada por la parte superior mediante la descarga de los camiones que trans portan el mineral desde la mina. El número de des-- cargas por día serán de cinco, por lo que en cada - descarga se vaciarán alrededor de 22 toneladas de - mineral. La tolva a la entrada, por donde se descar gan los camiones, tiene colocada una criba estacio naria con abertura de 25.4 cm.

ALIMENTACION DE MINERAL GRUESO.

Un alimentador de mineral de placas de: 0.76 m X 4.26 m. será utilizado para recibir el mineral grueso que está almacenado en la tolva para mineral grueso y de ahí alimentarlo al transportador de mineral de 0.60 X 11.58 m, que lo llevará -- hasta la quebradora de quijada.

TRITURACION PRIMARIA.

La quebradora primaria será una quebradora de quijadas marca Telsmith 33 X 60 cm, con motor de 30 HP. Con una abertura en la salida de 2.54 cm. la capacidad de la quebradora será de 20 a 25 toneladas por hora. Los estimados análisis de cribas a la carga y descarga son:

ALIMENTACION A LA QUEBRADORA

	%
+ 25.4 cm	5
+ 20.32 "	10
+ 15.24 "	10
+ 10.16 "	20
+ 7.62 "	20
- 7.62 "	35

PRODUCTO DE LA QUEBRADORA

	%
+ 5.08 cm	10
+ 2.54 "	13
+ 1.90 "	25
+ 1.27 "	20
- 1.27 "	30

TRANSPORTE DEL PRODUCTO DE TRITURACION PRIMARIA.

El producto de la quebradora de quijada se descargará sobre un transportador de mineral de - -

60.96 x 96.52 cm. Este transportador descargará el mineral en la quebradora secundaria de cono para proceder con la trituración secundaria.

TRITURACION SECUNDARIA.

Una quebradora de cono de 60.9 cm. marca Sy mons de cabeza corta llevará a cabo la trituración secundaria. Con una abertura en la descarga de --- 6.35 mm. tendrá aproximadamente una capacidad de 20 toneladas por hora. El producto de la quebradora de cono se llevará a cribado, donde se obtendrán dos - porciones.

El análisis de cribas en el producto de la quebradora de cono, establece lo siguiente:

PRODUCTO DE LA QUEBRADORA DE CONO.

	%
+ 1.27 cm	5
+ 0.95 "	15
+ 0.63 "	22
- 0.63 "	58

CRIBADO.

Una criba vibratoria de 1.21 y 2.43 m, suministrará una área de cribado de 2.94 m². Para 25 toneladas por hora la eficiencia del cribado sería excelente, si se contara con el doble del área-

disponible para cribado. Si la malla de la criba - tiene forma rectangular con aberturas de 1.27 cm. y se tiene una eficiencia del 80%, entonces se calcula que el 76% en peso del material a cribar, pasará la criba, mientras que el 24% restante se retornará para reproceso en la quebradora de cono. Es decir, - de 25 toneladas a ser cribadas en una hora sólo 19- toneladas pasarán con el tamaño adecuado para la si- guiente etapa del proceso, mientras que las restan- tes 7 toneladas, se retornarán a la quebradora de - cono para su reprocesamiento.

TRANSPORTE DEL MINERAL FINO.

El producto final de la planta de tritura-- ción será transportado al almacén de finos por un - transportador de banda de 0.45 x 15.24 m.

ALMACEN DE FINOS.

Un depósito de acero de 6.40 de \emptyset por 8.53 m. de altura será utilizado como almacén de finos.- Estas dimensiones nos dan 274.61 metros cúbicos pa- ra almacenamiento. Con una relación de 1601.63 -- kg/m³ y 50 % de almacenamiento muerto, este alma- cén puede tener una capacidad viva de 220 toneladas. Si el depósito se llena al total de su capacidad, - éste proveerá de mineral para 48 horas de operación continua.

S E C C I O N D E C O B R E .

GENERAL.

El diagrama de flujo y el balance de agua y pulpa se presentarán por separado. La planta de 100 toneladas, producirá diariamente de 2 a 3 toneladas de concentrado de cobre.

ALIMENTACION DE MINERAL FINO.

Un transportador de 0.45 x 6.09 m. transportará el mineral desde la tolva de finos hasta el molino de molienda primaria. El tonelaje será medido manualmente y podrá ser controlada la alimentación, ya que la banda del transportador tendrá control de velocidad.

MOLIENDA PRIMARIA.

El análisis de cribas para las alimentaciones al molino y para la flotación es:

<u>ALIMENTACION AL MOLINO.</u>	<u>%</u>	<u>ALIMENTACION A LA FLOTACION.</u>	<u>%</u>
+ 1.27 cm	5	+ 65 mallas	5
+ 0.95 "	15	+ 100 "	8
+ 0.63 "	22	+ 150 "	12
- 0.63 "	58	+ 200 "	10
		- 200 "	65

Con este análisis de cribas se registra que el 80% de la alimentación el molino tiene un tamaño de 8,400 micrones y a la salida del molino el concentrado alcanza un tamaño de 135 micrones en un 80%.

El índice calculado de trabajo es de 11.5

$$F_{80} = 8400$$

$$W = \frac{10 \times W_i}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10 \times W_i}{\sqrt{P_{80}}}$$

$$P_{80} = 135$$

$$W_i = 11.5$$

$$W = \frac{115}{\sqrt{135}} - \frac{115}{\sqrt{8400}}$$

$$W = 9.90 - 1.25$$

$$W = 8.65 \text{ KWH/Ton}$$

Factor de alimentación gruesa

$$F_o = 4000 \sqrt{13/W_i}$$

$$R_r = F_{80}/P_{80}$$

$$W = \left[\frac{10 \times W_i}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10 \times W_i}{\sqrt{F_{80}}} \right] \left[\frac{R_r + (W_i - 7)(P_{80} - F_o)/(F_o)}{R_r} \right]$$

$$W = 8.65 \left[\frac{8400/135(11.5-7)(8400-4000 \sqrt{13/11.5/4000} \sqrt{13/11.5})}{8400/135} \right]$$

$$W = 8.65 \left[\frac{62.2 + (4.5)(8400 - 4253/4253)}{62.2} \right]$$

$$W = 8.65 \left[\frac{62.2 + 4.39}{62.2} \right]$$

$$W = 8.65 (1.07)$$

$$W = 9.26 \text{ KWH/Ton}$$

$$9.26 \frac{\text{KWH}}{\text{ton}} \times 1.1 \frac{\text{ton}}{\text{TM}} \times 1.34 \times 4.17 \frac{\text{TM}}{\text{Hr}} = 56.9 \text{ HP}$$

Por lo tanto, la potencia requerida es de - 56.9 HP. Entonces un molino de 1.52 m x 1.82 m - - (diámetro x largo) y con un motor de 75 HP será el adecuado.

paper?

CLASIFICACION PRIMARIA.

El tonelaje total, según indica el balance de pulpa y agua, corresponde respectivamente a 110-toneladas de mineral, producto de la trituración y a 330 toneladas de producto clasificado de la clasificación primaria, correspondientes a los gruesos.- El tamaño deseado es de 65% a - 200 mallas, según se ha establecido como criterio de operación. Para esta clasificación, se prefiere el uso de un clasificador espiral en lugar de hidrociclones, debido a su mayor facilidad de operación. Para esta operación, un clasificador de espiral de 1.06 m. de diámetro por 3.65 m. de largo cumplirá con las necesidades de separación de gruesos y finos.

FLOTACION.

Se tienen varios pasos en el circuito de flotación, que son los siguientes:

Flotación Gruesa o Primaria

Primera Flotación de Limpieza

Segunda Flotación de Limpieza

Flotación Agotativa.

Del mismo balance de pulpa y agua y del criterio generado por los estudios en planta piloto, se obtuvieron los siguientes resultados:

<u>FLOTACION</u>	<u>Litros/min de Alimentación</u>	<u>Tiempo de Retención</u>	<u>Volumen Requerido</u>	<u>Volumen 85%</u>
Gruesa	234.67	16	3760.80	4424.47
Limpieza Primaria	26.49	7	173.18	203.74
Limpieza Secundaria	11.35	10	113.20	133.17
Agotativa	22.71	13	294.45	346.41

Las máquinas seleccionadas y los tiempos de retención se presentan a continuación:

<u>FLOTACION</u>	<u>Máquina</u>	<u>Total (Its)</u>	<u>Tiempo de Retención(min) 85 % Volumen</u>
Gruesa	8 Denver # 18	4078.00 Its.	14' 42"
Limpieza Primaria	5 Denver # 8	375.24 Its.	11' 54"
Limpieza Secundaria	3 Denver # 8	233.64 Its.	17' 30"
Agotativa	7 Denver # 8	545.16 Its.	20' 24"

Comparando los volúmenes de las máquinas de flotación de esta planta con los de la unidad Silver Bell de ASARCO, la cual - tiene un flujo similar al propuesto para esta planta, se tiene - - la siguiente tabla:

VOLUMENES DE MAQUINAS DE FLOTACION

<u>FLOTACION</u>	<u>GRUESA</u>	<u>LIMPIEZA</u>	<u>RELIM PIEZA</u>	<u>AGOTATIVA</u>	<u>TOTAL DE LIMPIEZA</u>	<u>RELACION TOTAL LIMPIE ZA GRUESA</u>
SILVER BELL	271.872	33,984	16,992	20,390.4	71,366.4	.263
LA PLANTA	4,078	375.24	233.64	545.16	1,154.04	.283

Las máquinas seleccionadas pueden reproducir ambos criterios de diseño, ya que son equivalentes.

CLASIFICACION DE REMOLIENDA.

Los concentrados combinados de las flotaciones gruesa y agotativa, además de la descarga de remolienda, serán clasificadas. Los finos de esta clasificación serán espesados y enviados a la flotación primaria de limpieza. Las arenas serán remolidas y de nuevo clasificadas.

El balance de pulpa y agua, indica que los tonelajes diarios de arenas y finos serán respectivamente, de 18 y 11 toneladas.

Esto lleva a seleccionar un clasificador tipo espiral, de 22.86 cm. por 2.13 m. de largo, el cual tiene una capacidad de 21.6 toneladas por día, pudiéndose así obtener 10.8 toneladas de finos diariamente. Una unidad de este tipo, será la adecuada para el trabajo de clasificación requerida.

