

Trabajo de  
Diploma

Instituto Superior Minero Metalúrgico  
Facultad Metalurgia-Electromecánica

Hoja  
No. \_\_\_\_\_

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO  
FACULTAD METALURGIA Y ELECTROMECHANICA  
VII CONTINGENTE ESTUDIANTIL UNIVERSITARIO  
"13 DE MARZO"

TRABAJO DE DIPLOMA

*Estudio de la eficiencia metalúrgica del área de  
filtración.*

*Autora: Zobeida Suarez Martínez.*

*Tutor: Victor Frómeta.*

MOA 1990

DEDICATORIA

*A mis padres y hermanos.*

*A todos los que aman y profesan la verdad.*

AGRADECIMIENTO

*A todos los que de una forma u otra han colaborado en la realización de este trabajo.*

*Agradecimiento especial a los Ings. Santiago Guibert, Alfonso Torres y Victor Frómata tutor de este trabajo, además al Co. Radamés San Miguel quien hizo posible la culminación del mismo.*

*Un eterno agradecimiento a la revolución por darme la posibilidad de formarme como futura profesional.*

## RESUMEN

*Este trabajo se realiza con el objetivo de tener a través del cálculo la eficiencia de los equipos del área de filtración de la Planta de Calcinación y Sinter de la empresa Ernesto Che Guevara.*

*Para ello se montaron toma-muestras en los sedimentadores, filtros de vacío y de cartucho para caracterizar cada uno de ellos.*

*Estas muestras fueron analizados en el laboratorio central de la empresa y se tomaron estos resultados de análisis unidos a los datos aportados por los instrumentos de medición de los diferentes flujos.*

*Este trabajo se divide en tres capítulos fundamentales; en el primer capítulo se describe el flujo tecnológico del proceso, en el segundo se exponen los aspectos teóricos sobre los procesos de separación de fases (sedimentación, filtración), el tercer capítulo es el capítulo más importante, incluye la determinación de la eficiencia en cada uno de los equipos del área, se determina además la cantidad de cada elemento contenido en la fase sólida, se realiza un balance material por equipos.*

*Se hacen pruebas adicionales para determinar la eficiencia del filtro de cartucho utilizando telas belting, contiene además una valoración económica donde se analiza el ahorro considerable de pesos con el uso de este tipo de tela filtrante en el filtro de cartucho.*

## INDICE

<i>Dedicatoria.</i>	
<i>Agradecimiento.</i>	
<i>Resumen.</i>	
<i>Introducción.</i>	1
<i>Capítulo I: Flujo tecnológico.</i>	
<i>1.1 Mina.</i>	4
<i>1.2 Preparación de mineral.</i>	4
<i>1.3 Hornos de reducción.</i>	5
<i>1.4 Planta de lixiviación y lavado.</i>	6
<i>1.5 Planta de recepción de amoníaco.</i>	7
<i>1.6 Planta de calcinación y sinter.</i>	7
<i>Capítulo II: Generalidades sobre filtración.</i>	11
<i>2.1 Breve descripción teórica del proceso de sedimentación.</i>	18
<i>2.2 Breve descripción teórica del proceso de filtración.</i>	21
<i>2.3 Particularidades de la filtración al vacío de la planta de calcinación y sinter.</i>	22
<i>2.4 Características constructivas de los filtros de disco al vacío.</i>	23
<i>2.5 Particularidades de la filtración a presión de los filtros de cartucho de la planta de calcinación y sinter.</i>	24
<i>Capítulo III: Desarrollo del trabajo.</i>	
<i>3.1 Metodología de cálculo.</i>	26
<i>3.2 Prueba al filtro de cartucho 106 con mangas de tela belting.</i>	38

<i>Conclusiones.</i>	43
<i>Recomendaciones.</i>	44
<i>Bibliografía.</i>	45
<i>Anexos.</i>	46

# INTRODUCCION

## INTRODUCCION

El contar en nuestro país con grandes reservas de minerales níquelíferos hace posible lograr una fuente económica estable y ha dado lugar a grandes inversiones que se desarrollan en el montaje de nuevas industrias, en el norte de la provincia holguinera, donde se prevé la obtención del níquel separado del cobalto.

Conociendo lo anterior y la importancia que para nuestro país reviste el níquel el cual constituye el segundo renglón exportable en nuestra economía se nos da la tarea de realizar este trabajo, el cual tiene como objetivo determinar la eficiencia de los equipos del área de filtración y comparar la misma con la eficiencia según proyecto.

Los datos que hacen posible el desarrollo de este trabajo han sido obtenidos mediante análisis realizados en el laboratorio a una serie de muestras tomadas en el área durante un período de tiempo determinado, además de otros datos tomados en la planta en el mismo período.

El esquema tecnológico de la planta de níquel de Punta Gorda está basado en el esquema de lixiviación carbonato-amoniaco del mineral reducido. Esta tecnología estudiada y aprobada en la práctica con la experiencia de la fábrica de Nicaro y otros países.

El equipamiento a utilizar se distingue por su sencillez y amplia utilización de equipos bien conocidos (Hornos de Soleras múltiples, Alambiques, Espesadores, etc), que favorecen la creación de una producción completamente mecanizada y automatizada que reducirá el

control del proceso y el mantenimiento de equipos, además cuenta con otras ventajas como la realización del proceso de forma continua y a presión atmosférica. El esquema amoniacal permite la elaboración de la mezcla de minerales lateríticos y serpentiniticos a diferencia del proceso con ácido sulfúrico que solo permite el tratamiento de mineral laterítico.

