

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



SIN AÑO

**OPERACION DE UN MOLINO DE BOLAS CON
CLASIFICACION NEUMATICA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO**

PRESENTA

JULIO MAYA Y VILLASEÑOR



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.

CLAS. Tesis
AÑO. 1975
FECHA
PROC. 117 220



QUÍMICA

PRESIDENTE : CARLOS DOORMAN MONTERO

V O C A L : CLAUDIO AGUILAR MARTINEZ

SECRETARIO : RAMON ARNAUD HUERTA

1er. SUPLENTE : JOSE FRANCISCO GUERRA RECASENS

2do. SUPLENTE : JOSE CAMPOS CAUDILLO

DESARROLLADO EN : HARBISON WALKER FLIR DE
MEXICO, S. A.

JULIO MAYA Y VILLASEÑOR

ASESOR : RAMON ARNAUD HUERTA

A MIS PADRES

ANGELES

I N D I C E

CAPITULO I .-

INTRODUCCION.

a)	MOLIENDA.	Pág. 1 ✓
b)	DEFINICION DE MALLA.	Pág. 2 ✓
c)	CLASIFICACION DE LAS OPERACIONES DE MOLIENDA.	Pág. 6 ✓
d)	TEORIA Y APLICACION.	Pág. 8 ✓
e)	TIPOS DE MOLINO.	Pág. 12 ✓
f)	MOLINO CONICO.	Pág. 13 ✓
g)	CLASIFICADORES NEUMATICOS.	Pág. 24
h)	DATOS REQUERIDOS POR FABRICANTES DE MOLINOS.	Pág. 25 ✓
i)	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL.	Pág. 32 ✓

CAPITULO II .-

CARACTERISTICAS, DESCRIPCION Y VERIFI- CACION DEL SISTEMA.

a)	CARACTERISTICAS DEL MOLINO Y DE LA CARGA.	Pág. 33 ✓
b)	DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CLASIFICA- CION Y DEL COLECTOR DE POLVOS.	Pág. 35

- c) CARACTERISTICAS Y EQUIPOS PRINCIPALES DEL SISTEMA DE CLASIFICACION. Pág. 41 ✓
- d) VERIFICACION DEL SISTEMA. Pág. 50

CAPITULO III . -

OPERACION .

- a) VARIABLE EN EL PROCESO. Pág. 55
- b) OPERACION DEL MOLINO. Pág. 63 ✓
 - 1. - CON MATERIAL A GRANEL Y PROCESADO.
 - 2. - CON VELOCIDAD DE ALIMENTACION FIJO Y VARIANDO EL CLASIFICADOR.
 - 3. - PARAMETROS FIJOS.
- c) PRUEBA DE HUMEDAD CONTRA CAPACIDAD. Pág. 70
- d) DESGASTE DE LAS BOLAS POR TONELADA DE MATERIAL. Pág. 71 ✓
- e) DUREZA DE LAS BOLAS USADAS EN EL MOLINO. Pág. 72 ✓
- f) CALCULO DEL COEFICIENTE DE RENDIMIENTO. Pág. 73 ✓

CAPITULO IV . -

CONCLUSIONES .

a)	INCREMENTO DE CAPACIDAD.	Pág.
b)	AJUSTES PARA LA OPERACION.	Pág. 75
c)	SECUENCIA DE ARRANQUE.	Pág. 76
d)	OPERACION INICIAL Y NORMAL DEL SISTEMA.	Pág. 80
e)	MANTENIMIENTO.	Pág. 83 ✓

PROLOGO

ESTA TESIS TIENE COMO FINALIDAD DAR A CONOCER LA IMPORTANCIA DE LA MOLIENDA DE MINERALES, -- Y CONOCIENDO A LA MOLIENDA COMO CIENCIA EXPERIMENTAL, OPTIMIZAR LAS VARIABLES DE OPERACION DE UN MOLINO DE BOLAS DE 6'0" DIAMETRO POR 22" LONGITUD DEL CILINDRO PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD PARA LO CUAL SE CAMBIO EL TIPO DE CLASIFICACION DE CRIBA POR CLASIFICACION NEUMATICA EN LO QUE VEREMOS PROBLEMAS QUE SURGEN EN LA OPERACION DEL MOLINO Y CLASIFICADOR, ASI COMO LAS DIFERENTES PRUEBAS EFECTUADAS.

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO I

INTRODUCCION .-

La importancia de moler en una sola operación en toda industria ha causado mucho trabajo para ser extendida hacia el mejoramiento y la facilidad con la cual la molienda se lleva a cabo.

El costo de la molienda es frecuentemente la mayor parte del costo total del producto sin embargo ha llevado mucho tiempo el formular leyes que gobiernen la reducción y molienda. La molienda es una ciencia experimental y como tal su conocimiento se origina en la experimentación.

MOLIENDA .-

Molienda es el proceso mediante el cual se divide o reduce un material, este término se refiere tanto a la pulverización como a la desintegración, esto se diferencia por la naturaleza del material, su tamaño o por la reducción que pueda alcanzar.

	<u>DESINTEGRACION</u>	<u>PULVERIZACION</u>
Reducción de Tamaño.	De agregados de partículas blandas débilmente ligadas.	De partículas fundamentales de masa.

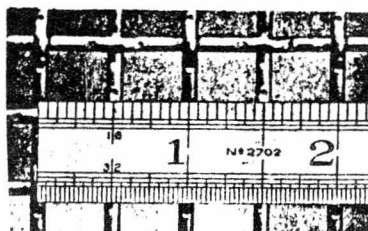
En algunos casos la pulverización lleva anteriormente una trituración o sea la reducción de tamaño adecuado para la alimentación a un molino.

TAMAÑO DE GRANO :-

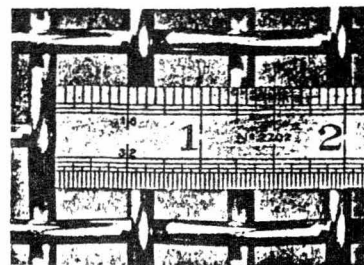
El tamaño de partícula es lo más importante en el proceso de molienda. Una manera práctica de determinar el tamaño es mediante : Número de Malla.

DEFINICION DE MALLA .-

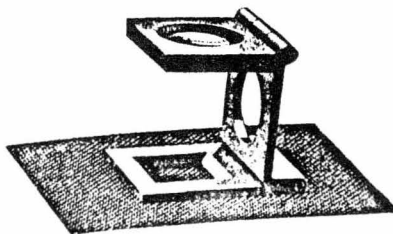
En la tela de alambre donde la malla se señala con un número, esto se refiere al número de aberturas por pulgada lineal. La malla se cuenta empezando desde el centro del alambre y anotando el número de abertura que hay hasta el punto a una pulgada de distancia



Tela de alambre de dos mallas por pulgada (contado desde el centro de un alambre hasta el centro del otro alambre).



Tela de alambre de 1/2" de abertura (el espacio libre entre dos alambres contiguos)



Lente de aumento contador, para determinar el número de mallas del tejido metálico fino.

TABLA DE EQUIVALENCIAS DE MALLAS ASTM Y TYLER

ASTM (CRIBAS)		TYLER STANDARD	
<u>U. S. STANDARD CRIBAS SERIES NO.</u>		<u>CRIBAS MALLA NUMERO</u>	<u>ABERTURA DE MALLA</u>
N	3	3 a	6.35 mm.
N	4	4	6.45
N	6	6	3.35
N	8	8	2.35
N	12	10	1.70
N	16	14	1.18
N	20	20	850 um.
N	30	28	600
N	40	35	425
N	50	48	300
N	70	65	212
N	100	100	150
N	140	150	106
N	200	200	75

Industrialmente para los procesos de selección de material se utilizan cribas de diversas formas, tipos y características, estas cribas se utilizan en vibradoras mecánicas o eléctricas.

The W.S. Tyler Company señala las características de sus diversos tipos de cribas como la Ton-Cap, que es para más tonelaje en capacidad que está diseñada para no retener el material en su red metálica.

TABLA DE NUMEROS NORMALES PARA CRIBA TON-CAP

DENTRO DE LA CLASIFICACION COMO MEDIANA

<u>ANCHURA DE ABERTURA EN PULGADAS</u>	<u>NO. DE TON CAP</u>	<u>% AREA ABERTURA</u>
.202	704	53.7
.174	1,340	52.8
.157	412	50.7
.141	770	50.4

El material puede o no pasar una malla especificada. Si el material es retenido se dice Material Malla + y si el material pasa la malla será Malla -

CLASIFICACION DE LAS OPERACIONES DE MOLIENDA .-

La influencia económica y práctica da el tipo y método -- adecuado en las operaciones de molienda.

La molienda por su contenido de humedad se clasifica en:
Molienda Húmeda y Molienda Seca.

MOLIENDA HUMEDA .-

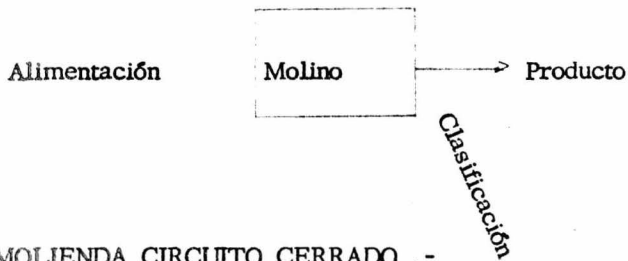
La molienda húmeda es generalmente usada donde la pre - sencia de agua ú otro líquido son requeridos por el producto procesado para los siguientes pasos de proceso. Suficiente líquido debe agregarse con el material para producir una pulpa en el --- molino que tenga una consistencia similar a crema espesa.

MOLIENDA SECA .-

Cuando se requiere procesar un material en este tipo de - molienda el contenido de humedad deberá ser mínimo y en caso de tener humedad, circular aire caliente o gases de combustión para - su secado, si existe o no recirculación en el molino, la molienda se clasifica en :

MOLIENDA DE CIRCUITO ABIERTO .-

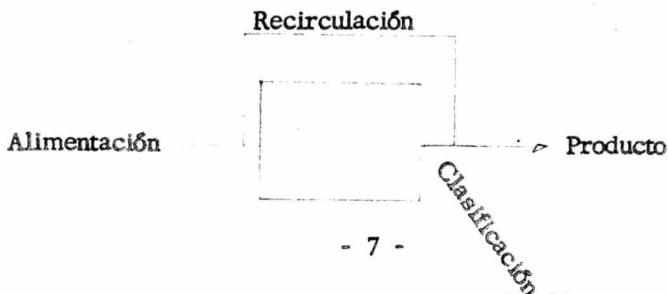
El material para ser procesado se reduce mediante un solo paso por el molino, ninguna porción es recirculada del clasificador para una molienda posterior.



MOLIENDA CIRCUITO CERRADO .-

El material es expulsado del molino al clasificador para limitar el tamaño de la partícula y recircular al molino el material que no cumpla con el tamaño de grano adecuado, este procedimiento se repite hasta obtener un producto con dimensiones adecuadas y se llama carga circulante.