Las arenas de remolienda requerirán de una nueva molienda para la adecuada liberación del mineral.

Un análisis de cribas estimado del concentrado y del producto deseado se da a continuación:

CONCENTRADO GRUESO		PRODUCTO DE REMOLIENDA	
	%		%
+65 mallas	3.4	+65 mallas	0.1
+100 "	5.5	+100 "	0.4
+150 "	6.0	+150 "	1.2
+200 "	6.4	+200 "	3.0
+325 "	8.9	+325 "	8.8
-325 "	69.8	-325 "	86.5

De acuerdo al anterior análisis de cribas - los siguientes cálculos, resumen los requerimientos de potencia:

$$W = \left(\frac{10 \times W_i}{P_{80}} - \frac{10 \times W_i}{F_{80}} \right) \left(\frac{P_{80} - 10.3}{P_{80} \times 1.145} \right)$$

$$W_i = 11.0$$

$$P_{80} = 30$$

$$F_{80} = 32$$

$$W = \left(\frac{110}{5.48} - \frac{110}{9106} \right) \left(\frac{40.3}{34.35} \right)$$

$$W = 0.31 \text{ KWH/ton}$$

Con 10 toneladas de concentrado grueso por día, la potencia requerida sería de:

$$9.31 \times 1.34 \times 10/24 = 5.2 \text{ H.P.}$$

Un molino de bolas de 40.64 cm X 81.28 cm.- se deberá de instalar. Este molino puede fácilmente convertirse en uno de 40.64 X 121.92 cm, con el aumento de una sección de coraza, manejando fácilmente lo requerido en molienda.

ESPESAMIENTO.

Los siguientes productos del proceso, requerirán ser espesados:

- a) Finos del Clasificador de Remolienda
- b) Colas totales, del proceso de Flotación
- c) Concentrado de Cobre.

Se presenta a continuación una tabla, donde se indica el tamaño adecuado para cada espesador:

<u>ESPESADOR</u>	<u>cm²/Ton</u>	<u>TONELADAS</u>	<u>AREA REQUERIDA (m²)</u>
a) Finos del Clasificador de Remolienda	9290	11	10.21
b) Colas del Proceso de Flotación	4645	107	49.70
c) Concentrados de Cobre	4645	3	1.39

FILTRADO.

El concentrado final de cobre, de acuerdo al balance de pulpa y agua, es de tres toneladas diarias.

Un filtro de tres discos y de 1.21 m. de diámetro, tiene una capacidad de 9 a 12 Tons. diarias. Esta unidad satisface las necesidades del proceso en cuanto a capacidad. Puede utilizarse únicamente un disco para filtrar el concentrado de cobre.

NECESIDADES DE BOMBEO.

Los siguientes productos requerirán ser bombeados dentro del circuito de cobre. En la siguiente tabla se anotan los productos a bombear y los equipos propuestos:

<u>PRODUCTO</u>	<u>LITROS/min.</u>	<u>GRAVEDAD ESPECIFICA DE PULPA</u>		<u>BOMBA</u>	<u>CAPACIDAD DE BOMBA EN LITROS/Min</u>		
Alimentación de Flotación Gruesa Concentrados de Flotación Gruesa Colas	234.67	1.187	$\frac{(cm)}{5.04} \times \frac{(cm)}{5.04}$		60	7 HP	845 RPM
Flujo de Espesador de Colas	25.495	1.159	3.81 Vertical		45		
Descarga del Clasificador de Remolienda	242.24	1.178	5.04 X 5.04		60	7 HP	845 RPM
Descarga del Espesador de Medios	94.625	1.459	5.04 X 5.04		60	7 HP	845 RPM
Alimentación a Limpieza Primaria Concentrado de Limpieza Primaria Concentrado de Limpieza Secundaria	29.28	1.159	3.81 Vertical		45		
Flujo de Espesador de Concentrados	18.925	1.260	Completo con el diafragma del	espesador.			
	25.495	1.208	2.54 Vertical		30		
	11.355	1.149	2.54 Vertical		30		
	11.355	1.124	1.90 Vertical		15		
	3.785	1,792	1.90 Vertical		15		

MISCELANEOS.

Para la planta, se requerirán de los siguientes servicios auxiliares:

1. Edificios.

<u>Aplicación.</u>	<u>Tamaño.</u> (metros)
Para Trituración	20.11 X 7.30 X 4.25
Para Molienda	22 X 8.50 X 4.25
Para Molienda (anexo)	12.20 X 9.75 X 3.65
Para Oficina de Mina	6.0 X 3.65 X 2.40
Para Taller	18.30 X 7.30 X 3.0

2. Reactivos.

Áreas para almacenamiento de reactivos. Estos reactivos serán alimentados al circuito de flotación, por medio de alimentadores de reactivos, tipo Clarkson. Para el caso de la cal, que se utilizará para control del pH, ésta será más hidratada que el "pebble".

3. Muestreo.

Se deberá proceder a muestrear en los siguientes pasos del proceso:

Alimentación de Flotación Primaria o Gruesa.

Colas de Flotación Primaria o Gruesa.

Colas de Flotación Agotativa.

Colas Finales.

Concentrado Final.

4. Agua.

Se requerirá de almacenamiento para agua - fresca y para el agua que se reutiliza, previo tratamiento de acondicionamiento. Se estima un volumen de agua almacenada consumible en 12 hrs. de 30,280-lts. de agua fresca y 170,325 Lts. de agua tratada-para reusarse.

CAPITULO IV

PRUEBAS PARA DETERMINACION DE PARAMETROS

Como piedra angular de cualquier proceso, - está la determinación de los parámetros dentro de - los cuales deba de llevarse a cabo tal proceso. Con la determinación de estos parámetros, se definirán - la naturaleza y cantidades de materiales que debe-- rán intervenir.

Lo que llevará a poder determinar los equi- pos que serán requeridos en el proceso y todo en - conjunto, con el objetivo de lograr el máximo apro- vechamiento de los recursos con que se cuenten.

En el caso del presente trabajo, esa deter- minación de parámetros está referida a la determina- ción de los siguientes factores del proceso:

1. Molienda
2. Dilución
3. Agitación
4. Temperatura
5. pH
6. Reactivos
7. Tiempo de Acondicionamiento de Reactivos
8. Tiempo de Flotación.

De la total conjugación de cada uno de es-- tos factores, se obtendrán *diversos resultados*, de- los cuales se deberá elegir uno como el que se deba de seguir como guía en la etapa de operación y éste

deberá ser el que represente la mejor opción en - cuanto eficiencia y % de recuperación del proceso.

Para la obtención de los valores más adecuados de cada uno de los factores que intervienen en el proceso, se realizan pruebas en laboratorio o en planta piloto; para esto, se fijan valores arbitrarios a todos los factores con excepción de uno, el cual será variable, por ejemplo molienda, realizándose varias pruebas cada una a distinta molienda, - hasta encontrar el valor más adecuado de molienda. - Una vez conocido el mejor valor para la molienda, - ésta se vuelve un factor constante para las demás - pruebas en donde otro de los factores se vuelve variable hasta que se encuentre el mejor valor para - ese factor. Y así sucesivamente con cada uno de los factores que intervienen en el proceso.

Como resultado final de estas pruebas, se - tendrán definidos los parámetros dentro de los cuales deberá de llevarse a cabo el proceso y que representan en suma, la mejor condición de operación - para el proceso.

De las pruebas realizadas en unidades de Industrial Minera México, S.A. y en la Universidad de Colorado (USA), se desprenden los siguientes resultados experimentales, cuyos balances metalúrgicos - se estudian a continuación:

PRUEBA "A"

FLOTACION DE UN MINERAL DE COBRE

VARIEDADES MINERALES; Calcopirita (CuFeS_2),
 Calcopirita (Cu_2S)

PESO; 100 Toneladas. Litros de agua; 300

MOLIENDA: - 200 mallas 65 %

DILUCION: 3 a 1 Agua/Mineral

AGITACION:

pH : 11.5

TIEMPO ACONDICIONAMIENTO: 4 minutos.

TIEMPO FLOTACION PRIMARIA: 14' 42"

TIEMPO FLOTACION DE LIMPIEZA: 11'45" para la prima-
 ria y 17'30 en la se-
 cundaria.

TIEMPO FLOTACION AGOTATIVA: 20' 24"

REACTIVOS:CANTIDAD EN Kg/Ton.

a) Cal (Molino Primario)	2.57
b) Colector AEROFLOT 238 al 0.2 % (Flotación Gruesa)	0.149 kg/ton.
c) Colector Z-6 (Tercer Celda de Flotación Gruesa)	0.0045 Kg/ton.
d) Colector Z-6 al 0.2% (Flotación Primaria)	0.015 Kg/ton
Espumante MIBC (metil- isobutil carbinol) y Acido Crecílico	0.060 kg/ton

REACTIVOS

d) Cal (Molino de Remolienda)	0.273 kg/ton
	<u>Gramos/ton</u>
e) Colector AEROFLOT 238 al 0.2%	4.08 g/ton
Espumante DOWFROTH al 0.05 % (Espesador de Medios)	0.45 g/ton
f) Espumante DOWFROTH (Flotación de Limpieza Secundaria)	0.18 g/ton
g) Colector Z-6 (Flotación Agotativa)	4.08 g/ton

BALANCE METALURGICO Y RESULTADO.

<u>PRODUCTO</u>	<u>Peso en Peso</u>		<u>Leyes</u>	<u>Conte</u>	<u>Recupe</u>
	<u>Ton.</u>	<u>%</u>		<u>nido.</u>	<u>ración.</u>
Concentrados	3	2.73	32.00	87.36	87.36
Colas	100	97.27	0.13	12.66	
Suma	103	100.00		100.02	
				<u>100</u>	

Ley Analizada; 1.0

Relación de Concentración:

Ley Calculada: 1.0

36.67 min/1 conc.

BALANCE DE PULPA Y AGUA.
CAPACIDAD DE 100 TONELADAS.