Esta tecnología que consume gran cantidad de energía se distingue ventajosamente de otros esquemas pirometalúrgicos, observando el déficit de este en Cuba, al tiempo que el proceso se realice con un consumo de reactivos relativamente pequeño, el único reactivo que se consume en gran cantidad es el amoníaco y su consumo se reduce a compensar las pérdidas durante el proceso.

El producto final de esta fábrica es el óxido de níquel con 75.70 % de níquel y sinter de níquel (óxido de níquel sinterizado) que contiene un 86.4 de níquel, productos exportables.

El proceso tecnológico por el tratamiento de lixiviación amoniacal consta de las siguientes áreas de producción.

- 1.- Conjunto tecnológico de preparación de minerales.
- 2.- Planta de hornos de reducción.
- 3.- Planta de lixiviación y lavado.
- 4.- Planta de recuperación de amoníaco.
- 5.- Planta de calcinación y sinter.
- 6.- Con la producción de cobalto se proyecta una planta de cobalto.

*Existen otras plantas auxiliares como:*

- *Planta de gas a partir del petróleo.*
- *Termoeléctrica.*
- *Planta de tratamiento de agua.*
- *Puerto con sistema de recepción y almacenaje de petróleo y amoníaco.*

# CAPITULO I

## CAPITULO I

Descripción del flujo tecnológico

## 1.1.- MINA

La función de esta unidad es suministrar el mineral a la fábrica. Está situada a unos 1.5 km al sureste del área industrial de la fábrica.

La comunicación de la mina con el área industrial de la fábrica se realiza por la carretera central de transportación del mineral, que garantiza el suministro de mineral de la misma hacia la sección de recepción de la planta de preparación de mineral.

El yacimiento del mineral de níquel constituye una capa con una inclinación insignificante hacia el oeste. El mineral aparece en la superficie terrestre, aunque el contenido de los metales no ferrosos es bastante bajo y no presenta en la actualidad interés industrial, la altura de la capa de la reserva industrial es de 1 a 20 m, la altura de la capa de escombros de mineral es de 1 a 15 m.

El mineral de la capa superior está compuesto de limonita y el cuerpo del mineral de laterita y serpentinita (blandas).

Los componentes fundamentales son el níquel, el cobalto y como componente acompañante se encuentra en cantidades considerables el hierro.

## 1.2 PREPARACION DEL MINERAL.

EL mineral de la mina se transporta hacia la planta de preparación de mineral en camiones volquetas que se descargan en las cribas estacionarias de recepción de la sección de trituración primaria.

En la planta el mineral pasa por la trituradora, por la zaranda, por los secaderos y la sección de molienda. El mineral seco y molido se suministra a los silos de donde se transportan mediante bombas de transporte neumático hacia los hornos de reducción.

#### 1.4 HORNOS DE REDUCCION.

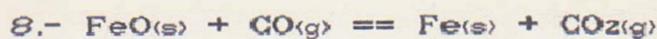
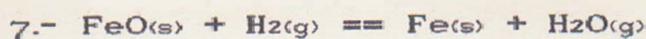
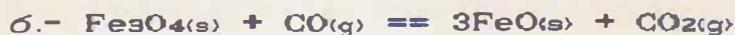
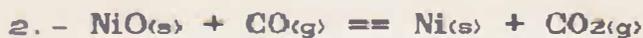
La reducción del mineral (níquel y cobalto) hasta estado metálico se realiza en los hornos de hogares múltiples (17 hogares) que se alimentan con fuel oil con bajo contenido de azufre para obtener gas reductor que se obtiene por conversión del fuel oil instalados junto al horno o en la planta productora de gas.

Los 24 hornos de la planta están divididos en tres grupos cada uno de los cuales funciona independientemente. Cada pareja de hornos dispone de una tolva común a donde pasa el mineral molido y seco procedente de preparación del mineral.

El mineral desde la tolva se suministra al horno por la parte superior (hogar o) y luego pasa de hogar en hogar mientras el gas reducido se introduce por la parte inferior, ocurriendo este proceso a contracorriente, calentándose el material hasta la temperatura máxima de  $750^{\circ}\text{C}$ .

El mineral reducido se traslada en el transportador rotatorio a los enfriadores. Después de enfriarse, el mineral reducido se mezcla con el licor amoniacal de retorno en la canal especial de donde pasa a los tanques de contactos.

*Las principales reacciones tomadas en consideración son:*



#### 1.4.- PLANTA DE LIXIVIACION Y LAVADO

*La pulpa de mineral de reducido desde los tanques de contacto pasa por sistemas paralelos de tres etapas de lixiviación a contracorriente. La lixiviación se realiza con licor carbonato amoniacal en los turboaeradores por medio de la aereación de la pulpa.*

*Después de la tercera etapa de lixiviación la pulpa de mineral se bombea a dos sistemas paralelos de lavados con cinco etapas cada uno. El lavado se realiza con el licor carbonato-amoniacal por el método a contracorriente en los espesadores.*

*El licor enriquecido de níquel y cobalto, así como la pulpa de desecho se suministra a la planta de recuperación de amoníaco, donde se extrae el níquel en forma de carbonato básico y se recupera el amoníaco.*

*El licor de la primera y segunda etapas de lixiviación se enfría en los intercambiadores de calor con agua por contacto indirecto y se envía a los canales de la planta de reducción de mineral para mezclarse con el mineral*

reducido.

El gas de escape y los productos de la ventilación de succión pasan al sistema de absorción donde se recupera el amoníaco.

#### 1.5.- PLANTA DE RECUPERACION DE AMONIACO.

El licor enriquecido en Ni y Co proveniente de la planta de lixiviación y lavado pasa por tres etapas de aereación con el fin de oxidar y sedimentar el hierro y luego ser filtrado a través de los filtros de hojas o placas.