Cuando el producto de molienda requiere una finura de malla 10 es generalmente usada la molienda de circuito cerrado para la economía en la operación.



TEORIA .-

Ley de Kick. - Basándose en la teoría del análisis de --
los esfuerzos que intervienen en la deformación plástica de lle-
gar al límite de elasticidad el trabajo necesario para triturar --
una cantidad dada de material es constante para una misma re-
lación de reducción, cualquiera que sea el tamaño original. La
ley puede escribirse :

$$(1) \quad E = C \log D_1/D_2$$

en la que (D_1/D_2) es la relación de la reducción de tamaño --
C constante y E es el trabajo realizado.

Ley de Rittinger .- Otro análisis teórico dice que el --
trabajo consumido para reducir el tamaño de las partículas es --
directamente proporcional a la nueva superficie producida.

$$(2) \quad E = C'(S_2 - S_1)$$

en la cual S_2 y S_1 son las superficies específicas después y an-
tes de la reducción, respectivamente ; pero $S = (kg/e)(D^2/D^3)$;
de modo que :

$$(3) \quad E = C'' \left(\frac{1}{D_2} - \frac{1}{D_1} \right)$$

e — Densidad k_s — Factor de forma (superficie específica)

APLICACION .-

Diversos investigadores han demostrado la mayor aplicabilidad de la relación de Rittinger. Las constantes de las ecuaciones (1) y (3) son recíprocas de los coeficientes de rendimiento.

La superficie específica (cm^2/g) y el tamaño (cm) de una partícula que tenga la misma superficie específica que todo el polvo se determina directamente usando el método de la permeabilidad al aire, este método demuestra que se trabaja de acuerdo con la Ley de Rittinger. Pueden emplearse también métodos basados en la adsorción de gases para medir la superficie de los materiales pulverizados.

COEFICIENTES DE RENDIMIENTO .-

Prácticamente el consumo de potencia para la molienda nos da como resultado este coeficiente. Por otra parte, la relación de producción en toneladas por hora que pasa por una malla especificada a la potencia consumida en C.V. La relación es :

$$\text{relación es : } \frac{\text{Ton.}}{\text{Cv. hr.}}$$

Existen otros métodos basados en la Ley de Rittinger de comparación de rendimiento de trituración. Indudablemente que el anterior es la manera más práctica de calcular el coeficiente experimentalmente.

TAMAÑO μ

Operación reductora de tamaño	Dureza del Material	Límites para la alimentación, mm*		Límites para los productos mm*		Relación de Reducción ^o	Tipo de Equipo $\text{\textcircled{S}}$
		Máx.	Mfn.	Máx.	Mfn.		
Molienda :							
Pulverización :							
Gruesa :	Duro	4.7 (4)	0.84 (20)	0.58 (28)	0.076 (200)	10: 1	De Bolas.
Fina :	Duro	1.1684 (14)	0.15 (100)	0.076 (200)	0.01 .10 M	15: 1	De Bolas.
Desintegración : //							
Gruesa :	Blando	12.70	1.65 (10)	0.58 (28)	0.076 (200)	20: 1	De Bolas.
Fina :	Blando	4 (5)	0.5 (32)	0.076 (200)	0.01 .10 M	50: 1	De Bolas.

μ 85 % en peso menor que el tamaño dado.

* los números entre paréntesis son los de la malla.

^o las relaciones de reducción más altas para operaciones en circuito cerrado.

|| 10 μ

// Y pulverización de materiales blandos.

TIPOS DE MOLINOS .-

Dependiendo de la operación reductora que se debe efectuar existen diversos tipos de Molinos. Para las diferentes condiciones y tipos de material, pero básicamente lo que da el tipo de molino adecuado es el tamaño de reducción que se requieran.

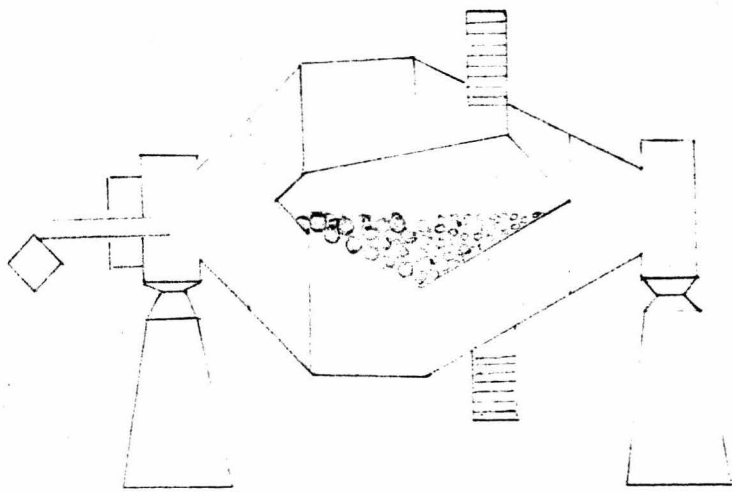


Diagrama del Molino Cónico

MOLINO CONICO .-

El molino cónico se emplea tanto para la molienda húmeda como seca en circuito cerrado o abierto.

La coraza del Molino Cónico está formada de una sección cilíndrica ensamblada entre 60° de la alimentación y un cono truncado y 30° de descarga al final del cono truncado.

Esto produce una segregación de las bolas, la cual proporciona aproximadamente la energía necesaria al trabajo que han de realizar, acumulándose las bolas mayores en la parte del cilindro - al extremo de la alimentación en que el diámetro es máximo, mientras que las bolas más pequeñas se disponen por sí mismas en tamaños decrecientes hacia la descarga del molino.

La segregación de las unidades de molienda en el interior del molino es característico del Molino Cónico, la alimentación entra através del cono de 60° a la zona de molienda primaria donde el diámetro de la coraza es mayor. El producto se descarga en el otro cono del molino.

Este tipo de molino contiene Bolas de diferentes tamaños,

las cuales disminuyen su diámetro conforme la operación del molino, por lo que, periódicamente se agregan bolas de diámetro mayor.

La cantidad de energía necesaria va de acuerdo a la dificultad de desintegración.

Las bolas deberán ocupar la mitad del volumen del molino, en la operación las bolas siguen un movimiento cíclico.

Las bolas se recogen por la parte interior del molino y se llevan a la parte superior donde pierden contacto con las ---
laminas y caen al fondo para ser recogidas nuevamente y recirculadas llamándose a este proceso Cascada del Molino.

La fuerza centrífuga mantiene las bolas en contacto con la pared y a una con otra, durante el movimiento ascendente durante el contacto con la pared (laminas) efectúan una molienda revolcándose una contra otra pero la mayor parte de la molienda tiene lugar en la zona de impacto donde las bolas que caen golpean con el fondo del molino y unas con otras.

Mientras más rápido gira el molino, más rápida será la velocidad en que las bolas sean transportadas a la parte superior

del molino para efectuar la operación dentro de los límites de velocidad por lo que la velocidad debe ser menor a la velocidad crítica para que exista molienda :

Para la velocidad existe la ec. empírica .

$$n = 57 \text{ --- } 40 \log D$$

n = Velocidad en RPM

D = Diámetro interno del molino en Ft.

Ejemplo :

Veremos su aplicación en el Molino en el cual experimentamos :

Molino de Bolas Cónico de 6 Ft. de

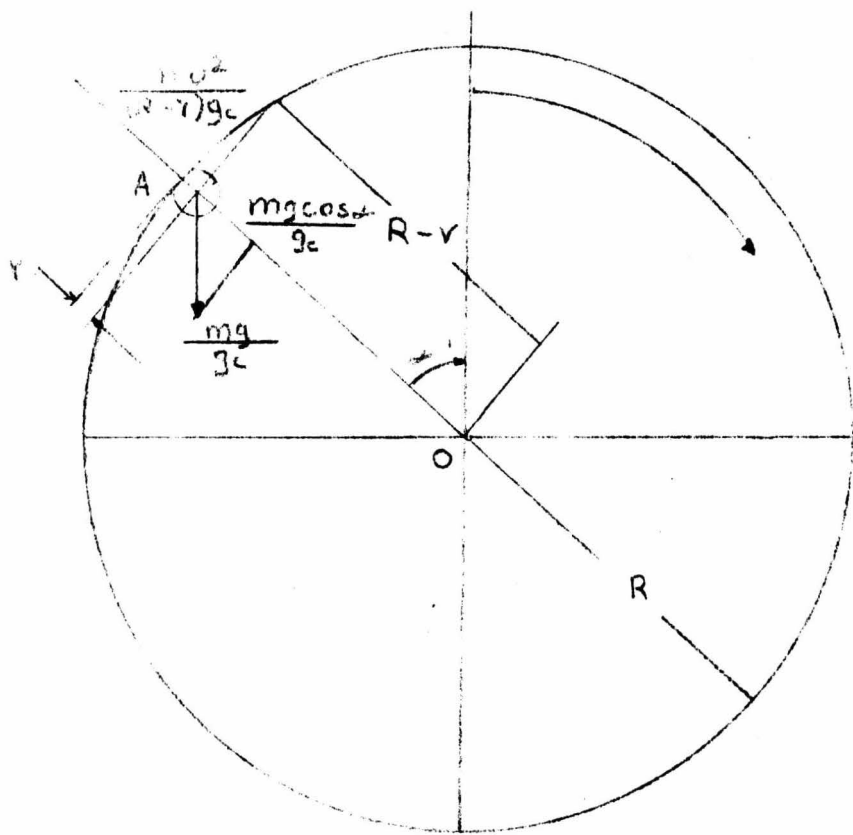
$$D = 6 \text{ Ft.} \quad \log 6 = .788$$

$$n = 57 \text{ --- } 40 \quad (.788)$$

$$n = 57 \text{ --- } 31.52$$

$$n = 25.48 \text{ --- } \text{Velocidad del Molino RPM}$$

El punto donde la bola pierde contacto con la pared del Molino depende en un balance entre fuerzas gravitacionales y centrífugas, esto puede verse con la ayuda de la siguiente figura :



considerando la bola en el punto H de la periferia del molino asumiendo que el radio del molino y la bola se R y r respectivamente, el centro de la bola es $R - r$ (ft) desde el eje del molino el Radio AO desde el ángulo α con la vertical. Las fuerzas de gravedad mg/gc donde M es la mas de la bola,

La 2a. fuerza es la centrífuga $MU^2/(R - r) Gc$ donde U es la velocidad de la periferia del centro de la bola el componente centripeta de la fuerza de la gravedad es $(mg/gc) \cos \alpha$ y esta se opondrá a la fuerza centrífuga mientras que la fuerza centrífuga exceda la fuerza centripeta, la partícula no perderá contacto con la pared mientras que el ángulo aumenta, sin embargo, la fuerza centripeta aumenta y solo que la velocidad exceda a la critica, se llega a un punto donde las fuerzas oponentes son iguales y la partícula cae.