	Mineral Ton/dfa	% Sólidos	Pulpa Ton/dfa	Agua Ton/dfa	Pulpa litros/min	Densidad Solidos	Pulpa
1. Alimentación al Molino de Bolas							
Mineral	110	97.5	113	3	-	2.7	-
Recirculación	330	75.0	440	110	-	-	-
Adición de agua	-	-	34	34	22.71	-	-
TOTAL	440	75.0	587	147	196.82	2.7	1.895
2. Alimentación al Circuito Primario							
Descarga del Molino de Bolas	440	75.0	587	147	-	-	-
Adición de Agua	-	-	220	220	140.04	-	-
Total	440	54.5	807	367	333.08	2.7	1.530
3. Productos del Clasificador							
Finos	110	30	367	257	-	2.7	1.233
Gruesos	330	75.0	440	110	-	-	-
Total	440	54.5	807	367	333.08	2.7	1.530
4. Dilución a la Alimentación - Hacia la Flotación Gruesa							
Finos del Clasificador	110	30	367	257	-	2.7	1.233
Adición de Agua	-	-	73	73	45.42	-	-
Total	110	25	440	330	234.67	2.7	1.187
5. Productos de Flotación Gruesa							
Concentrados	10	40	25	15	11.35	3.2	1.379
Colas	100	24.1	415	315	223.31	-	-
Total	110	25	440	330	234.67	2.7	1.187
6. Dilución de Concentrados de Flotación Gruesa							
Concentrado de Flot. Gruesa	10	40	25	15	11.35	3.2	1.379
Adición de Agua	-	-	25	25	15.14	-	-
Total	10	20	50	40	26.49	3.2	1.159
7. Alimentación al Clasificador de Remolienda							
Concentrado de Flot. Gruesa	10	20	50	40	26.49	3.2	1.159
Concentrado de Agotativa	1	20	5	4	3.78	-	-
Descarga del Molino de Remolienda	18	55	33	15	11.35	-	-
Total	29	33	88	59	41.63	3.2	1.293

	Mineral Ton/dfa	% Sólidos	Pulpa Ton/dfa	Agua Ton/dfa	Pulpa litros/min	Densidad Sólidos	Pulpa
8. Producto del Clasificador de Remolienda							
Finos	18	55	33	15	11.35	-	-
Gruesos	11	20	55	44	30.28	3.2	1.159
Total	29	33	88	59	41.63	3.2	1.249
9. Productos del Espesador de Medios							
Pulpa	11	30	37	26	18.92	3.2	1.260
Agua	-	-	-	18	11.35	-	-
Total	11	20	55	44	30.28	3.2	1.159
10. Alimentación a la Primera Flotación de Limpieza							
Pulpa del Espesador	11	30	37	26	-	-	-
Colas de Segunda Limpieza	1	10	10	9	-	-	-
Total	12	25.5	47	35	26.49	3.2	1.208
11. Productos de la Flotación de Limpieza Primaria							
Concentrado de 1a Limpieza	4	40	10	6	3.78	3.6	-
Colas de 1a Limpieza	8	21.6	37	29	22.71	-	-
Total	12	25.5	47	35	26.49	-	-
12. Alimentación a la Segunda Flotación de Limpieza							
Concentrado de 1a Limpieza	4	40	10	6	3.78	-	-
Adición de Agua	-	-	12	12	7.57	-	-
Total	4	18	22	18	11.35	3.6	1.149
13. Productos de la Flotación de Segunda Limpieza							
Concentrado de 2da. Limpieza	3	25	12	9	-	3.8	-
Colas de Segunda Limpieza	1	10	10	9	-	-	-
Total	4	18	22	18	11.35	-	-
14. Dilución del Concentrado de 1a 2da. Limpieza							
Concentrado de 2da. Limpieza	3	25	12	9	-	3.8	-
Adición de Agua	-	-	8	8	-	-	-
Total	3	15	20	17	11.35	3.8	1.124

	Mineral Ton/día	% Sólidos	Pulpa Ton/día	Agua Ton/día	Pulpa litros/min	Densidad Sólidos	Pulpa
15. Productos de la Flotación Agotativa							
Concentrado de Agotativa	1	20	5	4	3.78	-	-
Colas de Agotativa	7	21.9	32	25	18.92	-	-
Total	8	21.6	37	29	22.71	3.2	1.169
16. Alimentación al Espesador de Concentrados							
Concentrado de 2da. Limpieza Filtrado	3	15	20	17	11.35	-	-
Total	3	13.9	21.6	18.6	-	3.8	1.124
17. Productos del Espesador de Concentrados							
Pulpa	-	-	-	16.6	11.35	-	-
Agua	3	60	5	2	-	3.8	1.792
Total	3	13.9	21.6	18.6	-	3.8	1.124
18. Productos del Filtro de Concentrados							
Costra	3	86	3.4	0.4	-	3.8	2.624
Filtrado	-	-	1.6	1.6	-	-	-
Total	3	60	5.0	2.0	-	3.8	1.792
19. Alimentación al Espesador de Colas							
Colas de Agotativa	7	21.9	32	25	18.92	-	-
Colas de Flotación Gruesa	100	-	415	315	223.31	-	-
Total	107	23.9	447	340	242.24	2.7	1.178
20. Producto del Espesador de Colas							
Pulpa	-	-	233	233	147.61	-	-
Agua	107	50	214	107	94.62	2.7	1.459
Total	107	23.9	447	340	242.24	-	-

De todas las pruebas realizadas, la prueba-A es la que mejores resultados arrojó por lo que se ha tomado a ésta como la que deberá de considerarse para esta etapa de cálculo y en forma posterior, para la etapa operativa de la Planta. Su resultado nos indica que, comparativamente con las demás pruebas realizadas para la determinación de los parámetros, representa los valores más altos en recuperación del mineral, con la mejor eficiencia de trabajo de los equipos.



QUIMICA

CAPITULO V

. S E L E C C I O N D E E Q U I P O .

Una vez definidos los materiales y las cantidades de los mismos que deberán de intervenir en el proceso, se procede a seleccionar el equipo que habrá de utilizarse en el mismo.

Para esto, se procede a solicitar cotizaciones a los fabricantes de equipo, sobre equipos que puedan satisfacer las necesidades del proceso, por lo que al invitarlos a cotizar se les deberá adjuntar toda la información posible que les especifique mejor, las necesidades del proceso. Es necesario indicar, que no se llevó a cabo diseño de ninguno de los equipos que intervendrán en el proceso, ya que se cuenta con los equipos que por años de experiencia en procesos de este tipo, han ido desarrollándose. Por lo tanto, la selección de equipo se limitará a identificar los tamaños adecuados de estos - - equipos para el proceso en cuestión. Una vez recibidas las cotizaciones solicitadas, se procede a estudiar las propuestas desde un punto de vista técnico-económico.

A continuación se presentarán algunas justificaciones para la selección específica de equipo, - así como tablas comparativas de los mismos, obtenidas de catálogos de los diversos fabricantes de - - equipo para minería.

Selección de Alimentadores de Placa.

En el capítulo correspondiente a los principios teóricos de cada una de las operaciones que se efectúan durante todo el proceso, en la sección correspondiente a "transporte de material", se indican cuáles eran los cálculos preliminares para la identificación del requerimiento de potencia y la selección de un alimentador de placas. Como ahí se indicó, para definir el ancho del alimentador en sus charolas, es necesario tomar en cuenta el tamaño máximo de partícula que pueda llegar a él. En este caso específico, el tamaño máximo de partícula que puede llegar a caer sobre el alimentador será de 20 cm; con esta base y de acuerdo a la tabla siguiente, se podrá escoger el ancho del alimentador.

TABLA I

<u>ANCHO ENTRE</u> <u>FALDONES</u>	<u>TAMAÑO DE PARTICULA</u>	
	<u>PROMEDIO</u>	<u>MAXIMO</u>
0.45 m	0.07 m	0.14 m
0.60 "	0.10 "	0.20 "
0.76 "	0.15 "	0.30 "
0.91 "	0.20 "	0.40 "
1.06 "	0.25 "	0.50 "
1.21 "	0.30 "	0.60 "
1.37 "	0.35 "	0.70 "
1.52 "	0.40 "	0.80 "
1.82 "	0.45 "	0.90 "

Catálogo de Stephens Adamson # 766

La tabla indica que para tamaños de partícula de 20 cm. máximo, correspondiente al tamaño máximo de partícula en este paso del proceso, se puede-

utilizar un alimentador de 0.60 m. sin embargo por motivo de tener un rango mayor de seguridad, se selecciona un alimentador de 0.76 m. el cual puede recibir partículas de hasta 30 cm.

Con respecto a la longitud del alimentador, ésta es variable de acuerdo a las necesidades de cada proceso. En el caso específico de esta planta, -- la longitud se ha determinado que sea de 4.26 m. La capacidad del alimentador se calcula mediante el uso de la información presentada por el fabricante de estos equipos, haciendo uso de tablas por ellos elaboradas, mediante las cuales se puede calcular en forma preliminar la capacidad de un alimentador. La siguiente tabla, establece en forma aproximada las cantidades en toneladas por hora, de varios alimentadores, tomando como referencia un material con densidad de 1.6, y el grosor de material sobre las placas o charolas:

ANCHO EN TRES FAL- DONES.	VELOCIDAD PROMEDIO DE 6/min						
	Grosor de Material Sobre las Charolas (cm)						
	5	10	15	20	25	30	35
0.30 m	10	20	30	40	50	60	70
0.45 "	15	30	45	60	75	90	105
0.60 "	20	40	60	80	100	120	140
0.76 "	25	50	75	100	125	150	175
0.91 "	30	60	90	120	150	180	210
1.06 "	35	70	105	140	175	210	245
1.21 "	40	80	120	160	200	240	280

STEPHENS ADAMSON. Catálogo # 766.

TABLA II

En la anterior tabla, se indica que para un alimentador con placas con un ancho de 0.76 m y una pared de material sobre las placas de 5 cm, se tiene una capacidad de 25 toneladas por hora, para el tipo de material ahí tratado.

Para el caso presente, se encuentra al seguir la formulación presentada en este caso por - - Sthepens Adamson Inc., que la capacidad del alimentador será de 34.69 TPH. Esto es tomando en cuenta que el ancho de la charola o placa será de 0.76 m, - la altura o grosor del material sobre la placa tendrá 5 cm, el alimentador tendrá una velocidad de 6-m/min.

La formulación es la siguiente:

$$C = V \cdot S$$

$$T = .03 \times W \times V \times S$$

donde C, es la capacidad en m³/min

V, volumen de material/m

S, velocidad del alimentador

W, peso de carga/unidad de volumen

T, capacidad del alimentador en Ton/hr.