El licor limpio de hierro se trata con vapor en las torres de destilación. Durante este proceso se separa del licor el amoníaco y el ácido carbónico produciéndose el carbonato básico de níquel fundamental, en forma de pulpa.

La pulpa en forma de carbonato de níquel constituye el producto final de esta planta y se suministra a los espesadores de la planta de calcinación y sinter. La pulpa de desecho (colas) se destilan en otras torres, después de este tratamiento se transportan a la presa de colas.

Los gases de destilación de licor preparado y de la pulpa de las colas, después del enfriamiento, se bombean al sistema de absorción para que se prepare el licor amoniacal que se utiliza luego en el proceso de lixiviación y lavado.

#### 1.6.- PLANTA DE CALCINACION Y SINTER.

La planta de calcinación y sinter se compone de tres áreas fundamentales; área de filtración, área de calcinación y área de sinterización.

El proceso en el área de filtración comienza una vez que los alambiques descargan el carbonato básico de níquel a los sedimentadores con una temperatura de  $107^{\circ}\text{C}$  aproximadamente con una concentración de  $\text{NH}_3$  de  $0.3 \text{ g/l}$  a  $0.7 \text{ g/l}$ ; con un 98 % de líquido evaporándose una parte de este a través del tanque despresurizador.

El carbonato básico de níquel es descargado a los sedimentadores de 25 m de diámetro y con una profundidad nominal de 3,6 m donde ocurre la sedimentación del  $\text{NiCO}_3$ .

El licor de reboso, es decir, el líquido cuya concentración es de  $0.1 \text{ g/l}$  sale por la canal de reboso del sedimentador hacia el tanque de reboso cuya capacidad es de  $75 \text{ m}^3$ , este licor es bombeado hacia los filtros de cartuchos, cuya área de filtración es de  $80 \text{ m}^2$ .

La filtración se efectúa de afuera hacia adentro, a medida que aumenta el espesor de la capa de carbonato adherida a la superficie del medio filtrante la productividad disminuye; cuando la capa adquiere un determinado espesor, el proceso de filtración cesa. El precipitado se desprende con ayuda de agua o aire a presión.

El licor de reboso que ha sido filtrado se bombea a la planta de recuperación de amoníaco para el calentamiento del alambique en la arrancada y para el bombeo del lodo.

La torta de carbonato que ha sido desprendida con ayuda de la presión de agua o aire, es descargada a un tanque con agitación, añadiéndole agua para repulpar, bombeándose esta pulpa hacia el sedimentador nuevamente con ayuda de las bombas cuya productividad es de  $70 \text{ m}^3/\text{h}$ .

*La pulpa de carbonato es descargada por el cono del sedimentador hacia los filtros rotatorios de disco de vacío, los mismos son de trabajo continuo.*

*El carbonato se adhiere a la superficie del disco por la acción del vacío que se realiza con la bomba, esta torta se desprende de la superficie de la hoja del filtro con ayuda de una cuchilla de goma.*

*El líquido filtrado, conjuntamente con el vapor se dirige al condensador barométrico, de aquí el líquido o agua pasa por gravedad al tanque de desecho, al igual que el líquido o agua atrapada en los trampas de filtrado.*

*El carbonato básico de níquel cae libremente entre los bolsillos del filtro al transportador de banda, el cual lo transporta a otros transportadores de bandas invertidos recubiertos por teflón.*

*En los transportadores de bandas se sitúan romanas para el control y registro del peso del carbonato básico de níquel. Este carbonato continúa su recorrido siendo este alimentado a los hornos de calcinación a través del sifin de carga.*

*El carbonato después de filtrado es calcinado en los hornos rotatorios, con un diámetro interior de 3.5 m, una longitud de 50.5 m y una productividad de 2.25 t/h de óxido de níquel.*

*A medida que el carbonato desciende va sufriendo variaciones en su composición, hasta obtenerse el óxido de níquel calcinado.*

*El óxido de níquel obtenido pasa por las etapas de enfriamiento y trituración, luego se considera como un*

producto terminado de la fábrica.

Una parte del producto terminado ( $\text{NiO}$ ) se utiliza para la preparación del sinter en el proceso de sinterización.

Para la preparación del sinter, el óxido de níquel se mezcla con carbón antracita, con el polvo de retorno y la fracción fija de retorno sinterizado. Esta mezcla así preparada se trata en la máquina de sinterización.

En el proceso de sinterización se reduce parcialmente el óxido de níquel hasta metal.

El producto obtenido después de la sinterizaciones se llama sinter. Este sinter pasa por trituradores y zarandas. El sinter de una granulometría determinada constituye el producto terminado de la fábrica.

Toda la producción mercantil de óxido de níquel y de sinter, envasados en tanques metálicos, se envía al consumidor.

# CAPITULO II

## CAPITULO II

Generalidades sobre filtración.

La filtración es una de las aplicaciones más conocidas del flujo de fluido a través de lechos empacados, como se lleva a cabo industrialmente es análogo a las filtraciones efectuadas en laboratorios usando un embudo y papel de filtro.

En cualquiera de los casos, la separación del sólido y el líquido forzando el fluido a través de una membrana porosa.

La filtración industrial difiere de la filtración de laboratorio solamente en las cantidades de materiales manejados y la necesidad de que sean a bajo costo.

Para obtener un rendimiento razonable en un filtro de tamaño moderado, la caída de presión del flujo puede aumentarse o bien la resistencia al mismo disminuirse.

La mayor parte del equipo industrial disminuye la resistencia del flujo, permitiendo que el área de filtración sea lo más grande posible sin aumentar el tamaño total del aparato de filtración.