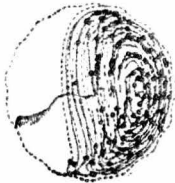
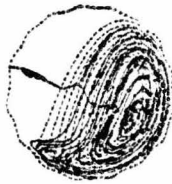
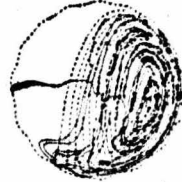
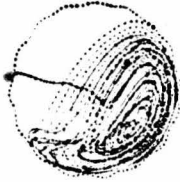
El ángulo en que esto ocurre se encuentra comparando las dos fuerzas, por lo que :

$$mg/gc \cos \alpha = \frac{MU^2}{(R - r) gc}$$

$$\cos \alpha = \frac{U^2}{(R - r) g}$$

La velocidad U es relativa a la velocidad de rotación, lo que nos da :

$$U = 2 \pi n (R - r)$$



Proceso de Molienda y formación de casacada en el interior del molino.

y por la ecuación primera tenemos :

$$\cos \alpha = \frac{4 \pi^2 n^2 (R - r)}{g}$$

a la velocidad entra $\alpha = 0$, $\cos \alpha = 1$

lo que la velocidad entra Nc

$$Nc = \frac{1}{2 \pi} \frac{g}{R - r}$$

Los molinos de bolas están provistos de revestimientos -
metálicos del tipo de barras en cuña, ondulado o de nervaduras. -
Las barras de defensa o desgaste de los revestimientos con barras
en cuña sirven para levantar la masa de las bolas y el material, al
mismo tiempo que para mantener en su sitio las placas de reves-
timiento. En caso de que el fierro de las bolas contamine, el ma-
terial se podrá el siguiente molino.

Los molinos de guijarros llevan revestimientos interiores de a
cabado diamantino de sílice, sílex, porcelana o cualquier otro reves-
timiento no metálico adecuado para la operación.

LOS MOLINOS PARA PULVERIZACION HUMEDA. - Tienen --
dispositivos de descarga para niveles alto, medio o bajo de la pulpa,
dependiendo el nivel usado del problema particular a resolver. Se

emplea una rejilla o emparrillado apropiado que permita utilizar una carga máxima de bolas y de pulpa en un molino de un tamaño dado y que además impide que las bolas se derramen y salgan del molino; también impide la acumulación de los trozos de tamaño excesivo en el extremo de descarga del molino. Para la Pulverización Seca se usa una rejilla vertical con aletas de descarga en un nivel bajo de la pulpa.

LOS ALIMENTADORES DE LOS MOLINOS .- Acoplados al muñón de alimentación de los molinos cónicos y utilizados para hacer pasar el material al interior del molino sin que se derrame hacia atrás son de diferentes tipos.

PARA LA MOLIENDA SECA SE USA POR LO GENERAL, - -
Un verdadero alimentador, que consiste en una rampa inclinada bien ajustada al borde exterior del muñón y a lo largo de la cual desciende el material resbalando para pasar por el muñón y penetrar en el molino. En la molienda seca puede emplearse también un alimentador tipo helicoidal por una sección corta de un transportador de tornillo sinfin que penetra parcialmente en el hueco del muñón -- del extremo de la alimentación e introduce el material en el molino.

PARA LA MOLIENDA HUMEDA EXISTEN DISTINTOS TIPOS -
DE ALIMENTADORES .- El alimentador de cuchara, unido al muñón del molino y que gira con él, se sumerge en una caja fija para reco-

ger el material e introducirlo en el molino; un alimentador de tambor unido a dicho muñón y girado con él, tiene una abertura central por la cual se alimenta el material y un deflector o levantador interno que hace pasar el material por el muñón hasta el interior del molino; o bien se emplea una combinación de los alimentadores de tambor y de cuchara por medio de la cual el material nuevo alimentado al molino se introduce por la abertura central del tambor mientras la cuchara coge el material de tamaño excesivo (sobretamaño) - devuelto por un clasificador a una caja colocada bastante debajo de la línea central del molino. Cualquiera que sea el sistema de alimentación empleado, debe tener capacidad para manipular la cantidad de material que pueda moler el molino y además, una carga - circulante que pueda llegar hasta el 1,000 por ciento del material nuevo alimentado.

Los alimentadores reguladores se construyen en dos tipos - fundamentales, a saber, de volumen constante y de peso constante. Típico de los de volumen constante es el alimentador de disco formado por una tolva de sección circular unida por lo general al fondo del depósito alimentador.

La alimentación resbala por la tolva hasta el centro de un

disco giratorio y después la barren del disco uno o dos rascadores ajustables hasta llevarla al alimentador del molino. La cantidad de material se regula variando la velocidad del alimentador o ajustando el rascador para que varfe la cantidad de material barrido del disco. El alimentador de disco es apropiado para materiales húmedos o formados por terrones grandes. El alimentador de peso constante ayuda al operario a obtener el rendimiento máximo total del molino y a llevar un registro del material alimentado al mismo. Regula la alimentación del molino manteniendo constante su peso en lugar de su volumen, independientemente de la segregación en el depósito alimentador o de los cambios en las características físicas del material alimentado. Este alimentador consiste en una banda sinfin montada sobre una armazón de acero, y el conjunto está suspendido de pivotes debajo de una tolva alimentadora. Una compuerta, también con pivotes, situada en el frente de la tolva, está conectada a la armazón por medio de articulaciones y de modo que, luego de puesto en punto el alimentador para el peso correcto de material sobre la banda alimentadora, cualquier variación de la posición de la armazón alimentadora hace que se mueva la compuerta para mantener constante dicho peso de material. La cantidad alimentada por este dispositivo se varfa por medio de una

transmisión de velocidad variable. Un perfeccionamiento de este sistema de alimentación es el consistente en los mismos detalles fundamentales, pero incluye instrumentos indicadores y registradores de la cantidad de material alimentado.

CLASIFICADORES NEUMATICOS . -

Prácticamente todos los clasificadores de aire modernos utilizan tanto fuerzas inerciales como gravitacionales en una combinación en el cual las dos clases de fuerzas se ajustan como -- parte de la operación.

Las máquinas que están construidas y son operadas como unidades separadas hacen la operación de impulsar por inercia, ya que, las fuerzas inerciales creadas centrifugamente son mucho mayores que las gravitacionales y consecuentemente son más rápidas, dan un margen más amplio de ajuste y permiten el uso de aparatos más pequeños. Por otro lado la mayoría de los clasificadores utilizan la operación de impulso gravitacional, porque, esa utilización se efectúa por el simple aumento de la intensidad del flujo de aire y además por las dificultades mecánicas en -- unir el molino y el clasificador centrífugo en un solo aparato.

DATOS REQUERIDOS POR FABRICANTES DE MOLINOS .-

FORMA

1. - Estamos interesados en el siguiente Molino :

() Húmedo () Seco

Molino Pulverizador.

Bolas Rodillos Guijarros

2. - Nuestra inmediata necesidad para datos y precios son para :

Evaluación Económica. Presupuesto Estimativo.

Propuesta detallada final.

3. - Los requisitos aplicables son :

1. - Material para ser procesado.

2. - Características de alimentación .-

Peso/Ft³ , Temperatura °F, % Humedad.

Abrasivo, Corrosivo, Dureza, Fragilidad, Espon-
josidad, Tamaño y Tipo de Estructura del Grano,
Tipo Fractura.

9. - ¿ Están moliendo este material ahora ? Si es así, ¿ Que tipo de equipo están utilizando ?
Energía Requerida.
Capacidad presente de molienda.
Tamaño de Alimentador.
Tamaño de Producto.
10. - Facilidades de energía utilizables. ¿ Podemos cotizar los motores ?
11. - Localización de la Planta.
Elevación.
Rango de la temperatura ambiente.
la instalación será :
(adentro) (afuera)
Agua (no) conteniendo sólidos con un pH de :
Es utilizable al °F
12. - Los molinos se colocarán en :
(nuevo) (existente)
Construcción.
Limitaciones de espacio son :
Longitud.
ANCHURA.
Altura.

13. - La operación será : (continua) (intermitente)

Horas diarias de operación.

14. - Favor mandar información a :

Cfa.

Dirección

Atención de :

Título :

DUREZA . -

La dureza de un mineral medido por la escala de Mohs es un criterio de su resistencia a la trituración. Es una buena indicación del carácter abrasivo del mineral, un factor que determina el desgaste de los medios empleados para la molienda. -
Dispuesta por orden ascendente de dureza, la escala es como -- sigue :

1. - Talco
2. - Yeso
3. - Calcita
4. - Fluorita
5. - Apatita
6. - Feldespato
7. - Cuarzo
8. - Topacio
9. - Coridón
10. - Diamante

Para nuestros fines pueden ensancharse los intervalos de la tabla, y los materiales con dureza de 1 a 4, inclusive, pueden clasificarse como Blandos y otros como Duros :

Materiales Blandos .-

- 1.- Talco, tortas secas de filtros prensa, ceras, esteatita o jaboncillo y los cristales aglomerados de sal.
- 2.- Yeso, sal gema, sales cristalinas en general, grafito y hulla grasa.
- 3.- Calcita, mármol, caliza blando, baritas, yeso y azufre.
- 4.- Fluorita, fosfato blando, magnesita y caliza.

Materiales Duros .-

- 5.- Apatita, fosfato duro, caliza dura, cromita y bauxita.
- 6.- Feldespato, ilmenita, ortoclasa y hornoblendas.
- 7.- Cuarzo, granito.
- 8.- Topacio.
- 9.- Coridón, zafiro y esmeril.
- 10.- Diamante.

Una clasificación norteamericana de dureza de las piedras basada en la resistencia a la compresión de cubos de 2.54 cm. (1") es la que sigue :

Para cargas en Kg/cm^2 :

Muy Blandas	700
Blandas	1,055
Dureza Media	1,410
Duras	1,760
Muy duras	2,100

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL . -

El material utilizado durante las pruebas efectuadas fué Bauxita, que contiene materiales como : Diaspre y Gibbsita cuyo análisis químico y propiedades físicas son las siguientes :

Análisis Químico :

	%	Especificaciones
Alúmina Al_2O_3	88	86.5 Mfínimo
Sílica SiO_2	6.5	7.5 Máximo
Oxido Fe	2.00	2.5 Máximo
TiO_2	3.25	—
Bulk specific gravity :	<u>3.10</u>	<u>%</u>

Propiedades Físicas :

Peso / Volumen :	3.10
Temperatura :	-
% Humedad :	0 %
Abrasivo :	SI
Corrosivo :	NO
Dureza :	MUY DURO
Fragilidad :	NO
Esponjosidad :	NO
Tipo de fractura :	IRREGULAR
Plasticidad :	NO

CAPITULO II

CARACTERISTICAS, DESCRIPCIONES Y VERIFICACIONES DEL SISTEMA

CAPITULO II

Hoja de datos para el molino

CARACTERISTICAS DEL MOLINO Y DE LA CARGA

Tamaño .- 6' — 0" Diámetro x 22" Longitud.