La potencia del motor requerido se ha calculado sea de 75 HP. Es necesario indicar, que todos los cálculos se hicieron, tomando en consideración la información presentada por los fabricantes de este tipo de equipo. La selección final de este equipo, se justificó económicamente.

Selección de Transportadores de Banda.

La selección de un transportador de banda es muy similar a la de un alimentador de placas. Para esto, es necesario indicar el tipo de material a transportar, la capacidad máxima requerida, la longitud del transportador, inclinación del transportador, tamaño de partícula y % de finos.

Para el transporte de material de la tolva de gruesos a la quebradora primaria, se indicó en el correspondiente episodio del criterio de diseño, que se empleará un transportador de 0.60 x 11.58 m; para el transporte del producto de la trituración primaria, se empleará un transportador de 0.60x0.96 m; para el transporte del mineral fino se ha considerado un transportador de 0.45 x 15.24 m; para el mineral de retorno en cribado se utilizará un transportador de 0.45 x 13 m., y entre las quebradoras se tendrá uno de 0.45 x 6.10 m.

La siguiente tabla, da una muy buena aproximación para la selección de transportadores, concordando perfectamente lo establecido en ella, con lo que se ha estimado para cada transportador, por ejemplo: se indica que para un transportador de 0.45 m. de ancho de banda y que trabaje con una inclinación de 15 grados sobre la horizontal, requerirá de un motor de 2.9 HP. Precisamente uno de los transportadores seleccionado, tiene ese ancho y trabajará con esa inclinación; éste es el transportador que llevará al mineral fino con rumbo al almacén de finos.

TABLA III.

CAPACIDAD Y ENERGIA REQUERIDAS EN
EN LAS BANDAS TRANSPORTADORAS

ANCHO DE BANDA (m)	CAPACIDAD MAXIMA EN TONS/HP. A 1.8 Km/Hr.	CABALLOS DE FUERZA REQUERIDOS POR 30 m DE LARGO					
		DENSIDAD DEL MINERAL	2.4			2.5	
			HORIZONTAL	5 GRADOS	10 GRADOS	15 GRADOS	
0.40	64	0.6	1.2	1.7	2.3		
0.45	81	0.8	1.5	2.2	2.9		
0.50	100	0.9	1.8	2.7	3.5		
0.60	144	1.3	2.5	3.8	5.0		
0.76	225	1.8	3.8	5.75	7.7		
0.91	324	2.6	5.4	8.2	11.0		

Prácticas de Flotación. Boletín # 2 (CFM)

Selección de una Quebradora Primaria.- Puesto que la dimensión mínima de la abertura de alimentación de una quebradora determina el tamaño máximo de las piezas de mineral que puede tomar, la selección de una quebradora primaria depende tanto del tamaño de la alimentación como del tonelaje por hora. Así una quebradora de quijada de 381 mm x 609 mm sería apropiada para una mina que llegara a tener una capacidad de producción de 300 toneladas, en ocho horas de trabajo subterráneo, de las cuales no es probable que las más grandes fuesen mayores de 355 mm.- Una quebradora de estas dimensiones quiebra 40 toneladas a 6.35 cm. con un consumo de fuerza de 30 HP. Por otra parte una quebradora giratoria de 355 mm - trabajando a su capacidad total, quiebra 100 toneladas por hora al mismo tamaño, con un consumo de fuerza de 70 H.P.; a 40 toneladas por hora requeriría aproximadamente 50 H.P. La quebradora de quijada es evidentemente la máquina más económica puesto que su costo inicial es la mitad del de la quebradora giratoria.

Como la capacidad de esta planta será de 100 toneladas por día, es totalmente indicativo, -- que se recomiende para quebradora primaria a una quebradora de quijada de las características anteriormente mencionadas.

A continuación se presenta la Tabla IV, con las especificaciones de varios tipos de quebradora de quijada.

TABLA IV.

QUEBRADORAS DE QUIJADA ALLIS-CHALMERS

Capacidad en toneladas por hora - al tamaño indicado en centímetros.						
Abertura en cm.	Tamaño Max. de producto (cm)	Tons	Tamaño Míni mo de Prod. (cm)	Tons	H.P. Reque rido	R.P.M.
38.1 x 25.40	8.89	21	3.81	7	15	235
60.96 x 38.10	12.70	60	5.71	22	35	210
91.94 x 60.96	15.24	110	7.62	45	75	210
106.68 x 101.60	20.32	190	11.43	90	125	190
121.92 x 91.44	20.32	225	11.43	110	150	190
106.92 x 106.68	20.32	225	11.43	110	150	190
152.40 x 106.92	22.86	300	12.70	150	200	170
213.36 x 142.24	30.48	630	20.32	360	200	90
213.36 x 167.64	30.48	630	22.86	420	250	90

Prácticas de Flotación, (Comisión de Fomento Minero)

Los tamaños de los productos corresponden aproximadamente a la abertura de descarga media, de la parte superior del corrugado de una placa al fondo del corrugado de la otra, cuando las quijadas están abiertas.

Las cifras de capacidades están basadas en minerales que pesan 1600 kg/m^3 .

TABLAS V - VI

QUEBRADORAS TELSMITH.

CAPACIDADES EN TONS/HORA CON DIVERSOS TAMAÑOS DE DESCARGA

TAMAÑO (cm)	DESCARGAS EN CENTIMETROS										
	<u>0.63</u>	<u>0.95</u>	<u>1.27</u>	<u>1.90</u>	<u>2.54</u>	<u>3.81</u>	<u>5.08</u>	<u>6.35</u>	<u>7.62</u>	<u>10.16</u>	<u>12.7</u>
12.7 x 15.24	.3	.5	.75	1	1.5	2.5	4	5	--	--	--
20.32 x 25.4	--	--	1.3	1.75	4	7	8	10	12	--	--
25.4 x 40.64	--	--	3	5-7	7-9	10-15	16-20	20-25	30-35	--	--
25.4 x 50.8	--	--	6	7-10	9-16	12-20	25-32	30-45	35-52	--	--
38.1 x 60.96	--	--	--	--	--	20-33	30-45	40-55	55-80	65-90	75-95

Boletín 274 B (1966)

QUEBRADORAS DENVER

CAPACIDADES EN TONS/HORA CON DIVERSOS TAMAÑOS DE DESCARGA

TAMAÑO (cm)	<u>1.90</u>	<u>2.54</u>	<u>3.81</u>	<u>5.08</u>	<u>6.35</u>	<u>7.62</u>	<u>10.16</u>	<u>12.7</u>
25.4 x 91.44	12-20	16-28	25-45	40-55	50-75	75-100	--	75-95
38.1 x 60.96			20-33	30-45	40-55	55-80	65-90	115-170
38.1 x 91.44			30-45	45-68	60-75	75-120	100-150	75-95
45.72 x 60.96				30-45	40-55	50-80	65-90	115-170
45.72 x 91.44				45-68	60-75	75-120	100-150	125-200
53.34 x 91.44				50-75	65-85	80-125	115-150	125-200
60.96 x 91.44						80-125	115-150	180-230
63.5 x 101.60						100-150	150-200	200-280
81.28 x 101.60							160-220	200-280

Boletín # C 12 - B 20

TRITURACION SECUNDARIA.

La quebradora de cono Simons se ha vuelto casi de uso universal, - para la fase final de trituración. Sin embargo, es necesario hacer notar las características de este proceso en cuanto a cantidad de material a triturar- y al tamaño al que se debe de reducir el mismo, para alimentarlo a la molien- da primaria. A continuación se presenta una tabla comparativa de capacidades de varias quebradoras de cono marca Symons:

TABLA VII

TIPO DE TRITURACION.	TAMAÑO DE CONO (cm)	ABERTURA DE ALI-MENTACION (cm)	CAPACIDAD EN TONELADAS CORTAS/HORA										H. P.
			ABERTURA DE DESCARGA (mm)										
			3.17	4.76	6.35	9.52	12.7	15.8	19.05	25.4	30.0		
Fina	60.96	4.12	7	10	14	20	52	--	--	--	--	25 ^a	
Gruesa	60.96	7.62	--	--	--	--	25	30	35	45	50	30	
Fina	91.44	7.62	14	20	25	35	40	--	--	--	--	50 ^a	
Gruesa	91.44	11.43	--	--	--	--	40	55	70	80	85	60	
Fina	121.92	11.43	--	30	40	60	80	--	--	--	--	75 ^a	
Gruesa	121.92	17.13	--	--	--	--	80	100	120	150	170	100	
Fina	152.40 a 182.88	21.49	--	--	65	100	130	--	--	--	--	150 ^a	
Gruesa	152.40 a 182.88	24.03	--	--	--	--	130	160	200	275	300	200	
Fina	213.36	27.94	--	--	--	160	225	280	--	--	--	250 ^a	
Gruesa	213.36	35.56	--	--	--	--	225	280	330	450	560	300	

Prácticas de Flotación. Boletín # 2 (Comisión de Fomento Minero)

La selección, de acuerdo con la anterior tabla, nos lleva a considerar que la adecuada es la de menor tamaño, ya que cumple perfectamente con las necesidades del proceso; el motor, será de 30 H.P.

Selección de Molinos.

Para procesos de preparación de minerales - en la fase correspondiente a molienda, se pueden emplear tanto molinos de barras como molinos de bolas. En ambos se puede efectuar una molienda tipo húmeda que es la indicada para este proceso, sin embargo, - de acuerdo a los tamaños de partículas que deben de producirse en la molienda primaria y en la molienda secundaria, es necesario seleccionar a molinos del tipo de bolas, porque son los molinos de bolas los que pueden dar la molienda fina que se requiere para el proceso ya que los molinos de bolas producen moliendas que van de 0.50 a 0.043 mm (28 a 325 mallas), mientras que los molinos de barras son productos con tamaños de 3.3 a 0.42 mm (6 a 25 mallas).

Ahora bien, como resultado de los cálculos presentados en las secciones de molienda y remolienda del Capítulo III, referentes a los requerimientos de potencia y de tamaño de las unidades para molienda y remolienda, se tiene que para la molienda primaria se requiere de un molino de 1.52 x 1.82 m. con un motor de 75 H.P. de potencia, mientras que - para remolienda se requiere de un molino de 40.64 X 81.28 cm. y un motor de 5.2 H.P.