La selección del equipo de filtración depende considerablemente de factores económicos, pero las ventajas económicas variarán dependiendo de la viscosidad del fluido, densidad, actividad química, tamaño de las partículas sólidas, distribución de tamaño, tendencias a la floculación y deformabilidad, concentración de la pasta alimentada, valores absolutos y relativos de los productos líquidos y sólidos, etc.

*El estudio de la filtración desde el punto de vista químico-técnico tiene las siguientes finalidades:*

*- Poder predecir razonadamente el tipo de filtro más adecuado para la finalidad perseguida.*

*- Dimensionar el filtro.*

*- Establecer las condiciones de ejecución de las operaciones de filtración y lavados.*

*- Poder predecir con suficiente exactitud el resultado que se ha de obtener al variar las condiciones en que trabaja un filtro ya construido.*

*Para que el filtrado atraviese el material filtrante y la capa de precipitado, se necesita vencer una cierta resistencia mediante la aplicación de presiones.*

*Los diversos procedimientos para producir la fuerza impulsora del fluido, los diferentes métodos de formación y separación de la torta, y las distintas técnicas cruzadas para eliminar el fluido filtrado de la torta recién formada, requieren una gran variedad de aparatos o equipos de filtración.*

*Todo aparato de filtración es un recipiente dividido en dos partes por un medio filtrante.*

*En calidad de medios filtrantes se pueden utilizar distintos materiales como: tejidos, cerámicas porosas, redes metálicas y otros, tanto el medio filtrante como el recipiente pueden tener distintas formas en el espacio, por un lado del medio filtrante se dirige la suspensión a separar, por el otro lado se evacúa la solución pura.*

*En las partes separadas del recipiente se crea una diferencia de presiones, bajo la acción de la cual el*

líquido pasa a través del medio filtrante, mientras que las partículas sólidas se retienen en la superficie de este o dentro del mismo.

En el primer caso en el medio filtrante se acumula una capa de precipitado y el proceso se llama filtración con formación de precipitado, como regla ésta transcurre con una concentración de partículas sólidas mayor de 1 - 5 % (en volumen).

En este caso sobre la entrada de los poros del medio filtrante se forman rápidamente bóvedas de partículas sólidas (frecuentemente de tamaño más pequeño que el poro) que dejan pasar la parte líquida y retienen las partículas sólidas.

En el segundo caso las partículas sólidas penetran en los poros del medio filtrante con la particularidad de que en dependencia de las dimensiones de las partículas y del poro, en el poro puede penetrar una partícula tapándolo por completo o gradualmente varias partículas, este proceso se llama filtración con taponamiento de los poros, que tiene lugar durante la clarificación de la solución con pequeño contenido de partículas dispersas en la fase sólida (0.1 % en volumen), así como la etapa inicial de filtración de lodos más densos.

El proceso de filtración con formación de precipitados es más deseable que con taponamiento de los poros, dado que tiene mayor rendimiento, además en este caso se realiza con mayor facilidad la regeneración del medio filtrante.

Con el fin de crear las condiciones de filtración con formación de precipitados en suspensiones finas con pequeño contenido de sólidos se introducen coagulantes y flotulantes que contribuyen a la formación de agregados más grandes de partículas o sustancias inertes especiales (Diatamita, celulosa y otros) que aumentan el contenido de la fase sólida.

En ocasiones antes de la filtración de la suspensión principal sobre la superficie del medio filtrante se aplica una capa de precipitado de la sustancia inerte auxiliar mediante la filtración preliminar de su suspensión (filtración con medio filtrante auxiliar).

La diferencia de presiones a ambos lados del medio filtrante puede ser asegurada mediante:

- La rarificación del volumen tras el medio filtrante, en este caso la diferencias de presiones no supera 0.9 atm.

- La creación de aire comprimido (hasta 5 - 10 atm) sobre el medio filtrante.

- La creación de presión hidrostática de la suspensión hasta 5 atm.

- El suministro de la suspensión al filtro por bombas centrífugas o émbolos que desarrollan una presión de hasta 5 atm y más.

Los precipitados que se forman en los procesos de filtración se dividen en: incompresibles y compresibles.

Se llaman compresibles aquellos precipitados cuya porosidad disminuye al aumentar la diferencia de presión y correspondientemente aumenta su resistencia hidráulica al

flujo de líquido.

Prácticamente son incompresibles todos los precipitados compuestos de partículas de sustancias inorgánicas de más de 100  $\mu\text{m}$  de tamaño, por ejemplo, los precipitados obtenidos durante la cristalización de la sosa y la potasa.

Pertenecen a los precipitados fuertemente compresibles los hidróxidos de metales, por ejemplo, hidróxido de aluminio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ); hidróxido de hierro ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) y otros.

Las leyes de la filtración son complicadas y dependen tanto de las propiedades de la fase sólida, de la solución, de los medios filtrante y de la estructura del filtro, como de las condiciones de filtración.

Así durante la filtración realizada a presión constante creada, conectando el filtro en el sistema de aire comprimido, al aumentar el espesor del precipitado en el filtro o al taponar los poros del medio filtrante la velocidad de filtración disminuye.

Al suministrar la suspensión al filtro con ayuda de una bomba de émbolo la filtración transcurre con velocidad constante que prácticamente corresponde al rendimiento de la bomba, con la particularidad de que la presión de filtración aumenta hasta un valor límite para la bomba dada o la estructura del filtro.

La utilización de las bombas centrífugas para el transporte de la suspensión al filtro, lleva a la variación en el proceso de la velocidad de filtración.