Tipo .- Molino de Bolas Cónico.

Velocidad de la coraza .- 24 RPM

Dirección de Rotación (Visto desde el extremo de --- alimentación) .- Contra las manecillas del reloj.

Relación coraza pinón .- 142 - 19

Velocidad de la contra-flecha .- 180 RPM *

Hoja de datos

MOTOR MOLINO .-

Motor de Inducción

MARCA .- IEM

RPM .- 992

TEMP. MAX. .- 130°C

H.P. .-	50
VOLTS .-	220 / 440
FACTOR DE SERVICIO .-	1.00
AMP./LINEAL .-	132 / 66
AMPERAJE CONSUMIDO POR EL MOTOR PRINCIPAL DEL MOLINO .-	58 - 62 AMP.

H

* CARGA DEL MOLINO DE BOLAS .-

Carga inicial del molino y relación de diámetros de ---
bolas y peso.

<u>DIAMETRO DE BOLAS</u>	<u>KGS.</u>
1 "	1,119
1 1/2"	1,135
1 3/4"	1,135
2 "	482
2 1/2"	<u>754</u>
TOTAL	<u><u>4,625</u></u> KGS.

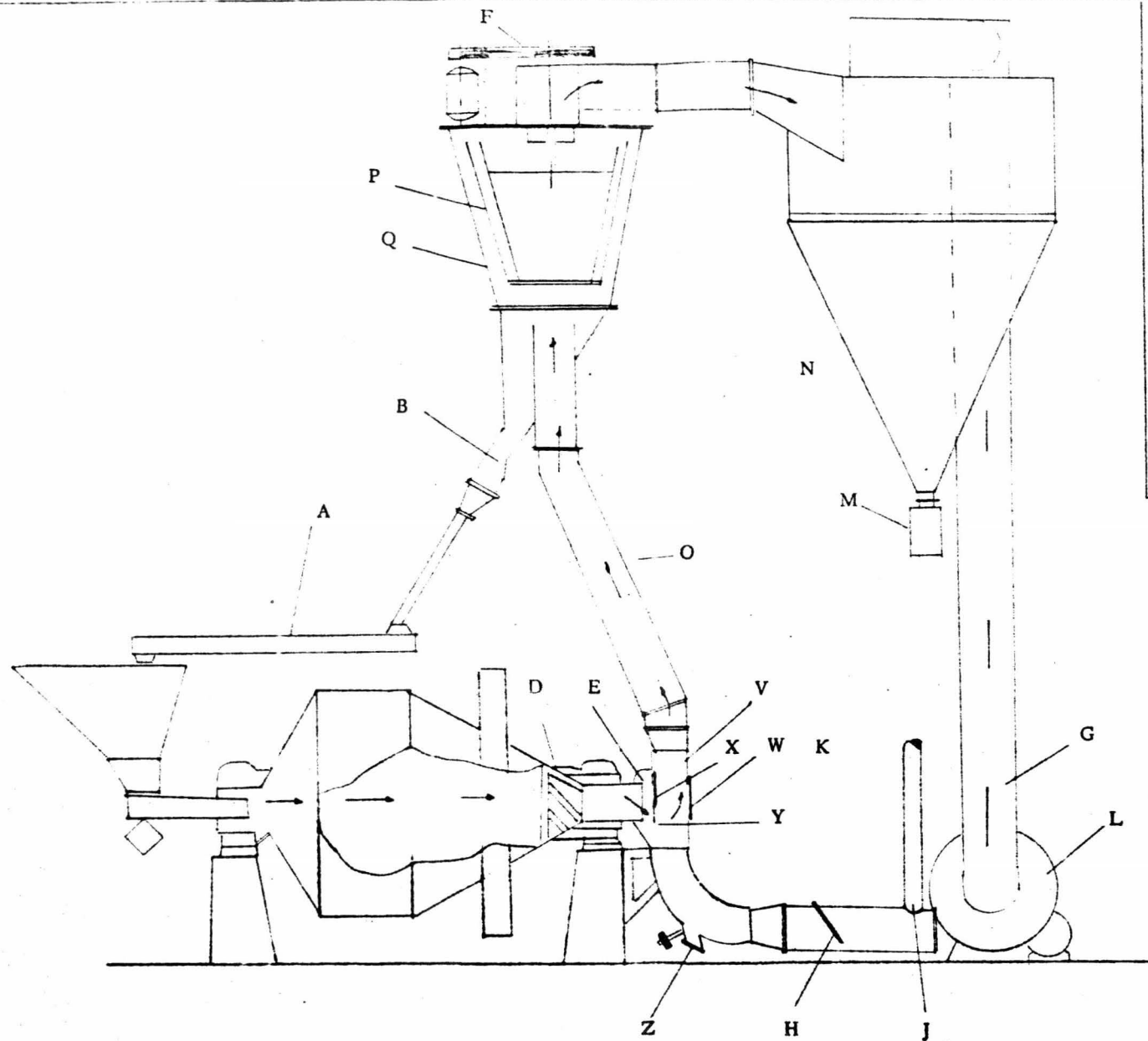
DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CLASIFICACION
Y DEL COLECTOR DE POLVOS

CLASIFICADOR .-

En el molino de bolas, después que el material pasa la rejilla el material es empujado por un cono aletado hacia la caja de descarga, en este punto el material entra a la corriente de - aire inducida por el ventilador principal para su transporte através del equipo de clasificación.

Una vez que el material entra a la corriente de aire ascendente, este es acelerado hacia el clasificador, donde las partículas gruesas son removidas de la corriente de aire y retornadas a la alimentación del molino. Posterior a esta separación, el producto fino pasa al colector ciclónico, donde la mayor cantidad se remueve de la corriente de aire.

Del ciclón, el aire retorna al ventilador principal para el inicio de otro ciclo de clasificación. Algo de aire y polvo (10% - o más del volumen de aire de circulación) es constantemente removido através del sistema de venteo. La presión a la entrada del venteo mencionado, puede variar de $+ 1/2 = a - 4''$ columna de agua.



- A TRANSPORTADOR HELICOIDAL
- B COMPUERTA TIPO CORTINA
- C REJILLA VERTICAL DE DESCARGA
- D CONO ALETADO
- E ANILLO DE SELLO
- F MANDO DE VELOCIDAD VARIABLE
- G DUCTO DE RETORNO DE AIRE
- H COMPUERTA DE AIRE PRINCIPAL
- J COMPUERTA DE AIRE DE VENTEO
- K DUCTERIA DE VENTEO
- L VENTILADOR PRINCIPAL
- M COMPUERTA TIPO CORTINA
- N COLECTOR CICLONICO
- O DUCTO PRINCIPAL DE TRANSPORTE
- P ROTOR C/ ASPAS
- Q CONO DE CLASIFICADOR
- V CAJA DE DESCARGA DE MOLINO
- W REGISTRO PASA-MANO
- X PLACA DE ACCESO
- Y PLACA AJUSTABLE
- Z TRAMPA DE LIMPIEZA C/ CONTRAPESO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

SISTEMA MOLINO - CLASIFICADOR

TESIS PROFESIONAL QUE PRESENTA JULIO MAYA
Y VILLASEÑOR PARA OBTENER TITULO DE :

INGENIERO QUIMICO

El sistema completo, incluyendo el molino, opera bajo un vacío parcial. Por lo tanto, las entradas de aire al sistema son iguales al volumen de aire de venteo. El punto de máxima presión es a la salida del ventilador principal y puede tener un valor dentro del rango de $+ 2 = a - 6 =$ columna de agua. La presión mínima es a la entrada del ventilador principal y puede variar desde $- 16''$ a $- 24''$ columna de agua. La caída de presión a través del sistema, es la suma de las pérdidas de presión debidas a fricción en la ductería, codos, contracciones, etc., las cuales son relativamente constantes, más una caída de presión no-constante debida a la carga de material en la corriente de aire.

La energía cinética (CFM) se requiere para acelerar el material a su entrada de la corriente de aire y para vencer la resistencia de gravedad y fricción de ductería, si la energía cinética es disminuida en una pequeña cantidad, debido a una caída de presión estática por incremento de carga de material en la corriente de aire, el material no será transportado. Caída de material a través de la trampa dará una respuesta visual, de que el punto crítico ha sido alcanzado.

El tamaño de producto es controlado primariamente por aumento ó disminución de la velocidad del rotor por el uso de -

un mando de velocidad variable. Como la velocidad del rotor aumenta, la resistencia al flujo a través del clasificador aumenta, lo cual, dá como resultado un producto más fino.

Un control secundario es posible por ajustes de la compuerta de aire principal. Cerrando la compuerta disminuye el flujo de aire y resultará un producto más fino.

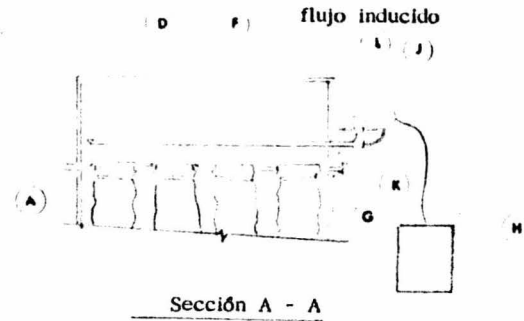
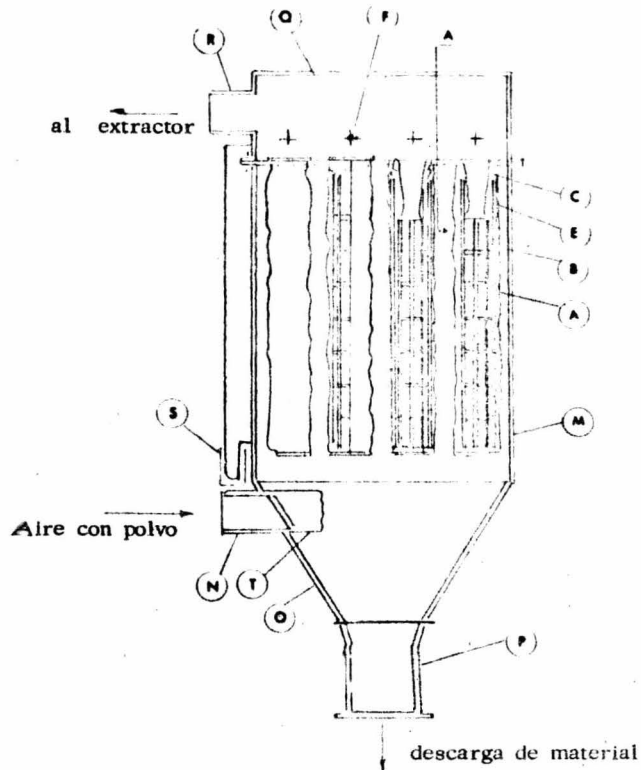
El sistema es diseñado para ventilar de 10 a 15% del volumen de aire de circulación a la atmósfera. Este aire se repone por fugas a través de uniones, válvulas de sello y por el paso de aire a través del molino. El aire pasando a través del molino ayuda en el transporte de partículas finas y emisiones al exterior.