La siguiente tabla, presenta varios tamaños de molinos de bolas marca Denver, así como las potencias recomendadas para cada una de esas unidades:

TABLA VIII

MOLINOS DE BOLAS, DENVER EQUIPMENT, CO.

<u>TAMAÑO (m)</u>	<u>RPM MOLINO</u>	<u>MOTOR HP</u>	<u>CAPACIDAD TON/24 HRS.</u>
0.91 x 0.91	33	10	13
0.91 x 1.21	33	15	17
0.91 x 1.52	33	20	22
0.91 x 1.82	33	20	27
1.21 x 1.21	29	25	36
1.21 x 1.52	29	30	45
1.21 x 1.82	29	40	55
1.21 x 2.43	29	50	74
1.52 x 1.52	26	50	71
1.52 x 1.82	26	60	85
1.52 x 2.43	26	75	116
1.52 x 3.04	26	100	146
1.82 x 1.52	23.5	100	125
1.82 x 1.82	23.5	125	152
1.82 x 2.43	23.5	150	202

Boletín # B 2 - B 34, Denver, Equip., CO.

Tomando en consideración la anterior tabla, el molino - adecuado para la molienda primaria, sería el que tiene en dimensiones 1.52 m. de diámetro por 2.43 m. de largo y un motor de - 75 H.P., que es lo que se ha considerado como el ideal para este paso del proceso y es el que se ha seleccionado.

TABLA IX

MOLINOS DE BOLAS CONICOS MARCA HARDINGE.

<u>TAMAÑO (m)</u>	<u>RPM MOLINO</u>	<u>MOTOR HP</u>	<u>CAPACIDAD TON/24 HRS.</u>
1.37 x 0.40	30	18	18
1.52 x 0.55	28	30	36
1.52 x 0.91	28	40	48
1.82 x 0.91	26	60	72
1.82 x 1.21	26	75	84
2.13 x 0.91	23	100	96
2.13 x 1.21	23	120	108
2.43 x 1.21	21	160	144
2.43 x 1.52	21	175	240
3.04 x 1.21	18	280	384
3.04 x 1.52	18	325	480
3.04 x 1.88	18	380	576

Hardinge Co. Prácticas de Flotación.
Boletín # 2. Comisión de Fomento Minero.

Las tablas VIII y IX son comparativas, resultando de esta comparación que los molinos de marca Denver, para capacidades equivalentes, presenta molinos con motores de menor potencia respecto de los de la Hardinge Co., lo que da en sí, una idea del ahorro en el consumo de energía eléctrica que puede conseguirse al adquirir un molino Denver. Este es un factor importante en la selección de equipo para trituración y molienda.

Para remolienda, como ya se ha dicho, se requiere de un molino muy pequeño (40.64 x 81.28 cm), con un motor de 5.2 H.P. La siguiente tabla presenta a tres tamaños distintos de molino, con sus capacidades y la potencia requerida para sus respectivos motores.

MOLINOS DE BOLAS DENVER (100 mallas a 325 mallas)

<u>TAMAÑO (m)</u>	<u>POTENCIA (HP)</u>	<u>CAPACIDAD (TON/HORA)</u>
0.45 x 0.76	3	1
0.40 x 1.21	5	2
0.76 x 0.91	7.5	3
0.91 x 0.91	13	6

TABLA X Boletín # B 2 - B 15. Denver Equip. Co.

El molino más pequeño, satisface las necesidades del proceso, por lo que es recomendable seleccionarlo para formar parte del equipo para la planta.

Selección de Cribas.

La selección de cribas es una operación que considera a varios factores tal como se indica en el capítulo correspondiente a principios teóricos de la operación de cribado (Capítulo II), mientras que en el episodio correspondiente a cribado en el Criterio de Diseño (Capítulo III) se hace ya mención a un tamaño de criba que se ajusta a las necesidades de servicio requerida. En este punto, donde se establece que una criba vibratoria de 1.21 x 2.43 m. es la que deberá de emplearse. La siguiente ta--

bla, relaciona la potencia del motor con el tamaño de criba.

TABLA XI.
CRIBAS DENVER
(DIMENSIONES EN METROS)

TAMAÑO DE CRIBA	LARGO	ANCHO	ALTO	MOTOR (HP)
0.30 x 0.60	0.78	0.71	1.52	1/2
0.30 x 0.91	0.93	0.71	1.67	1/2
0.30 x 1.21	1.14	0.71	1.84	1/2
0.45 x 0.91	0.93	0.86	1.67	1/2
0.45 x 1.21	0.95	0.86	1.84	1/2
0.60 x 1.21	1.36	1.14	2.28	3/4
0.60 x 1.82	1.97	1.14	2.53	1 1/2
0.91 x 1.82	1.97	1.43	2.53	2
1.21 x 2.43	2.58	1.79	2.89	5

DENVER EQUIPMENT CO. Boletín C 12-B 20.

Es precisamente una criba de 1.21 x 2.43 m. con un motor de 5 HP, la que se ha seleccionado para esta planta. Esta criba tiene una cama con aberturas rectangulares de 1.27 cm. por lado y está calculada con un factor de eficiencia del 80% (lo usual es 90% de eficiencia), para manejar una cantidad de 25 toneladas por hora.

Selección de Clasificaciones.

Para la selección de un clasificador, es necesario conocer las características del material a clasificar (tamaño de partícula), la capacidad deseada en períodos de 24 horas, y tomar en cuenta - que para regular los tamaños en la clasificación, - es necesario conocer la relación agua-sólidos la - - cual determina la densidad de la pulpa y por lo tanto, la velocidad de asentamiento de las partículas.

Para el caso específico de este proceso, se tiene que para molienda primaria se cuenta con un - clasificador en circuito cerrado con un molino. Este clasificador manejará una pulpa con una densidad de 1.53 Kg/m^3 y la cantidad producida de finos será de 110 toneladas por día, con una relación de sólidos del 30%, mientras que se tendrán diariamente - 330 toneladas de gruesos con una relación del 75% - en sólidos. El clasificador seleccionado tiene - - 1.06 m. de diámetro por 3.65 m. de largo. Un clasificador de estas dimensiones, tiene una capacidad - para separar material a 200 mallas, de 150 toneladas por día en el derrame y 700 toneladas diarias - en el retorno; requiere de un motor de 5 HP y de - una inclinación de $1/6$ ($7^{\circ}30'$). En el caso de la - clasificación de remolienda las cantidades a manejar son menores seleccionándose un clasificador de - espiral de 0.22×2.13 m. de largo, que tiene una - capacidad de 21.6 Ton/día, satisfaciéndose las necesidades del proceso.

Selección de Celdas de Flotación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio y en la planta piloto, se han definido los volúmenes a manejarse en la etapa de flotación - así como los tiempos de retención en cada paso de - flotación. Estos ya fueron presentados en el capítulo III y es a partir de ellos de donde se calcula - el tamaño de máquina para flotación, así como el número de unidades requeridas. Sin embargo, es necesario recurrir a la información de catálogo, para conocer las capacidades y especificaciones en general, de las máquinas susceptibles de emplearse. Como se indicó en el capítulo III, las celdas a emplearse - son # 8 y # 18, teniendo la primera una capacidad - de 84.96 lts. y la segunda de 509.76 lts.; éstas - son marca Denver D.R.

Una selección adecuada para máquinas de flotación, debe llevar implícita la idea de obtener - con ellas la más alta producción por celda, el menor consumo de reactivos, el menor costo de mantenimiento, un rango amplio para tratamiento de diferentes tamaños de partícula, facilidad de arranque, - flexibilidad para soportar variaciones en el circuito y la obtención de bajos costos iniciales así como de instalación y de operación.

A continuación, se presentan tablas indicadoras de los diferentes tamaños de celdas de flotación. La primera, corresponde a la casa Denver donde se seleccionaron las máquinas para esta planta, y la segunda correspondiente a la casa Enviro--tech.

TABLA XII

TAMAÑOS DISPONIBLES - D.R. DENVER. MAQUINAS DE FLOTACION

No. DE MAQUINA	VOLUMEN NOMINAL POR CELDA (Its.)	POTENCIA DEL MOTOR		AREA OCUPADA POR CELDA (m ²)
		TRANSMISION SENCILLA	TRANSMISION DOBLE	
8	84.96	1	2	0.28
12	283.20	1 1/2	3	0.52
15	339.84	1 1/2	3	0.59
18	509.76	3	5	0.76
18-S	566.40	3	5	0.76
18-SP	708.00	5	7 1/2	0.97
21-S	849.60	5	10	1.23
21	1132.80	5	10	1.23
24-S	1132.80	5	10	1.53
24	1416.00	7 1/2	15	1.53
30-60	1699.20	7 1/2	15	2.64
30-100	2832.00	10-15	20-25	2.64
200	5664.00	20-25	40-50	3.57
200-H	5664.00	20-25	5.29
300	8496.00	25-30	4.83
400-H	11320.00	40-50	7.15
600-H	16992.00	50-60	9.66

DENVER EQUIPMENT DIVISION, JOY. Boletfn # F10-B141

TABLA XIII

TAMAÑOS DISPONIBLES EN CELDAS WEMCO.

No. DE MAQUINA	VOLUMEN NOMINAL POR CELDA (Its.)	POTENCIA DEL MOTOR (HP)	AREA OCUPADA POR CELDA (m ²)
18	28.32	0.5	0.13
28	93.45	1	0.32
36	311.52	3	0.83
44	594.72	5	1.24
56	1132.80	7	2.02
66	1727.52	10	2.78
66 D	2832.00	10	2.55
84	4248.00	15	3.41
120	8496.00	30	6.96
144	14160.00	40	10.03

ENVIROTECH, WEMCO DIVISION. Boletín # F5-B55

Las anteriores tablas, sólo indican los tamaños de celdas con los que puede uno contar siendo útiles para definir el modelo y el número de unidades que deban de considerarse para el proceso.

Selección de Espesadores.

La selección de este tipo de equipo, está - basado en los volúmenes de fluido que requerirán - ser espesados, la relación líquido-sólidos en la - descarga de los lodos, relación líquido-sólidos en - la alimentación al espesador, del valor de la velo- - cidad de asentamiento de la pulpa o lodo y la densi- - dad del fluido.