*El ciclo de filtración constituye una serie de etapas:*

- *Filtración de la suspensión.*
- *Lavado del precipitado con aire o vapor.*
- *Evacuación del precipitado.*
- *Regeneración del medio filtrante.*

*En general, los filtros se clasifican de acuerdo con la naturaleza impulsora que provoca la filtración y de acuerdo al régimen de trabajo.*

*De acuerdo con la naturaleza de la fuerza impulsora que provoca la filtración se clasifican en:*

- *Filtros de gravedad: la fuerza impulsora que provoca la filtración es la carga hidrostática del propio líquido*
- *Filtro de vacío: la fuerza impulsora que provoca la filtración es la depresión producida por una succión aplicada por la parte opuesta del material filtrante*
- *Filtro de presión: la fuerza impulsora que provoca la filtración es la presión adicional obtenida mediante bombas*
- *Centrífugas o hidroextractores: la fuerza impulsora que provoca la filtración es la fuerza centrífuga.*

*Conforme al régimen de trabajo los filtros se dividen en: filtro de acción periódica y filtro de acción continua.*

*El medio filtrante de los filtros de acción periódica es fijo y en todos los elementos sucede al mismo tiempo un mismo proceso (una etapa del ciclo).*

*La realización de distintas etapas están separadas por el tiempo; trabajan al crear diferencias de presiones, tanto a presión constante como a velocidad constante o a*

presión y velocidad variables de filtración.

Al calcular estos filtro se determina la duración óptima de la etapa principal de la filtración y de las etapas auxiliares, el espesor óptimo de la capa de precipitado y la presión de filtración.

En los filtros de acción continua, durante su trabajo, el medio filtrante se desplaza continuamente por un camino cerrado con la particularidad de que se realiza toda la sucesión de etapas del ciclo de filtración, no obstante están separadas por el lugar de realización y como resultado cada etapa es continua, trabajan con una diferencia de presiones constantes.

El proceso de filtración se describe cuantitativamente por ecuaciones que enlazan la velocidad de filtración con los parámetros del proceso y las propiedades de las partículas sólidas, la fase líquida y medio filtrante.

Para el caso de filtración con formación de precipitados, la resistencia del medio filtrante en el proceso de filtración se considera constante, en la práctica al principio tiene lugar cierto aumento de ésta a causa de la penetración de una pequeña cantidad de partículas finas en los poros, no obstante luego permanecen constante. La resistencia del precipitado aumenta desde cero hasta su valor máximo a medida que aumenta el espesor de la capa, y su volumen es proporcional al volumen del filtrado.

La velocidad de filtración puede ser expresada por la ecuación siguiente:

$$V = \frac{dV}{S \cdot dt} = \frac{D_p}{(R_{p\text{rec}} + R_{l\text{of}})\mu}$$

donde:

$V$  - volumen de filtrado;  $m^3$

$S$  - superficie de filtración;  $m^2$

$t$  - duración de la filtración;  $s$

$D_p$  - Diferencia de presiones a ambos lados del medio filtrante con el precipitado;  $Pa$

$R_{prec}$  - Resistencia de la capa de precipitado;  $m^{-1}$

$R_{t01}$  - Resistencia del tabique de filtrar;  $m^{-1}$

$\mu$  - Viscosidad dinámica de la fase líquida de la suspensión;  $Pa \cdot s$

## 2.1 BREVE DESCRIPCIÓN TEÓRICA DEL PROCESO DE SEDIMENTACIÓN.

Sedimentación: es el proceso de separación de la fase sólida de la pulpa como resultado del precipitado de las partículas sólidas por la acción de la fuerza de gravedad, obteniéndose un sedimento compacto con una alta densidad y el líquido que rebosa (licor de reboso).

En los sedimentadores radiales con un llenado óptimo de pulpa con un régimen de operación correcto existen varias zonas.

En la parte superior se encuentra la zona líquida clara (licor de reboso), donde ocurre el precipitado libre de las partículas. Abajo se encuentra una zona más oscura, comprimida. En esta zona, la separación del líquido de el sólido ocurre como resultado de la presión existente producida por el material de la parte superior.

La capa de sedimento se comprime y apelmasa complementariamente por los rastrillos o brazos.

En el proceso de sedimentación que ocurre bajo la

acción de la fuerza de gravedad influye inexorablemente la composición mineralógica y granulométrica del material, formas de las partículas, el contenido de sólidos en la pulpa de entrada, la densidad de la fase sólida y la líquida, la viscosidad del líquido, la temperatura de la pulpa, el pH del medio y la existencia de otros agentes reaccionantes como son: floculantes, etc.

La influencia del tamaño de la partícula, la densidad de las fases sólidas y líquidas, la viscosidad del líquido sobre la velocidad de sedimentación de las partículas se caracteriza por la ecuación o fórmula de Taesa, donde la velocidad de sedimentación es función  $f(r, d, q, \nu)$

$$v = \frac{2}{9} \left( \frac{r \cdot (d - d_1) \cdot q}{\nu} \right)$$

donde:

$V$  - velocidad de sedimentación de las partículas; cm/s

$r$  - radio de las partículas; cm

$q$  - aceleración de la fuerza de gravedad;  $\text{cm}^2/\text{s}$

$d$  - densidad de la fase sólida;  $\text{g}/\text{cm}^3$

$d_1$  - densidad de la fase líquida;  $\text{g}/\text{cm}^3$

$\nu$  - coeficiente de viscosidad del líquido.

Como se puede observar, el trabajo de los sedimentadores continuos dependen de las características propias de la suspensión.

En un sedimentador continuo como se ha mencionado anteriormente, la alimentación llega por el dispositivo de forma tal que provoque una agitación mínima.