COLECTOR DE POLVO .-

El ciclo de filtrado es como sigue :

El aire o gas con polvo que entra al colector se encuentra primero con una placa de choque; debido al rápido cambio de velocidad y dirección del flujo de gas, las partículas más grandes caen dentro de la tolva. El polvo más fino y la corriente viajan hacia la parte superior del colector, acumulándose dentro de las

COLECTOR DE POLVO CON INYECTOR PULSANTE DE AIRE



- | | | | |
|-----|------------------------------|-----|-----------|
| A - | bolsas filtrantes | S - | manómetro |
| B - | retenedores | T - | difusor |
| C - | collarines | | |
| D - | espejo | | |
| E - | venturis | | |
| F - | tubo de soplado | | |
| G - | orificio | | |
| H - | programador a control remoto | | |
| J - | válvula solenoide | | |
| K - | válvula de diafragma | | |
| L - | tubo de suministro de aire | | |
| M - | cuerpo del colector | | |
| N - | entrada de aire con polvo | | |
| O - | tolva | | |
| P - | válvula sello de aire | | |
| Q - | plenum | | |
| R - | extracción de aire limpio | | |

bolsas filtrantes, pasando a través de ellas la corriente de gas al lado limpio del cuerpo siendo descargado posteriormente al exterior.

El ciclo de limpieza opera de la siguiente forma :

A medida que el polvo se deposita en la superficie interior de las bolsas, la resistencia al flujo aumenta. Periódicamente el flujo de aire a cada compartimiento debe ser detenido con compuertas adecuadas, procediendo en ese momento al sacudido, vibración ó flujo reversible de aire para limpiar ese compartimiento. Se debe considerar tiempo suficiente para que permita que el polvo caiga y se deposite en las tolvas evitando el regreso del mismo a las bolsas.

A medida que el polvo se acumula en la superficie exterior de las bolsas de fieltro y la presión diferencial a través del colector aumenta, una limpieza periódica se lleva a cabo con la introducción instantánea de aire a alta presión a través de venturis especialmente diseñados, localizados arriba de cada una de las bolsas. El aire primario comprimido induce un flujo de aire secundario mediante el efecto del venturi y produce una onda de choque en el interior de la bolsa cuyo flujo reversible es suficiente para limpiarlas. Debido a que solamente se requiere de

0,1 segundo para la limpieza y sólo una fracción de área total del colector se limpia a la vez, se mantiene un flujo continuo a través del colector. Un programador de tiempo controla el ciclo de limpieza.

CARACTERISTICAS Y EQUIPOS PRINCIPALES DEL SISTEMA DE -
CLASIFICACION .-

EQUIPOS PRINCIPALES .-

Hoja de datos
COLECTOR DE POLVOS .-

MARCA : MIKRO-PULSAIRE

TIPO : VIN-VENT

DISEÑO : Proporcionado por MIKROPUL DIVISION
OF THE U.S. FILTER CORPORATION.

CONSTRUCCION : Totalmente en acero al carbón.

SISTEMA DE SACUDIDO : Neumático mediante inyección periódica de aire a presión, através de venturis de diseño especial, automático, sin partes internas movibles. Integrado por: Tubos sopladores, válvulas de diafragma y válvulas solenoides operables a control remoto.

CARACTERISTICAS : Cuerpo totalmente soldado, puerta de acceso atornillada; tolva con inclinación a 60 y con descarga brindada para adaptar una válvula tipo cortina. Se incluye

manómetro diferencial en el cual se permite conocer la resistencia del filtro al paso de la corriente de gases.

ELEMENTOS DE FILTRADO :

Compuesto por nueve bolsas de dacrón (85 pies² de área filtrante), de 4 1/2" de diámetro por 8' - 0" de longitud, con soporte de acero al carbón (retenedores), galvanizados electrolíticamente y abrazaderas de acero inoxidable tipo sinfin para soportar las bolsas.

SISTEMA ELECTRONICO :

Formado por un programador de --- tiempo electrónico (TIMER), caja de acero al carbón NEMA 12 a prueba de polvo, para operar con corriente monofásica de 110 Volts, 50 / 60 ciclos.

SISTEMA DE DESCARGA :

Integrado por :

Compuerta Tipo Cortina.

DIMENSIONES :

0.8 m (34") de Sección Cuadrada por 4.99 m (196.7/8") de altura total.

PESO :

Aproximadamente 380 Kgs.

PINTURA :

Se proporciona una capa de pintura - anticorrosiva en todas las partes de acero al carbón y una capa de pintura de esmalte en el exterior de la unidad.

CONSUMO DE AIRE :

Para el sistema de sacudido :

2.0 pies³/min. standard a 100lbs/pulg.² (promedio).

4.0 pies³/min. standard a 100 lbs/pulg.² (máximo).

CAIDA DE PRESION :

Máxima de 6" columna de agua.

Hoja de datos

VENTILADOR PRIMARIO .-

MARCA : ARMEE-CHICAGO

TIPO : Centrífugo de Aspas Planas.

TAMAÑO : 11

ARREGLO : 1

ROTACION : Contra reloj.

DESCARGA : BH

ROTOR : LS

CONSTRUCCION : Totalmente en acero al carbón.

ACCESORIOS :

- Puerta de acceso.
- Drenaje.
- Bridas en la succión y descarga.
- Flecha y baleros de trabajo pesado.
- Placas de desgaste en rotor.
- Motor eléctrico totalmente cerrado con ventilación exterior de 15 HP, para operar con corriente trifásica de --- 220/440 Volts, 50/60 ciclos.

DATOS DE OPERACION :

- Gasto volumétrico : 2000 pies³
- Temperatura : 120° F

- Presión estática : 16.4" Col. de H₂O
- Consumo de potencia: 9.22 BHP
- Altitud del lugar : 7380 pies (2,250 m.)

VENTILADOR SECUNDARIO .-

- MARCA : ARMEE-CHICAGO.
- TIPO : Centrífugo de Aspas Planas
- TAMAÑO : 7
- ARREGLO : 9
- DESCARGA : BH
- ROTACION : Contra Reloj.
- ROTOR : LS
- CONSTRUCCION: Totalmente en acero al carbón.
- ACCESORIOS :
- Puerta de acceso.
 - Drenaje
 - Bridas en la succión y descarga.
 - Flecha y baleros de trabajo pesado.
 - Compuerta de descarga de accionamiento manual.

- Motor eléctrico totalmente cerrado - ventilación exterior de 2 HP para operar con corriente trifásica de -- 220/440 Volts, 50/60 ciclos.

DATOS DE OPERACION :

- Gasto volumétrico : 750 pies³/min. actuales.
- Temperatura : 120 °F
- Presión estática : 8" Col. de H₂O
- Consumo de potencia: 1.56 BHP
- Altitud del lugar : 7,380 pies (2,250 m.)

MOLINO DE BOLAS CONICO - DATOS DE MANUFACTURA

Tamaño (b) diámetro Ft. X Longitud Pulg.	Peso Lbs.		Carga de Bolas		Velocidad R. P. M. (d)	Potencia H. P.			Capacidad Estimada en Ton/hr (a)				
	Molino	Laina	Tons(c)	50% Tons. del volumen del molino		Motor	Consumo Estimado	Por ton. de Bolas	1 1/2" a 10 M	3/4" a 48-M	1/2" a 100-M	1/4" a 200-M	1/4" a 325-M
2 x 8	1,150	0.25-0.32	0.34	35.2-46	1.5-2	1.5-2	6-6.3	0.29	0.15	0.10	0.06	0.04
3 x 8	2,700	1,400	0.50-0.65	0.65	30.4-39.8	5-7.5	5-6	10-9.2	0.88	0.42	0.33	0.21	0.12
3 x 24	3,050	2,400	0.95-1.2	1.2	30.4-39.8	10	8-9	9.4-7.5	1.3	0.67	0.50	0.29	0.16
4 1/2 x 16	7,000	5,200	1.8-2.3	2.4	25.2-33	15-20	15-18	8.3-7.8	2.7	1.4	0.96	0.62	0.38
4 1/2 x 24	7,300	6,300	2.25-2.85	2.9	25.2-33	20-25	20-23	8.9-7.2	3.5	1.8	1.2	0.79	0.46
5 x 22	10,200	8,000	3.25-4.15	4.2	23.2-30.4	30-40	32-37	9.8-8.9	5.8	2.9	2.0	1.3	0.79
5 x 36	10,800	9,000	4.35-5.5	5.7	23.2-30.4	40-50	40-46	9.2-8.4	7.3	3.7	2.5	1.6	0.96
6 x 22	15,300	10,000	5.25-6.75	6.8	21.2-27.7	50-60	52-60	9.9-8.9	9.7	4.4	3.3	2.2	1.3
6 x 36	17,100	11,700	6.75-8.75	8.9	21.2-27.7	60-75	63-73	9.3-8.3	11.8	5.8	4.0	2.7	1.6
7 x 22	19,600	13,000	7.75-10	10.3	19.4-25.4	75-100	73-84	9.4-8.4	14	6.8	4.7	3.1	1.8
7 x 36	20,000	15,400	10-13	13.2	19.4-25.4	100-125	92-115	9.2-8.9	19.3	9.4	6.5	4.2	2.5
7 x 48	23,000	17,800	12-15.2	15.6	19.4-25.2	125	116-130	9.7-8.6	21.7	10.6	7.3	4.8	2.9
8 x 22	26,200	16,700	11.2-14.5	14.8	18.2-23.8	100-125	105-120	9.4-8.3	20.4	9.9	6.9	4.5	2.8
8 x 36	26,800	20,000	14.5-18-5	18.9	18.2-23.8	150	140-155	9.7-8.4	26.4	12.8	8.9	5.8	3.5
8 x 48	29,000	23,000	17-21.8	22.3	18.2-23.8	175-200	163-200	9.6-9.2	34	16.4	11.4	7.5	4.5
9 x 36	35,600	26,000	19.2-24.8	25.3	17.3-22.4	225-300	225-275	11.7-11.1	48	23	16	10.5	6.3
9 x 48	38,000	28,000	22.5-29	29.7	17.3-22.4	250-300	260-310	11.6-10.7	54	26	18	12	7.2
10 x 36	37,600	28,000	22.2-28.6	29.3	16.2-21.2	300-350	270-350	12.2-12.2	62	29	20	13.5	8
10 x 48	39,800	30,000	26.2-33.8	34.6	16.2-21.2	300-400	309-400	11.4-11.8	70	34	23	15	9
10 x 66	50,600	35,000	32.5-41.8	42.7	16.2-21.2	400-450	370-450	11.4-10.7	79	38	26	17	10
12 x 48	66,000	45,000	41.5-50.3	55.3	14.7-19.2	500-600	500-600	12.0-11.9	106	50	35	23	14
12 x 60	68,000	50,000	47-60.5	62.0	14.7-19.2	600-700	600-700	12.7-11.6	124	59	41	26	16
12 x 72	70,000	55,000	50.2-61.8	69.4	14.7-19.2	700-800	600-780	13.5-12.6	138	66	45	30	18

- a) Promedio de Mineral.
- b) Tamaños Standard.
- c) Correspondiente de 35 a 50% del volumen del molino en base de nuevas líneas y 300 Lbs. por pie cúbico volumen de la carga de bolas.
- d) Correspondiente de 65 a 85% crítico en base al diámetro interno de nuevos productos en la sección cilíndrica.