De acuerdo a lo anterior, en el Capítulo III se presenta en el renglón correspondiente a espesamiento, las áreas estimadas para cada espesador. Es- - tas son: para el espesador de medios se requiere - una área de 10.21 m^2 , para el espesador de colas - 49.70 m^2 y para el espesador de concentrados es ne- - cesario 1.39 m^2 . La selección final sobre el tama- - ño de los tanques espesadores, llevó a considerar - que estos deberían de tener, las siguientes dimen- - siones: para el espesador de medios se requiere de - un tanque de $6.55 \times 3.05 \text{ m}$; para el espesador de co - las un tanque de $11.59 \times 3.05 \text{ m}$ y para el espesador - de concentrados de cobre, de un tanque de $1.83 \times -$ 1.83 m . (diámetro x altura).

Este tipo de equipo, se fabrica para las ca - racterísticas específicas de cada proceso y son pro - ducto, de pruebas de laboratorio y de planta piloto. No son equipos con dimensiones estandar como sucede con el resto de equipos. Se cuenta con varios ti- - pos de espesadores de los cuales los fabricados por la casa Dorr Oliver, son los más extensamente usa--

dos. Hay dos clases de ellos principalmente, el de transmisión central y el de asentamiento por tracción. En general, el de transmisión central es utilizado para espesadores de más de 12 m de diámetro--mientras que para espesadores de menor diámetro, se utiliza el mecanismo de tracción. También para los espesadores de colas es indicado el mecanismo de --tracción.

La fuerza requerida para mover el mecanismo del tanque espesador es muy pequeña; ésta varía de 0.5 HP para los espesadores pequeños y 7.5 HP para los de 100 metros de diámetro. Para este caso específico, el espesador de medios llevará un motor de 2 HP, el de colas llevará un motor de 1.5 HP y el de concentrados un motor de 1/2 HP.

En la descarga de cada uno de los anterio--res espesadores y como el diseño de la planta no -- hace posible que la pulpa fluya el siguiente paso -- por gravedad, se requiere del uso de bombas. Debido a la pulpa, la cual es muy espesa, será necesaa--rio el uso de bombas de diafragma.

Selección de Filtros.

Es necesario para poder seleccionar un filtro, conocer el tamaño de partículas sólidas que formarán la torta. Por ejemplo, en este proceso se tendrán gran cantidad de lamas y la experiencia indica, que los filtros adecuados para esta operación son los filtros de disco y los filtros de tambor. Sin embargo, la operación de cambiar la lona en un filtro de tambor, es muy larga por eso, se ha preferido el uso de un filtro de discos en esta planta. También el filtro de discos, requiere de una menor área para colocación, tiene un menor costo inicial y puede manejar dos o más productos a la vez.

Las pruebas realizadas en el laboratorio indicaron que un filtro de tres discos con diámetro de 1.21 m y una capacidad de 12 toneladas, servirá a los propósitos del proceso.

A manera de previa selección de un filtro, se puede tomar como una orientación, las tablas de capacidades presentadas por los fabricantes de filtros como la siguiente:

TABLA XIV

TAMAÑOS Y CAPACIDADES DE FILTROS DENVER

TAMAÑO (m)	# DE DISCOS	AREA DE FILTRADO (m ²)	CAPACIDAD APROX. TONS/24 HRS.	H.P. FILTRO
0.60	1	0.46	1 1/2	1/4
0.60	2	0.92	2 1/2	1/4
0.60	3	1.39	3 3/4	1/2
0.60	4	1.85	5	1/2
0.60	5	2.32	6 1/4	1/2
0.60	6	2.78	7 1/2	1/2
1.21	1	2.04	6.9	3/4
1.21	2	4.08	13.8	3/4
1.21	3	6.12	20.7	3/4
1.21	4	8.16	27.6	1
1.21	5	10.21	34.5	1
1.82	1	4.64	15.6	3/4
1.82	2	9.29	31.2	1
1.82	4	18.58	62.4	1
1.82	6	27.87	93.6	1 1/2
1.82	8	37.16	124.8	2
1.82	10	46.45	156.0	2

DENVER EQUIPMENT COMPANY. Boletines # FG-B 1 y F 9 B 12

Esta tabla toma en cuenta los resultados obtenidos sobre concentrados de Pb y Zn, por lo que sólo es orientadora para el presente caso.

CAPITULO VI

. C O N C L U S I O N E S .

En los anteriores capítulos se han presentado las características más relevantes en el cálculo de la planta.

En la parte final de este trabajo, se procederá a calcular el costo derivado por la instalación de la planta, a la presentación del costo estimado para la operación de la misma y a la conclusión sobre la factibilidad económica para la instalación de esta planta.

El costo de instalación de la planta resume en sí, los costos por la adquisición e instalación del equipo, el pago de fletes e impuestos por el mismo concepto; además, se incluyen las estimaciones por las obras civil, mecánica y eléctrica, incluyéndose las etapas de ingeniería, construcción e instalación de las mismas; también, se han considerado el pago por contratista y un renglón del 15% sobre el costo de la obra, para imprevistos.

A continuación se presenta la lista del equipo seleccionado y el costo de cada uno de ellos; posteriormente, se presenta el resumen total del costo de instalación de la planta.

<u>DESCRIPCION DEL EQUIPO</u>	<u>PESO (Kg)</u>	<u>COSTO EQUIPO(M.N)</u>
Alimentador de Placas de 0.76 x 4.27 m con reductor de velocidad y motor de 76 HP	2500	\$ 31,250,000
Transportador de Banda de 0.45 x 13 m completo con banda de hule, rodillos y motor de 3 HP	2200	30,125.00
Transportador de Banda de 0.60 x 11.50 m completo con banda de hule y rodillos y motor de 3 HP	3200	37,500.00
Transportador de Banda de 0.45 x 15.25 m completo con motor de 3 HP, banda de hule y rodillos	2300	31,250.00
Transportador de Banda de 0.45 x 6.10 m completo con banda de hule, rodillos y motor de 3 HP	900	22,500.00
Quebradora de quijadas marca Telsmith de 330 x 609 mm, con motor de 30 HP	6200	112,500.00

<u>DESCRIPCION DEL EQUIPO</u>	<u>PESO(Kg)</u>	<u>COSTO EQUIPO(M.N)</u>
Quebradora de Cono marca Symons de cabeza con ta con motor de 30 HP	4500	\$ 112,500.00
Molino de Bolas de 1.52 x 1.83 m marca Allis-Chalmers, completo, con transmisión y motor de 75 HP	15000	168,750.00
Molino de Bolas marca Denver de 0.40 x 0.81 m completo, con motor de 3 HP, transmisión de poleas y banda con corona y piñón	950	49,875.00
Criba vibratoria de 1.22 x 2.44 m (1.27 cm) y motor de 5 HP	1800	25,000.00
Clasificador de Espiral de 1.06 x 3.65 m con transmisión, reductor de velocidad y motor de 7 HP	350	13,750.00
Clasificador de espiral de 0.22 x 2.00 m con transmisión, reductor de velocidad y motor de 5 HP	230	11,250.00

<u>DESCRIPCION DEL EQUIPO</u>	<u>PESO(Kg)</u>	<u>COSTO EQUIPO(M.N)</u>
Banco de 3 celdas # 8 marca Denver, con un mo- tor de 2HP y otro de 1 HP	500	\$ 45,850.00
Banco de 7 celdas Denver # 8 con tres motores de 2 HP y uno de 1 HP	1500	87,100.00
Banco de 5 celdas Denver # 8 con dos motores de 2 HP y uno de 1 HP	1000	65,850.00
Banco de 8 celdas Denver # 18- Sub, con cuatro motores de 5 HP	5000	75,000.00
Tanque espesador de medios de 6.55 x 3.05 m, con - transmisión, motor de 5 HP y bomba de diafragma de 2.54 cm con motor de 2 HP	4000	51,500.00
Tanque espesador para co- las de 11.59 x 3.05 m con motor de 1.5 HP, transmi- sión de cadena y engranes	5000	99,375.00
Tanque espesador para con- centrados de 1.83m x 1.83 m con motor de 1/2 HP y trans- misión compuesta por cade- na y engranes, tanque de - acero	1100	92,038.00

<u>DESCRIPCION DEL EQUIPO</u>	<u>PESO(Kg)</u>	<u>COSTO EQUIPO(M.N)</u>
Tolva para mineral grueso de 3.66 de lado, por 0.97 de altura	1000	\$ 5,625.00
Tolva para mineral fino de 6.40 x 8.54 m	10000	18,750.00
Filtro de tres discos - de 1.22 m de diámetro - con transmisión, motor mezclador de 7.5 HP - motor de soplador de 3 HP y motor de 3/4 HP	600	50,000.00
Electroimán de 0.60 x 0.61 m. Generador para 125 V. D.C., 78 Amps.	900	2,500.00
Dos alimentadores de reactivos E-1 Clarkson	90	1,250.00
Dos alimentadores de reactivos secos marca Clarkson	200	3,750.00
Bomba de diafragma de 51 mm y motor de 1 HP	150	23,355.00
Bomba Vertical Denver de 25.4 mm y motor de 1 1/2 HP	90	17,602.00

<u>DESCRIPCION DEL EQUIPO</u>	<u>PESO(Kg)</u>	<u>COSTO EQUIPO(M.N)</u>
Bomba de diafragma de 25.4 mm, con motor de 1.5 HP	80	\$ 15,000.00
Bomba de diafragma de 51 mm con motor de 1 HP	150	23,355.00
Bomba S.R.L. Denver de 63.5 mm x 51 mm con motor de 7.5 HP	200	17,805.00
Bomba Denver de 19 mm vertical con motor de 1 HP	80	12,600.00
Bomba vertical Denver de 25.4 mm y motor de 1 1/2 HP	90	17,602.00
Bomba vertical marca Galigher para arenas de 38 x 38 mm y motor de 3 HP	100	14,061.00
Bomba vertical marca Galigher para arenas de 38 x 38 mm y motor de 3 HP	100	14,061.00

COSTO DE INSTALACION DE LA PLANTA - RESUMEN TOTAL.

A) TOTAL DE EQUIPO	\$ 1'402,289.00
FLETES	196,855.00
IMPUESTOS (4%)	56.091.00
B) CIVIL Y ESTRUCTURAL (CONSTRUCCION E INSTALACION)	416,690.00
MECANICO (INGENIERIA E INSTALACION)	205,663.00
ELECTRICO (INGENIERIA E INSTALACION)	208,212.00
IMPREVISTOS DE "B" (15%)	124,585.00
CONTRATISTA (17 %)	141.196.00
TOTAL	<hr/> <u>\$ 2'751,581.00</u> 2'751'581,000

COSTO DE OPERACION.