La suspensión original fluye hacia abajo y luego cambia de dirección, tomando la radial desde el centro y hacia arriba, hacia el rebosadero. Los sólidos en suspensión

tienden a sedimentar en el seno del líquido que se encuentra relativamente tranquila aunque se mueve en sentido radial y hacia arriba alejándose del lodo compacto. Este sedimento se comprime y apelmasa en la parte inferior del depósito y es trasladado por los rastrillos o brazos giratorio hacia el centro del fondo del sedimentador.

La acción del rastrillo consiste en empujar el sedimento hacia el centro del orificio de descarga comprimiendolo mucho más. Cuando la velocidad de alimentación no resulta excesiva y se obtiene un líquido efluente adecuadamente clarificado, la zona superior o de clarificación en el proceso es una región en la cual los sólidos estan presentes en tan escasa concentración que el mecanismo se asemeja a la sedimentación libre. La zona de espesamiento se encuentra inmediatamente debajo de esta región transparente.

Cuando la velocidad de alimentación de un espesador continuo excede el valor máximo que el espesador puede tratar para producir un reboso clarificado, las partículas sólidas son capaces de precipitar fuera de la zona normal de clarificación y por ello se eleva su concentración en la misma.

Esto provoca una sedimentación retardada con la correspondiente disminución de la velocidad de sedimentación respecto a la observada para la suspensión original. Este estado de cosas es un ejemplo de clarificación incompleta de reboso.

La intensidad de la alimentación que precisamente deja de provocar dicha sedimentación obstaculizada o retardada representan la capacidad de clarificación límite del espesado y significa la velocidad máxima de alimentación para la cual los sólidos en suspensión pueden alcanzar la zona de compresión.

## 2.2.- BREVE DESCRIPCION TEORICA DEL PROCESO DE FILTRACION.

Filtración: es el proceso de separación de la fase sólida de la líquida en una pulpa con ayuda de una membrana porosa, pero bajo la acción de una diferencia de presión provocada por una succión o por una presión en exceso (sobrepresión), por la fuerza de gravedad o centrífuga.

La fase líquida pasa a través de la membrana (medio filtrante) y se recoge como filtrado, la parte sólida se retiene en la superficie de la membrana en forma de precipitado (torta) la cual después se desprende de la misma.

En la torta hay cierta humedad y en el filtrado cierta concentración de partículas sólida que pasan a través de la membrana.

En calidad de membrana porosa se utiliza distintos tipos de telas, por ejemplo, para los "filtros de vacío de discos"; en los filtros de cartucho como medio filtrante tenemos los cartuchos de cerámica.

Durante la filtración ocurre consecutivamente una recojida de la torta y el secado de la misma.

El paso del líquido por la canal a través de la capa de material se puede analizar como si fuera el paso del líquido a través de un capilar. Entonces el volumen del líquido que pasa por un capilar en la unidad de tiempo se determina por la ecuación de Poiseuille.

$$v = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta P}{8 \cdot \mu \cdot l}$$

donde:

P- diferencia de presión al final del capilar;

$\text{KgF/dm}^2$

r- radio del capilar; mm

l- largo del capilar; mm

$\mu$ -Coeficiente dinámico de viscosidad del líquido.

### 2.3.- PARTICULARIDADES DE LA FILTRACION AL VACIO DE LA PLANTA DE CALCINACION Y SINTER.

El filtro de disco rotatorio al vacío de la planta de calcinación y sinter se utiliza para la filtración de la pulpa de carbonato básico de níquel que es descargada por el cono del sedimentador, este filtro es de trabajo continuo.

El medio filtrante lo constituye una hoja agujereada cubierta por un tejido filtrante.

En este caso la hoja gira en el plano vertical alrededor de un eje horizontal. La pulpa que va a ser filtrada llena el recipiente del filtro (taza) casi hasta el eje mismo, cuando la hoja se sumerge dentro de la pulpa de carbonato de níquel ( $\text{NiCO}_3$ ) este se adhiere a la superficie del mismo por la acción del vacío realizado por la bomba.

Cuando el disco sale de la taza comienza el proceso de secado de la torta. La torta de carbonato es desprendida de la superficie de la hoja del filtro con ayuda de una cuchilla de goma, el espesor de la capa de precipitado en el disco durante la filtración debe alcanzar 8 mm, durante un tiempo de 3 minutos.

El líquido filtrado conjuntamente con el vapor va al condensador barométrico, desde aquí el líquido pasa por gravedad al tanque de desecho, al igual que el líquido o agua atrapada en las trampas de filtrado.

El carbonato básico de níquel seco cae libremente entre los bolsillos del filtro al transportador y continua el proceso.

El condensador barométrico es el encargado de condensar el vapor debido a la inyección de agua.

La trampa es un tanque conectado al sistema barométrico que cumple la función de separar del filtrado, el vapor del líquido.

#### 2.4.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVA DE LOS FILTROS DE DISCOS DE VACIO.

El filtro de disco rotatorio es un equipo dinámico de acción continua y se emplea en las fábricas Minero-Metalúrgica y en otras ramas de la química.

Los filtros de vacío están destinados para la filtración de líquidos ácidos, básicos y neutros.