MANDO PARA CLASIFICADOR .-

Integrado por lo siguiente :

1. - EQUIPO : CONTROL DE VELOCIDAD VARIABLE.
MARCA : ISSA
TIPO : Estado Sólido.
CAPACIDAD : 1 HP
MODELO : S 221 B
CARACTERIS-
TICAS : 180 Volts corriente directa en la arma-
dura; 220 Volts corriente alterna de -
alimentación; 50/60 Ciclos/seg. Fun-
cionamiento para constante con limita-
ción de corriente, precisión más menos
3% de la velocidad predeterminada de --
NaN/20; caracterfsticas garantizadas --
para variaciones de carga de 0 a 100%
y variaciones en la red (en voltaje) de
más menos 10%.

2. - EQUIPO : MOTOR ELECTRICO DE CORRIENTE
DIRECTA.
MARCA : GENERAL ELECTRIC.
MODELO : 186-AT (NV).

CAPACIDAD : 1 HP

CARACTERIS-
TICAS :

180 Volts corriente directa para armadura y 200 Volts corriente directa en campo; totalmente cerrado (no es a prueba de explosión); posición de trabajo vertical; montaje de patas; velocidad contratable desde 1450 RPM hasta ---- 70 RPM (de 70 a 0 RPM, la velocidad en el motor no es estable), para constante en toda la gama de velocidad de 0.484 Kg-m; excitación separada.

3. - EQUIPO : TRANSMISION POR POLEAS Y BANDAS.
MARCA : PICSA (POLEAS) Y GATES (BANDAS).
TIPO : "V" Sección "B" 2
TAMAÑO :
1.- Polea motriz 152mm. (42")
2.- Polea conducida 762 mm. (30")
3.- Bandas N-112 6,658 mts. de --
longitud.

VERIFICACION DEL SISTEMA .-

Una vez colocado el nuevo sistema de clasificación se procedió a revisar cuidadosamente cada uno de los puntos del sistema. Se midieron velocidades en la ductería para los dos ventiladores.

- 1.- Inspección Física General del Sistema de Clasificación del Molino.
- 2.- Conexión de Manómetro Diferencial en el Colector de Polvos.
- 3.- Se checaron conexiones eléctricas en el Programador de Tiempo del Colector de Polvos y se ajustaron tiempo y frecuencia de sacudido.
- 4.- Se checo Amperaje de los Motores y RPM de los Ventiladores en vacío.

VENTILADOR PRINCIPAL .-

2000	PCM	a	3340	RPM
RPM Real			3395	
Presión			16.4"	CA
9.22	HP	a	120°	F
10.23	HP	a	70°	F
a 7500	jt		S.N.M.	

VENTILADOR PRINCIPAL ARMEE .-

Modelo : 16
 Tamaño : 11
 Arreglo : 9
 Serie : 751410
 Tipo : Imp LS
 RPM : 3340
 Descarga : 139

MOTOR	50	60
RPM	2900	3460
VOLTS	220/440	220/440
AMP.	35.6/17.8	35.2/17.6
TEMP.	75°	65°
SERIE	514681	Cp15
ARMADURA	254 T	Tipo N83-2-YK30

U = 200 PCM.

Ø = 10"

$$A = \frac{(5)^2 \times 3.1416}{144} = \frac{78.54}{144} = 0.5454 \text{ Ft}^2$$

$$V = \frac{2000}{0.5454} = 3667 \text{ Ft/Min.}$$

0.652" Col H₂O

Experimental

0.63 ——— 0.65 Col H₂O

0.65 ——— 0.67 Col H₂O

VENTILADOR SECUNDARIO (VENTEO) . -

PCM	750	
C.A	8"	
RPM	3790	3720
HP	1.56	1.76
TEMP.	120°F	70°F

$$U = 750$$

$$\varnothing = 4 \frac{1}{2}"$$

$$A = \frac{(2.25)^2 \times 3.1416}{114} = 0.110 \text{ Ft}^2$$

$$V = \frac{750 \text{ PCM}}{0.110 \text{ Ft}^2} = 6818.1$$

2.16" Col H₂O

Experimental

2.0 —

2.3 Col H₂)

Motoreductor

Clasificador

Motor

C. D.

HP

1

Volts.

180

RPM

1750 - 1925

Amp. Arm.

5.46

Tipo

186 JJ

FLD Amp.

.35 / .32

Serie

JJ - 1 - 131 - JJ

Temp. Ma. Amb.

40°C

Modelo

SCD 14D12A146730A

Corte en Derivación

<u>EQUIPO</u>	R. P. M.		AMPERAJE	
	<u>PLACA</u>	<u>MEDIDAS</u>	<u>PLACA</u>	<u>MEDIDO</u>
VENTILADOR PRINCIPAL	3340	3395	17.6	12
VENTILADOR SECUNDARIO	3790	3720	3	1.5
		MIN.		
CLASIFICADOR	10	—	13	
	100	—	315	

SE COLOCARAN BOLSAS FILTRANTES AL COLECTOR DE POLVOS Y SE
PROBO EL EQUIPO EN VACIO POR 4 HRS.

CAPITULO III

OPERACION

CAPITULO III

VARIABLES EN EL PROCESO .-

Las variables que se ajustaron para poder dar un incremento de capacidad al molino son :

- I Granulometría de Alimentación.
- II Velocidad de Alimentación.
- III Velocidad del Clasificador.
- IV Flujo de Aire através de Ductos.

Pretendiéndose incrementar la capacidad optimizando estas variables el material deberá tener un Análisis de Grano de 5% sobre la Malla 65, o sea, Malla Gobernante 5% + 65 Mallas.

I.- Granulometría de Alimentación .-

Se utilizó material a granel y material procesado para -- determinar que sería lo más adecuado para la alimentación del molino.

A).- Granulometría de Alimentación .-

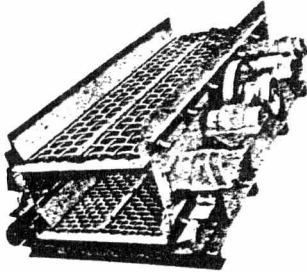
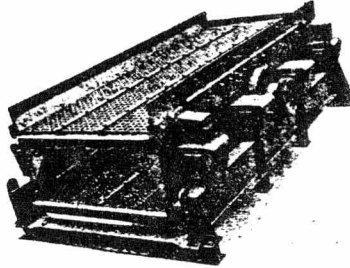
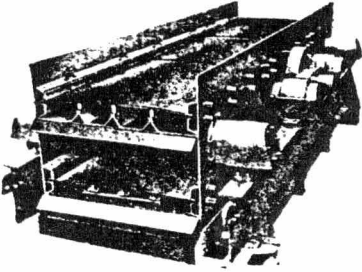
Los análisis de grano de Bauxita a Granel .-

<u>Queda Malla :</u>		<u>%</u>
4	24	
6	-	
10	23	
28	29	
65	16	
150	2	
Pasa	150	-
		1 %

<u>Queda Malla :</u>		<u>%</u>
4	9	
6	-	
10	35	
28	32	
65	20	
150	3	
Pasa	150	-
		2 %

<u>Queda Malla :</u>		<u>%</u>
4	4	
6	-	
10	29	
28	33	
65	27	
150	4	
Pasa	150	-
		3 %

<u>Queda Malla :</u>		<u>%</u>
4	7	
6	-	
10	29	
28	35	
65	23	
150	4	
Pasa	150	-
		2 %



DIVERSOS TIPOS DE CRIBADORAS

B) .- Material Previamente Procesado .-

Análisis de Grano de Alimentación .-

	<u>Queda Malla :</u>	<u>%</u>		<u>Queda Malla :</u>	<u>%</u>
	4	1		4	1
	6	-		6	-
	10	73		10	65
	28	25		28	30
	65	-		65	-
	150	-		150	-
Pasa	150	-	Pasa	150	-
		1 %			2 %

Este material fue pasado por una criba Toncap.

TABLA DE CRIBAS TONCAP .-

MEDIANA

<u>Número de</u> <u>Ton Cap</u>	<u>Ancho de</u> <u>Abertura Pulg.</u>	<u>Area</u> <u>Abierta %</u>
704	.202	53.7

THE W. S. TYLER COMPANY

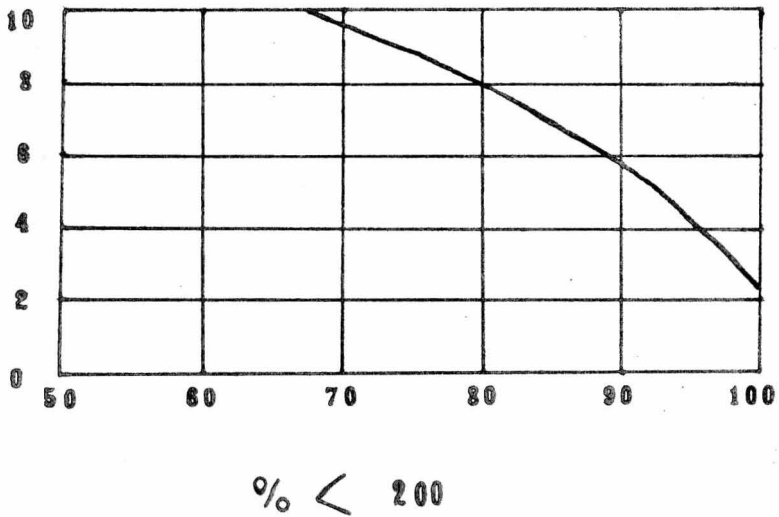
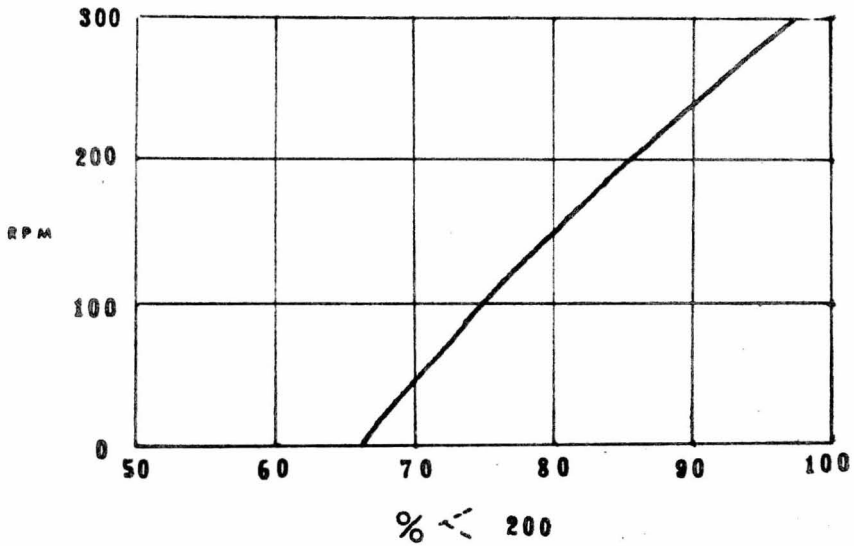
II .- Velocidad de Alimentación .-

La alimentación del molino es controlada por el alimentador vibratorio el cual tiene sus controles mediante un -- potenciómetro con escala, la cual va de 1 al 8 y se varían estos controles para dar la alimentación adecuada - al molino. El molino aparte de la alimentación normal en la tolva tiene otro compartimiento para el material que regresa del clasificador al que se le llama Carga Circulante, se alimenta nuevamente al molino.