El costo de operación está constituido, tanto por los gastos directos debidos a la operación - en sí de la planta, como los gastos indirectos derivados de la administración.

Este costo de operación será comparado con el insumo que representa la venta del concentrado - de cobre y de esa comparación se definirá la factibilidad económica, para la instalación de la planta.

COSTO DIRECTO.

Este costo directo, incluye el pago de salarios del personal que operará la planta, ~~el pago - por consumo de bolas,~~ agua, reactivos, y energía eléctrica. Este costo se eleva a un valor de - - \$110.00 (M.N.) por tonelada de mineral procesada, - es decir, un total por día de \$ 12,100.00

COSTO INDIRECTO.

De costos indirectos sólo se han considerado los siguientes: Pago por impuestos de producción (Ley de Impuestos y Fomento a la Minería y Ley de Ingresos de la Federación, Diario Oficial del 23 de junio de 1976) a razón de \$ 2.9607 por kilogramo de cobre contenido, gastos administrativo derivados - de sueldos de empleados y gastos de oficina en general, y pago por fletes, teniéndose la siguiente relación:

Impuestos por Producción	\$ 2841.00
Gastos de Administración	\$ 4311.00
Fletes	<u>\$ 285.00</u>
TOTAL GASTOS INDIRECTOS	\$ 7437.00/día

Resumiendo los costos de operación se tiene:

Gasto Indirecto	\$ 7437.00
Gasto Directo	<u>\$12100.00</u>
TOTAL COSTO DE OPERACION	\$19537.00/día

VENTA DE CONCENTRADOS.

A razón de \$ 19.25 (M.N.) por kilogramo de cobre concentrado, se tiene un total de \$ 18480.00- por día. Entonces se tiene:

COSTO DE OPERACION	\$ 19537.00
VENTA DE CONCENTRADOS	<u>\$ 18480.00</u>
DIFERENCIA	\$ 1057.00/día.

CONCLUSION.

Esa diferencia de \$ 1057.00 por día representa la pérdida diaria que significaría la operación de la planta, con las características de capacidad de producción de la planta y de depósito a exportar, que se han mencionado en este trabajo.

Todo lo anterior indica la imposibilidad de

instalar una planta con las anteriores características. Sin embargo, se abre una posibilidad que es la de utilizar esta planta, como planta piloto, la cual podría funcionar para determinar los parámetros de operación de los grandes complejos requeridos, para la explotación económica, de depósitos minerales de baja ley semejantes al indicado para este estudio. Además de poder determinar esos parámetros anteriormente mencionados, podría llevar a cabo también funciones de investigación y desarrollo dentro de las operaciones minero-metalúrgicas que llevarían implícito, grandes beneficios.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE TRITURACION

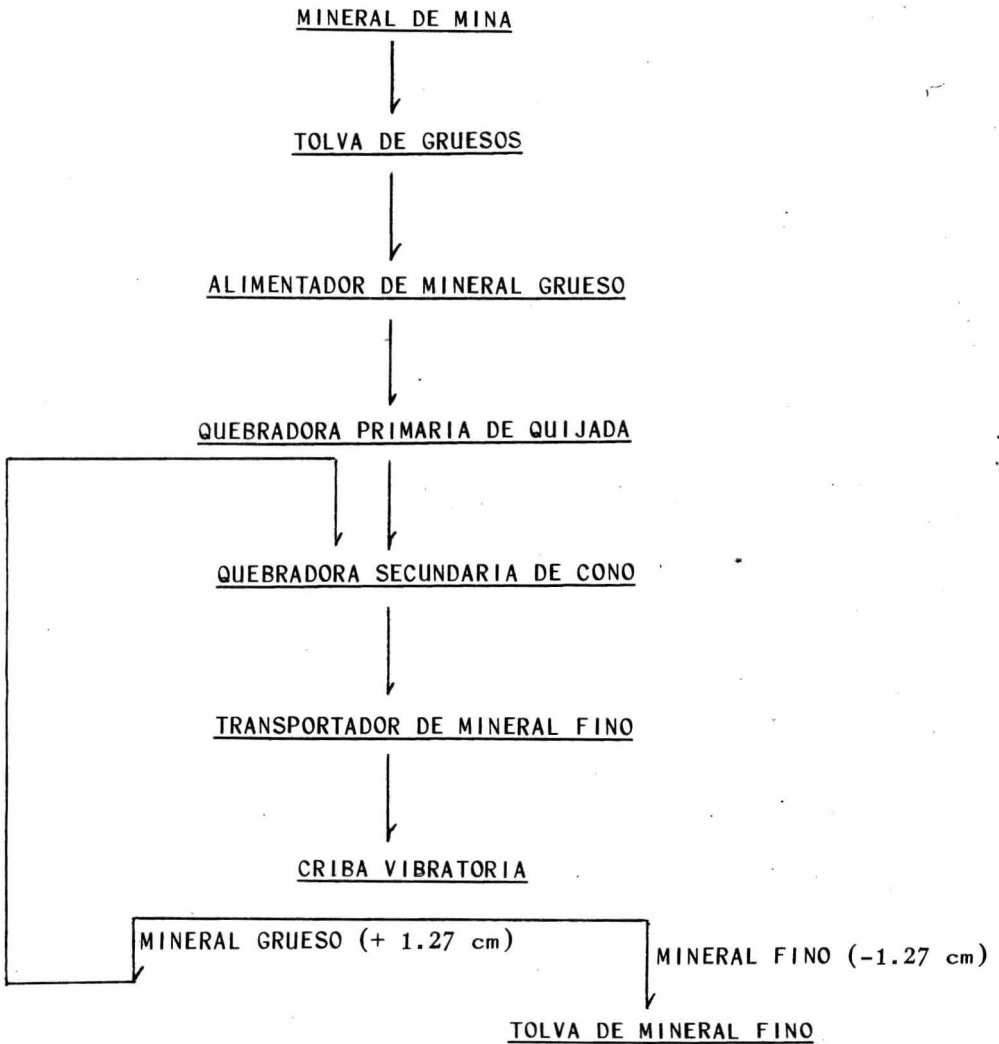
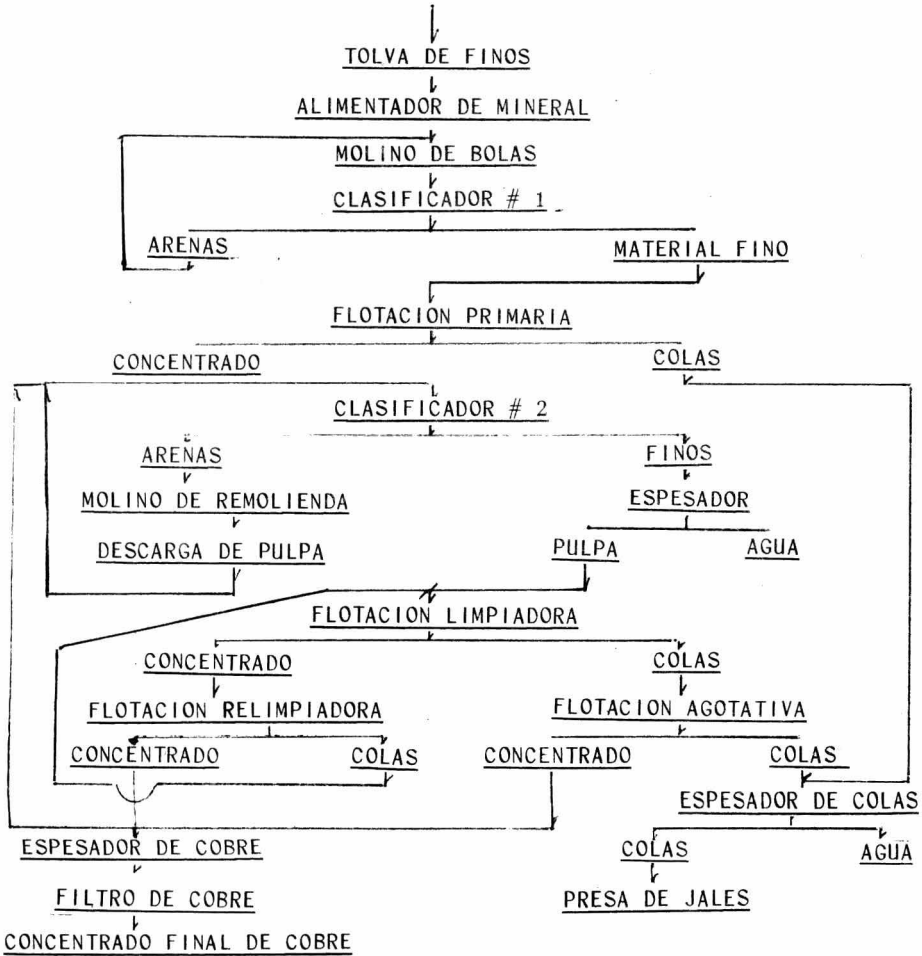
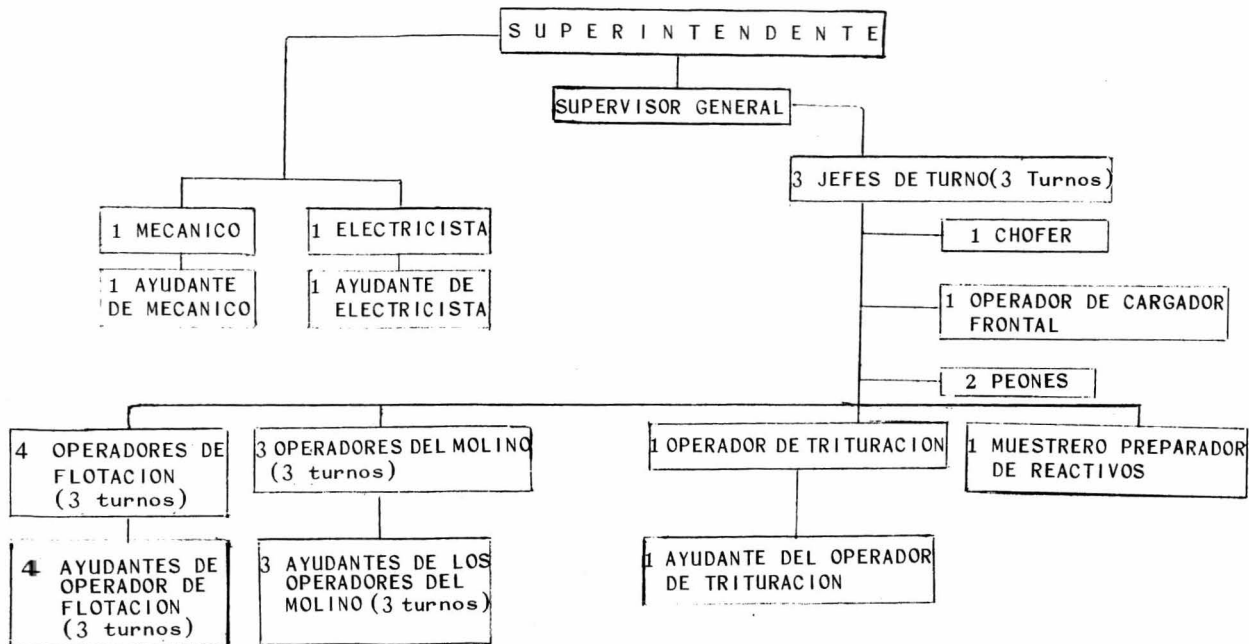


DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA CONCENTRADORA



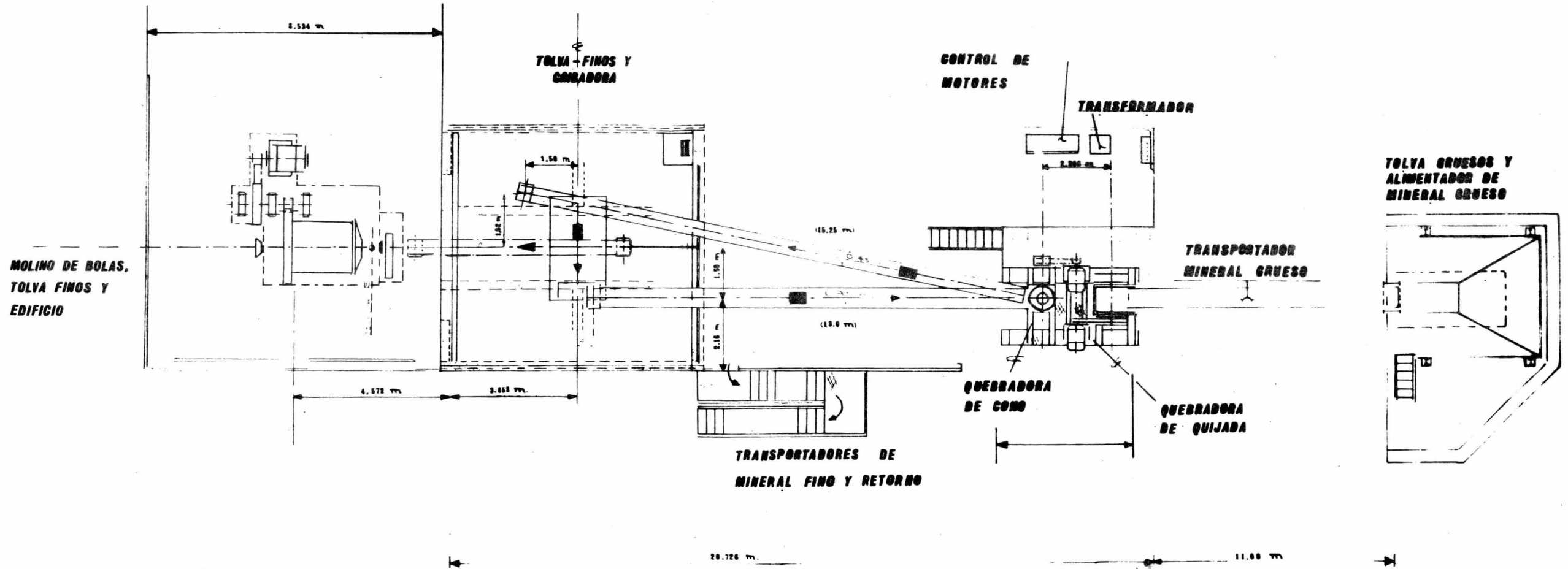
ORGANIGRAMA PARA LA PLANTA

PERSONAL DE OPERACION



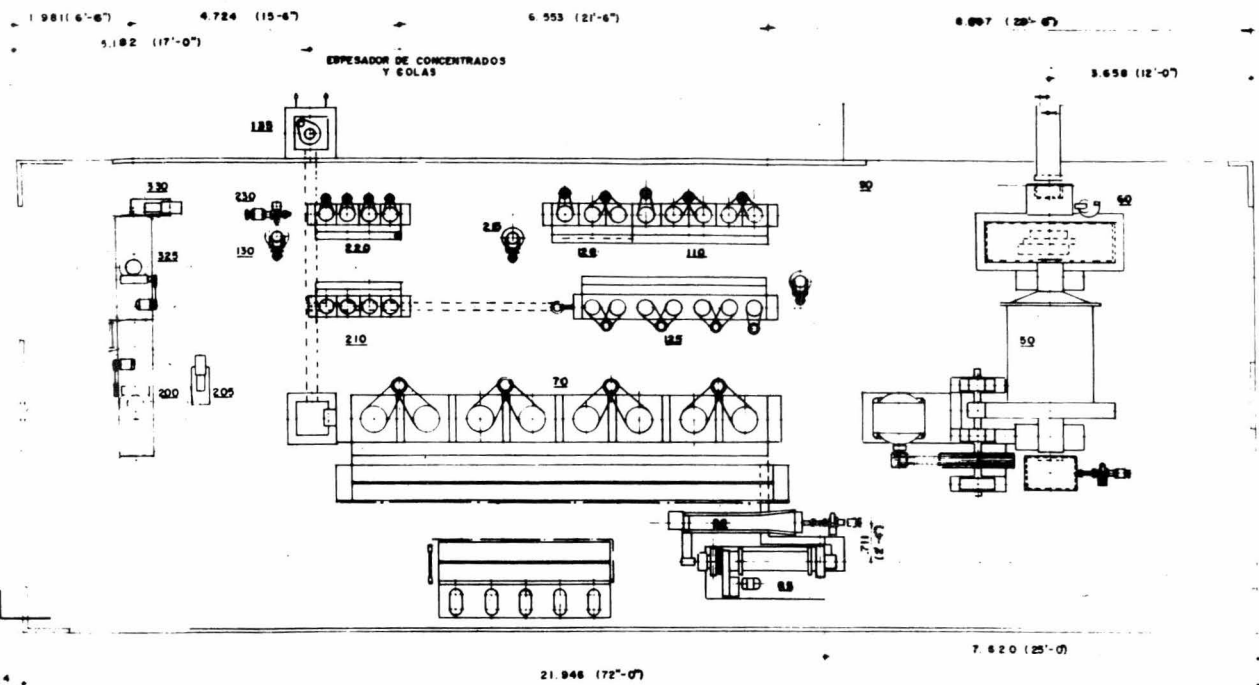
* EL RELEVO DE LOS OPERADORES DE FLOTACION DA DESCANSO A LOS OPERADORES DEL MOLINO.

PLANTA DE TRITURACION





PLANTA DE TRITURACION
TRANSPORTADOR Y
MOLINO DE BOLAS



PLANTA CONCENTRADORA

CAPITULO VII.

B I B L I O G R A F I A .

1. Extraction Metallurgy: J.D. Gilchrist, Pergamon Press, Oxford, Inglaterra, 1967.
2. Teoría y Prácticas de Trituración y Molienda, - Comisión de Fomento Minero, México, 1972.
3. Prácticas de Flotación: Philip Rabone, Comisión de Fomento Minero, Boletín # 2, México, 1972.
4. Operaciones Básicas en la Ingeniería Química: - George Grange Brown, Alan Shivers Foust, Donald La Varne Kotz, Richard Scheidwind, Robert Roy - White, William Platt Wood. Editorial Marín, España, 1955.
5. The Encyclopedia of Chemical Process Equipment: William J. Mead P.E., Reinhold Publishing Corporation, New Yor, 1964.
6. Modern Applied Theory of Continous Filtration:- C.S. Simons y D.A. Dahlstrom. Research and Development Department. The EIMCO Corporation, 1967.
7. Practical Evaluation of Pilot Plant Filtration-Data: Richard N. Hill and Marvin M. Kaiser, The EIMCO Corporation.
8. Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso: H.F. Rose y M.H. Barrow. Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1973.

9. The Trend of Flotation: Arthur J. Woining. Colorado School of Mines, E.U.A., 1967.
10. Denver Mills, Portable and Unit. Boletín # M 5-B 5
11. Catálogo de Alimentadores de Placa de Stephens-Adamson; Stephens Adamson Division of Borg-Warner Corporation. Boletín # 766.
12. Catálogo de Quebradoras TelSmith. Nordberg-Division of Rex Chain Bolt Inc., E.U.A., Boletín - # 274 - B, (1960)
13. Catálogo de Quebradoras Denver. Denver Equipment Co. Boletín # C 12 - B 20.
14. Catálogo de Molino de Bolas Denver. Denver - - Equipment Co. Boletines # B 2 - B 15 y # B 2 -- B 34.
15. Catálogo de Cribas Denver. Denver Equipment Co. Boletín # C 12 - B 26.
16. Catálogo de Celdas de Flotación D-R Denver. Denver Equipment Division, Joy. Boletín # F 10-B - 141.
17. Catálogo de Celdas de Flotación WEMCO, Enviro--tech. WEMCO Division. Boletín # F 5 - B 55.
18. Catálogo de Filtros Denver. Denver Equipment - Company. Boletines # FG-B1 y # F9-B12.

19. Principles of Mineral Dressing: A.M. Caudin. -
Mc Graw-Hill Book Company, New Yor, 1967.
20. Manual Cyanamid de Productos Químicos para la -
Minería. Publicación de Cyanamid de México,S.A.
de C.V. 1970.
21. Flotation Fundamentals and Mining Chemicals: -
The Dow Chemical Company, Midland Michigan, - -
1968.