##### Características Técnicas.

El material de la partes fundamentales del filtro contiene alto porcentaje de carbono, estos filtros son estables a la corrosión

- superficie de filtración	34 m <sup>2</sup>
- diámetro de los discos	2.5 m
- número de discos	4
- frecuencia de rotación de los discos	0.22 - 0.97 rev/min
- número de sectores por disco	12
- vacío (desde 400 mm de Hg) hasta 600 mm de Hg)	0.8 at
- presión de soplado	0.5 atm
- ancho	3750 mm
- largo	3610 mm
- alto	2840 mm

#### 2.5.- PARTICULARIDADES DE FILTRACION A PRESION DE LOS FILTROS DE CARTUCHO DE LA PLANTA DE CALCINACION Y SINTER.

Este tipo de filtro presenta un tanque cilíndrico vertical abierto en el cual se encuentran sumergidos los cartuchos metálicos cubiertos con tejido filtrante.

Los cartuchos están unidos con ayuda de tuberías con la cabeza del distribuidor, con auxilio de la cual su conexión con el sistema de vacío o la línea de aire comprimido. Al crear vacío dentro de los cartuchos se deposita el precipitado.

La filtración se efectúa de afuera hacia adentro, a medida que aumenta el espesor de la capa de carbonato básico de níquel adherido a la superficie de las cerámicas, la productividad disminuye, cuando la capa adquiere un determinado espesor, el proceso de filtración cesa.

El precipitado se desprende con ayuda de aire o agua a presión. El licor de reboso que ha sido filtrado es bombeado a la planta de recuperación de  $\text{NH}_3$  para el calentamiento de los alambiques en su arrancada y para el bombeo del lodo.

La torta de carbonato que se desprende de la superficie del medio filtrante con ayuda de la presión del agua o aire es descargado a un tanque con agitador y se le añade agua para repulpar la misma, bombeándose esta pulpa para el sedimentador nuevamente.

#### 2.6.- CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DEL FILTRO A PRESION DE CARTUCHO.

Este filtro esta destinado para la filtración de partículas en suspensión en medio agresivo bajo presión en la industria química e hidrometalúrgica.

##### Características Técnica:

- volumen nominal	14.4 <sup>3</sup> m
- volumen de trabajo	11.4 <sup>3</sup> m
- área de filtración	80 <sup>2</sup> m
- Presión de trabajo en el filtro	5 kg f /cm <sup>2</sup> = 49 Pa
- Presión de aire alimentado al sistema	5 ± 0.5 kg f/cm <sup>2</sup>
- presión de líquido regenerado	4 kg f /cm <sup>2</sup> = 39.2 Pa
- temperatura en el medio	70 <sup>0</sup> C
- cantidad de secciones del filtro	10
- cantidad de cartuchos en el filtro	78
- diámetro	2 m
- largo	3.74 m
- ancho	3.55 m
- altura	7.492 m

# CAPITULO III

## CAPITULO III

Desarrollo del trabajo.

Los datos que hacen posible el desarrollo de este trabajo fueron tomados en un período de tiempo de 7 días, se tomaron 5 muestras a las cuales mediante análisis realizados en el laboratorio se determinó el porciento de sólido.

Estas muestras fueron tomadas en:

- 1.- Salida del reboso del sedimentador
- 2.- Entrada al filtro de vacío
- 3.- Salida del filtrado en el filtro de vacío
- 4.- Salida del filtrado en el filtro de cartucho.
- 5.- Salida de la pulpa de carbonato del filtro de cartucho al repulpador.

Se tomaron otros datos como son: flujos en los lugares de donde proceden las muestras, el flujo de entrada al sedimentador, se determinó además la relación liquido-sólido y la densidad de la pulpa de entrada y salida del sedimentador por el cono.

## 3.1.- METODOLOGIA DE CALCULO.

El cálculo de la eficiencia se realiza en función del carbonato de níquel que es capaz de recuperarse en cada equipo, para llevar a cabo este se parte de los valores de los flujos de entrada y de salida, la relación liquido-sólido, las concentración de sólido dados en  $\text{kg}/\text{m}^3$  y la concentración de cada uno de los elementos en %.

En el caso del sedimentador se determina la masa de sólido en la entrada conociendo que:

$$M_p = Q_p \cdot \rho$$

$$M_p = M_s + M_l$$

$$M_l = L/S \cdot M_s$$

$$M_p = M_s \cdot (1 + L/S)$$

$$M_s = \frac{M_p}{1 + L/S}$$

donde:

$M_p$  - masa de pulpa; kg

$Q_p$  - Flujo de entrada;  $m^3/h$

$\rho$  - Densidad de la pulpa;  $kg/m^3$

$M_s$  - Masa del sólido; kg

$M_l$  - Masa del líquido; kg

$L/S$  - Relación líquido-sólido.

La salida del carbonato por el cono del sedimentador se determina de forma similar a la entrada y esto constituye la carga del filtro de vacío.

El reboso del sedimentador es la entrada del filtro de cartucho y se determina conociendo el contenido de sólido (% S) y el flujo de licor clarificado (Q)

$$M_s = Q \cdot \% S$$

La salida del filtrado y el carbonato recuperado se calculan de forma similar asumiendo como flujo de salida del carbonato la capacidad del tanque depulpador.

En el filtro de vacío la cantidad de sólido en el carbonato seco se determina conociendo el porcentaje de agua que este contiene:

$$\% \text{ sólido} = 100 - \% H_2O$$

$$M_s = \frac{M_{CaCO_3} \cdot \% \text{ Sólido}}{100}$$

donde:

% sólido - contenido de sólido en el carbonato  
seco

$M_{CO_3}$  - masa total de carbonato

% de  $H_2O$  - porcentaje de agua contenida en el  
carbonato.

El filtrado se determina por diferencia, por carecer de  
medidores de flujos en esta zona.