III .- Velocidad del Clasificador .-

La clasificación del material se efectua mediante el incremento o decremento de la velocidad del Rotor con -aspas, el cual clasifica a mayor velocidad el material más fino y a menor velocidad el material más grueso, además el material grueso lo recircula a la tolva de alimentación. Los controles del motor que acciona el Rotor con Aspas (clasificador) son mediante un "Control de Velocidad Variable" el cual tiene la siguiente relación de 0 - a 100, la escala a 10 - corresponde a una velocidad de 13 RPM - y a 100 - 315 RPM.

Efecto de la velocidad del Ventilador Clasificador sobre la finura del producto.



Relación entre la finura del producto del Clasificador de Aire y la capacidad clasificada.

IV . - Flujo de Aire através de Ductos . -

El flujo de aire es controlable por las compuertas colocadas a la salida del aire del ventilador primario el cual impulsa el material a la zona de clasificación.

OPERACION DEL MOLINO .-

Analizando las variables anteriores de manera experimental se efectuó una serie de pruebas en las cuales se varia la velocidad de alimentación y del clasificador para Bauxita a Granel con los siguientes resultados :

Tiempo	Alimentación	Clasificador	Producción	Análisis de Grano	Capacidad
Hr.	*	*°	Kg.	+ 65 %	Kg/Hr.
0.5	3	40	223	1	446
0.5	3.5	40	267	1	534
0.5	3.5	30	304	2	608
0.5	4	30	214	2	428
0.5	5	35	280	1	560
Total	2.5 hr.		1,288 Kg.		515 Kg/hr

* Relación de Velocidad de Alimentación.

*° Relación de Velocidad del Clasificador.

Tiempo	Alimentación	Clasificador	Producción	Análisis de Grano	Capacidad
Hr.			Kg.	+ 65 %	Kg/hr.
.755	6	35	450	1	596
.5	6	30	352	1	704
.5	7	30	348	1	696
.5	4.5	30	360	3	720
.5	3.5	30	330	2	660
Total	2.755		1,840		Prom. 667

Análisis de Grano del Material Regresado del Clasificador y Colector de

Polvos .-				
	<u>Queda Malla</u>	<u>%</u>	<u>Queda Malla</u>	<u>%</u>
	14		65	0
	20		100	0
	28	1	150	0
	35	5	200	0
	48	13	325	0
	65	22	- 325	100
	100	24		
Pasa	150	10		
		25 %		

REFERENCIAS DE MOLINOS CONICOS DE 6 Ft. x 22"

<u>MATERIAL</u>	<u>CLASIFICADOR</u>	<u>ALIMENTACION</u>		<u>PRODUCTO</u>	<u>CAPACIDAD</u>	<u>H. P.</u>		<u>HP/HR TON.</u>
		<u>TAMAÑO</u>	<u>HUMEDAD %</u>			<u>MOLINO</u>	<u>CLASIF.</u>	
ALUMINA	CRIBA VIBRATORIA	8 M	SECO	TODO 80 M	1200 lb/hr	45	3	80
				20 % 100 M				
				60 % 150 M				
				6 % 200 M				
CARBORUNDUM	CIRCUITO ABIERTO	1/4 "	SECO	TODO 8 M	1800 lb/hr	50	-	55
				9.4 150 M				
CARBORUNDUM	CIRCUITO ABIERTO	10 M	SECO	2 % 20 M	600 lb/hr	20	-	67
				33 % 100 M				
SOSA CAUSTICA	CIRCUITO ABIERTO	3/4 "	SECO	TODO 12 M	400 lb/hr	35	-	17.5
CLAY	HARDINGE ROTARORIO CLASIFICADOR	2 1/2 "	3	90 % 80 M	7400 lb/hr	50	20	19
ROCAFOSFATO N. ZELANDA	CIRCUITO ABIERTO	3/4 "	SECO	80 % 100 M	4.2 T.P.H.	55	-	13.1

OPERACION DEL MOLINO CON MATERIAL A GRANEL Y PROCESADO . -

Mediante la siguiente prueba se ajusta la alimentación de 4 y clasificador 37.5 - 40, así como la granulometría de alimentación con Material Procesado y a Granel, con los siguientes datos :

Malla	Análisis de Grano			Producto * + 65	Tiempo · hr.	Producción · kg.	Capacidad Kg/hr.	Variables	
	Alimentación							Alimentación	Clasificador
	+ 4	+28	- 65						
	20	63	4	7	2,583	1,640	635	4	40
⊙	6	62	12	7	6.25	5,200	832	4	37.5
⊙	6	69	11	4	6.40	5,200	812	4	37.5
⊙	4	75	10	5	6.6	5,800	878	4	40
	3	93	3	5	6.6	4,800	727	4	40
	6	91	2	6	6.33	5,040	796	4	40
	9	71	4	8	3.25	2,680	824	4	37.5
	4	84	4	5	4.5	3,600	800	4	40
	4	90	3	5	6.5	5,120	789	4	40
	8	66	3	4	7.5	6,270	836	4	40

* Estos Análisis de Grano son promedios

⊙ Material a Granel

OPERACION DEL MOLINO CON VELOCIDAD DE ALIMENTACION
 4 Y VARIANDO EL CLASIFICADOR .-

<u>TIEMPO</u> <u>HR.</u>	<u>ANALISIS DE GRANO</u> <u>+ 65 MALLA</u>	<u>PRODUCCION</u> <u>KG.</u>	<u>CAPACIDAD</u> <u>KG/HR.</u>
5.93	2	4,458	750
1.1	3	880	800 *
.62	4	480	774
1.36	1	1,100	808 *
2.83	2	2,120	449
5.5	2	3,760	683

* Estos datos corresponden a Velocidad de Clasificación de :
 37.5 y 40

OPERACION DEL MOLINO A PARAMETROS FIJOS .-

Una vez efectuadas las pruebas anteriores se vió que los parámetros adecuados para la operación son alimentación 4 y velocidad del clasificador 40, con material a granel, efectuando las siguientes pruebas, cumpliendo el Análisis de Grano requerido.

	Tiempo	Producción	Capacidad
	<u>Hr.</u>	<u>Kgs.</u>	<u>Kg/hr.</u>
	4.5	3,800	844
	6.66	5,120	768
	7.5	6,600	880
	6.16	4,200	681
	6.83	5,640	825
	2.916	2,320	795
	<u>5.25</u>	<u>3,720</u>	<u>708</u>
TOTAL	39.816	31,400	788.627
	<u>=====</u>	<u>=====</u>	<u>=====</u>

Posteriormente se abrió la compuerta del ventilador principal para mandar más flujo de aire y tener una más eficiente clasificación y capacidad. La compuerta se abrió hasta que el motor del ventilador principal registró su amperaje máximo.

Una vez hecha la modificación anterior y con los mismos parámetros (alimentación 4 y velocidad del clasificador 40), se -- obtuvieron los siguientes resultados :

	<u>TIEMPO</u> <u>HR.</u>	<u>PRODUCCION</u> <u>KGS.</u>	<u>CAPACIDAD</u> <u>KGS/HR</u>
	6.5	6,000	923
	7.0	6,640	948
	6.66	6,120	919
	6.55	5,600	861
	7.16	6,000	838
	<u>6.66</u>	<u>6,320</u>	<u>957</u>
TOTAL	40.48	36,680	906

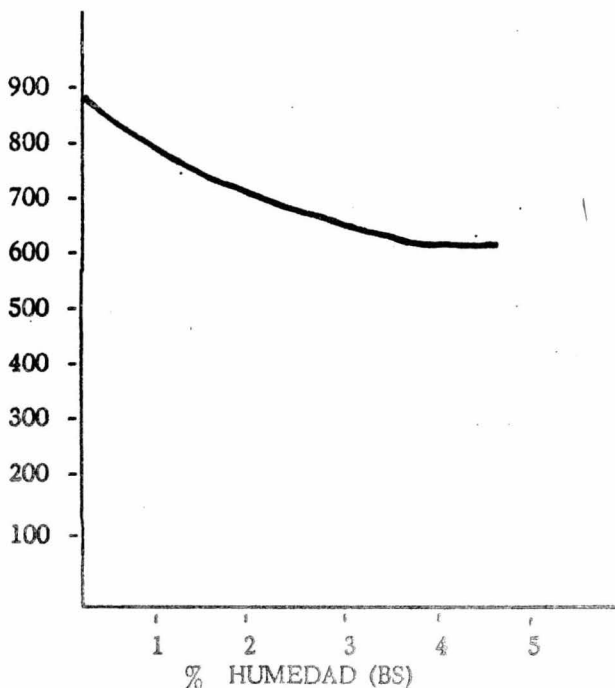
Lo que nos da un promedio de : 906 Kgs/hr.

Por lo que se ve un incremento en la capacidad del Sistema Molino-Clasificador

PRUEBA DE HUMEDAD CONTRA CAPACIDAD .-

El contenido de humedad es un factor que ejerce influencia sobre los resultados de producción, por lo que se efectuó esta --- prueba en que se relaciona material húmedo y capacidad, teniendo como resultado :

<u>% DE HUMEDAD (BS)</u>	<u>CAPACIDAD KG/HR</u>
0.0	888
0.98	800
1.42	740
2.25	708
4.85	620



DESGASTE DE LAS BOLAS POR TONELADA DE MATERIAL .-

Después de haber procesado 222,238 tons. de material. -
Se descargo el molino y se seleccionaron los diámetros de las --
bolas.

<u>DIAMETRO DE BOLAS</u>	<u>KGS.</u>
1 " — 1 1/4 "	490
1 1/2 "	780
1 3/4 "	975
2 "	870
2 1/4"	<u>579</u>
T O T A L	<u><u>3,694 KGS.</u></u>

Carga inicial del molino 4,625 Kgs.

Carga después de haber procesado 222.238 tons. de ma-
terial 3,694 Kgs.

4,625 Kgs.	Carga Inicial
<u>3,694</u> Kgs.	Carga después de proceso
931 Kgs.	Total de fierro

<u>931</u> Kgs.	de fierro = 4.1892 Kgs/Tons.
222,238 Tons. de Material Procesado	

DUREZA DE BOLAS USADAS EN EL MOLINO . -

Se efectuó la siguiente prueba. A la carga inicial del molino, bolas de 2 1/2" de diámetro. Se les determinó dureza y dió como resultado 50-52 grados Rockwell C de dureza, al final de las pruebas, se les determinó nuevamente dureza y dió como resultado :

1 "	60 ° Rockwell C
1 1/4 "	57
1 1/2 "	50

CALCULO DE COEFICIENTE DE RENDIMIENTO . -

DATOS :

Malla Gobernante 65
% Sobre Malla 65 = 95 %
Capacidad .809 Ton/hr.
Potencia 50 HP

Coeficiente de rendimiento en Ton/HP hr.

$$\text{Coef. R.} = \frac{.95 \times .809}{50}$$

$$\text{Coef. R.} = \frac{.76855}{50} = \underline{\underline{.01536}} \text{ Ton/HP hr.}$$

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

CAPITULO IV

CONCLUSIONES :

- I INCREMENTAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA MOLINO-CLASIFICADOR (RESULTADOS EN EL CAPITULO ANTERIOR).
- II DAR LOS AJUSTES NECESARIOS PARA LA OPERACION ADECUADA DEL MOLINO.
- III SEÑALAR UNA SECUENCIA DE ARRANQUE.
- IV DAR INDICACIONES SOBRE LA OPERACION NORMAL DEL MOLINO Y OPERACION INICIAL DEL MISMO.
- V DAR INSTRUCCIONES PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOLINO, ASI COMO DE LOS VENTILADORES DEL CLASIFICADOR.

OPERACION .-

Una vez efectuadas las pruebas de operación, se llegó a fijar los ajustes de la siguiente forma :

- 1.- Alimentador vibratorio : 3.5 a 4.5
- 2.- Clasificador neumático : 30 - 50
- 3.- Colector de Polvo Mikro-Pulsaire :
 - Frecuencia de sacudido : 8 segundos
 - Tiempo de sacudido : 0.1 segundos
 - Manómetro diferencial : Máximo 6" columna de agua, dependiendo de condiciones de operación.
- 4.- Compuerta ventilador principal: 60% a 85% de la --
abertura total.
- 5.- Compuerta de venteo : 30% a 60% de la --
abertura total.
- 6.- Compuerta ventilador secundario : 60% a 80% de la --
abertura total

SECUENCIA DE ARRANQUE .-

- Registros de inspección cerrados.
- Alimentación de aire comprimido para el sistema de sacudido del colector de mangas filtrantes --- Avante-Mikropulsaire.
- Transmisiones de : Ventiladores, clasificador y transportador helicoidal, libres de obstrucciones.
- Chequeo de la energía eléctrica adecuada para cada motor y control.
- Chequeo de la presión de aire para sacudido.
- Verificar de la disponibilidad del manejo del material, tanto para la alimentación al sistema, como para la colección del producto final.
- Lubricación de las partes que así requieren.
- Existencia de material para molienda en la tolva de alimentación.

Para esta operación se recomienda lo siguiente :

- 1.- Acondicionamiento del programador de tiempo del -- colector de polvos Mikropulsaire.
- 2.- Arranque del ventilador secundario (de venteo) 3 minutos después de la operación anterior.

3. - Arranque del transportador helicoidal 1 minuto después de la operación anterior.
4. - Arranque del ventilador principal 5 minutos después de la operación anterior.
5. - Arranque del sistema de clasificación neumática (-- Clasificador) 1 minuto después de la operación anterior.
6. - Arranque del molino de bolas un minuto después de la operación anterior.
7. - Arranque del alimentador vibratorio cinco minutos -- después de la operación anterior.

Secuencia de paro en este caso se procederá a la inversa de la secuencia de arranque con los mismo intervalos de operación.

INDICACIONES SOBRE LA OPERACION NORMAL DEL MOLINO .-

1. - No operar el molino sin una alimentación continua y uniforme, la alimentación se determinará durante la operación.

2. - Un molino bajo de carga se notará por :
 - a) Mucho ruido resultante del choque entre las bolas y las placas.

 - b) Una cantidad excesiva de finos en la descarga del molino.

 - c) Poco retorno de gruesos del clasificador.

Un Molino sobrecargado se determina por :

- a) Una fuerte descarga de material y con gruesos en exceso o material sin moler.

- b) Una apreciable caída en el consumo de corriente menor que la indicada para operación normal o en operación sin material.

- c) Un retorno fuerte en el clasificador y con fuerte cantidad de gruesos.

Indicaciones de una buena operación :

- a) Ruido uniforme y regular sin distinguir golpes entre bolas y placas.



OPERACION INICIAL .-

Antes de operar el molino con el motor :

1. - Completar la lubricación de todas sus partes.
2. - Checar si las tuercas de los tornillos están apretadas.
3. - Checar si no hay ninguna obstrucción que impida a la coraza ó a los engranes girar y si la corona y piñón están sin basura.
4. - Todas las cubiertas de polvo y de seguridad deberán estar en su lugar.

IMPORTANTE :

Evite que se acerque la gente al molino cuando se arranque.

1. - Chumaceras Principales .-

Puede presentarse un ligero calentamiento en las chumaceras hasta que los muñones y bushings se asienten.

El calor se podrá detectar en las partes angostas de las superficies de los muñones a medida que se asienten las superficies friccionantes, un calor uniforme y gradualmente

menor será detectado en la superficie de los muñones.

Si la temperatura del muñón excede de 150°F, pare el molino y deje que se enfrie antes de arrancar nuevamente, la temperatura del 150°F se podrá verificar si al tacto no se soporta.

Cubra con aceite los muñones antes de arrancar - cada vez.

2.- Componentes Motrices .-

Cheque todos los baleros, de la flecha, reductor, motor. Si presentan vibración o calentamiento, si algo de esto ocurre cheque la lubricación. Una sobre lubricación puede causar calentamiento en las chumaceras que utilizan grasa.

Observe el contacto entre los engranes : Un contacto uniforme será el adecuado.

Checar el amperaje que consume el motor, se observará que si aumenta la temperatura, los muñones aumentarán el consumo de energía.

CARGA INICIAL .-

Antes de cargar el molino con las bolas coloque un poco de material en el molino, que le sirve de colchón. La carga inicial será aproximadamente el 65% de la carga total y debe ser graduada en tamaño.

INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO .-

Para asegurar una operación continua y para evitar fallas de partes o roturas, es esencial mantener una rutina de lubricación e inspección.

1. - Examinar todas las partes del molino que sufran desgaste, por lo menos una vez cada tres meses como son : Las lanas de desgaste del molino. Si existe alguna parte que sufra un desgaste anormal deberán hacerse las inspecciones más frecuentes, para que no llegue nunca a desgastarse el molino propiamente dicho.
2. - Limpiar con vapor ó un solvente los engranes cada seis meses, para evitar las partículas abrasivas que están pegadas a la grasa ó lubricantes.
3. - Mantener limpia el área de molienda. Evitar se introduzcan materiales extraños en los baleros, chumaceras principales o sobre los engranes. - Corregir las fugas de material que se presentan através de los tornillos que sujetan las lanas.

4. - Inspeccionar y mantener correctamente todos los sellos.
5. - Durante paradas largas adicionar a las chumace-
ras principales aceite lubricante.
6. - Mantener la carga apropiada de bolas en el mo-
lino por la adición a intervalos regulares. La -
inspección del nivel de las bolas en el molino, in-
dicará cual será frecuencia de adiciones en base al
tonelaje molido ó al tiempo de operación.

El desgaste de las bolas varia ampliamente con -
respecto al material molido, al tamaño de grano de
la alimentación, la finura del producto.

7. - Observar en cada inspección las partes que se ven
sujetas a desgaste, para poder cambiarse antes de
que fallen.

MANTENIMIENTO DE LOS VENTILADORES DEL CLASIFICADOR .-

El mantenimiento de estas unidades consiste principalmente en mantener la adecuada lubricación en todas las chumaceras.

Las bandas en "V" deben revisarse periódicamente para comprobar su tensión y para ver si hay algún aflojamiento ocasionado por los rieles del motor. No se usa en las bandas ningún cosmético ni sustancias similares.

Los coples del tipo que emplea grasa deben engrasarse periódicamente.

Las chumaceras del ventilador deben lubricarse periódicamente pero no en exceso, pues esto ocasiona que se calienten.

Es preferible añadir grasa cuando la flecha gira lentamente. Debe ponerse suficiente grasa hasta que la misma comience a escurrir por los sellos de la chumacera. El exceso de grasa debe limpiarse. Debe tenerse cuidado cuando se lubrique con pistola de alta presión pues los sellos de la chumacera pueden arruinarse. Las chumaceras de caja bi-partida no deben llenarse de grasa. Para lubricarlas deben agregarse un peso de grasas de buena calidad igual al producto del diámetro exterior del balero en milímetros por el ancho del balero en milímetros dividido entre 6000. Esto en gramos

como cantidad aproximada recomendable. Puede proporcionarse motor de chumaceras selladas, las cuales no necesitan lubricación. La frecuencia de lubricación depende enteramente de las condiciones del servicio y deben determinarse por la experiencia. Cuando el ventilador opera en ambientes sucios, húmedos, calientes y/o corrosivos deben acortarse los períodos de lubricación.

BIBLIOGRAFIA . -

HANDBOOK OF MINERAL DRESSING

Taggart John Wiley & Song Inc.

Cap. 5, 6, 9, 11

UNIT OPERATIONS OF CHEMICAL ENGINEERING

McCabe & Smith

McGraw Hill Book Company

Cap. 4

MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO

UTEHA John H. Perry

Tomo II Sec. 16

1975 ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS

PART 17 APRIL

American Society for Testing And Materials.

C - 92

WOVEN WIRE SCREENS

Catalogue 80

The W. S. Tyler Company

Cleveland 14, Ohio U.S.A.

IMIQ NUMEROS

VOLUMEN . XIV

Abril 1973

CERAMIC DATA BOOK 1975

Cahners Publishing Company Inc.

5 South Wabas Avenue

Chicago, Illinois 60603

U. S. A.

MANUAL FOR THE MIKRO PUL SAIRE

DUST COLLECTOR

USF Mikro Pul. Division

United States Filter Corporation

MANUAL - HARDINGE

Operación , Mantenimiento de Molino de Bolas.