La cantidad de cada elemento se calcula a partir de las  
masas de sólidos determinadas y la concentración de cada  
uno de los elementos.

$$M_e = \frac{M_s \cdot C_{M_e}}{100}$$

donde:

$C_{M_e}$  - concentración del elemento dado %

$M_e$  - cantidad de cada elemento en la masa de  
sólido.

El cálculo de la eficiencia se realiza teniendo en  
cuenta las cantidades de sólidos de entrada y cantidades  
de sólidos de salida recuperadas por el equipo, es decir:

$$\eta = \frac{M_{sr}}{M_{se}} \cdot 100 \%$$

donde:

$\eta$  - eficiencia.

$M_{sr}$  - Masa de sólido recuperada

$M_{se}$  - Masa de sólido de entrada.



```

450 LPRINT "
460 LPRINT USING " |o| CO3 seco|####.##|####.##|####.##|####.##|####.##|####.##|
###.##|###.##|" ;NICS,COCS,CUCS,FECs,ZNCS,SCS1,MGOCs,SIO2CS
470 LPRINT "
480 LPRINT USING " |C| Entrada |####.##|####.##|####.##|####.##|####.##|####.##|
###.##|###.##|" ;NIX,COX,CUX,FEX,ZNX,SX,MGOX,SIO2X
490 LPRINT "
500 LPRINT USING " |r| Filtrado|####.##|####.##|####.##|####.##|####.##|####.##|
###.##|###.##|" ;NIC,COC,CUC,FEC,ZNC,SC,MGOC,SIO2C
510 LPRINT "
520 LPRINT USING " |c| Repulpad.|####.##|####.##|####.##|####.##|####.##|####.##|
###.##|###.##|" ;NIR,COR,CUR,FER,ZNR,SR1,MGOR,SIO2R
530 LPRINT "

```

```

540 LPRINT:LPRINT :LPRINT

```

Tabla No.2 Balance material "

	Sedimentador	Fi. Vacio	Fi. Cartucho
Entrada	####.##	####.##	####.##
Salida	####.##	####.##	####.##

```

550 LPRINT "
560 LPRINT "
570 LPRINT "
580 LPRINT "
590 LPRINT USING "
# |";ES,EV,EC
600 LPRINT "
610 LPRINT USING "
# |";SSD,SFV,SFC
620 LPRINT "
630 LPRINT:LPRINT:LPRINT

```

Tabla No.3 Eficiencia por equipos "

Equipos	Calculos	Por proyecto
Sedimentador	####.##	
Fi. vacio	####.##	
Fi. cartucho	####.##	

```

740 COLOR 15:PRINT"Presione una tecla "
750 W%=INPUT$(1):CLS:COLOR 15:PRINT" Desea calcular otro dia de trabajo (S/N) "
760 CLS:COLOR 15:INPUT" Desea calcular otro dia de trabajo (S/N) ";S$
780 IF S$="s" OR S$="S" THEN 20
790 IF S$="n" OR S$="N" THEN END

```

Para el 1 día de trabajo

Tabla No. 1 Cantidad de elementos en los diferentes equipos del area

Elemento	Ni	Co	Cu	Fe	Zn	S	MgO	SiO2
Entrada	4059.6	72.4	17.1	66.5	1.7	5.0	12.5	9.1
Cono	3533.6	63.0	14.8	57.9	1.4	4.3	10.9	8.0
Reboso	525.9	9.4	2.2	8.6	0.2	0.6	1.6	1.2
Entrada	3533.6	63.0	14.8	57.9	1.4	4.3	10.9	8.0
Filtrado	1483.6	26.4	6.2	24.3	0.6	1.8	4.6	3.3
CO3 seco	2050.0	36.5	8.6	33.6	0.8	2.5	6.3	4.6
Entrada	525.9	9.4	2.2	8.6	0.2	0.6	1.6	1.2
Filtrado	268.8	4.8	1.1	4.4	0.1	0.3	0.8	0.6
Repulpad.	256.9	4.6	1.1	4.2	0.1	0.3	0.8	0.6

Tabla No.2 Balance material

	Sedimentador	Fi. Vacio	Fi. Cartucho
Entrada	4243.820	3693.993	549.747
Salida	4243.739	3693.993	549.552

Tabla No.3 Eficiencia por equipos

Equipos	Calculos	Por proyecto
Sedimentador	87.044	90
Fi. vacio	58.014	88.8
Fi. cartucho	48.858	75

Para el 2 día de trabajo

Tabla No. 1 Cantidad de elementos en los diferentes equipos del area

Elemento	Ni	Co	Cu	Fe	Zn	S	MgO	SiO2
Entrada	3109.2	55.4	13.1	51.0	1.3	3.8	9.6	7.0
Cono	2704.6	48.2	11.4	44.3	1.1	3.3	8.3	6.1
Reboso	403.8	7.2	1.7	6.6	0.2	0.5	1.2	0.9
Entrada	2704.6	48.2	11.4	44.3	1.1	3.3	8.3	6.1
Filtrado	1351.1	24.1	5.7	22.1	0.6	1.7	4.2	3.0
CO3 seco	1353.5	24.1	5.7	22.2	0.6	1.7	4.2	3.1
Entrada	403.8	7.2	1.7	6.6	0.2	0.5	1.2	0.9
Filtrado	155.8	2.8	0.7	2.6	0.1	0.2	0.5	0.4
Repulpad.	247.6	4.4	1.0	4.1	0.1	0.3	0.8	0.6

Tabla No.2 Balance material

	Sedimentador	Fi. Vacio	Fi. Cartucho
Entrada	3250.297	2827.320	422.098
Salida	3249.419	2827.320	421.622

Tabla No.3 Eficiencia por equipos

Equipos	Calculos	Por proyecto
Sedimentador	86.987	90
Fi. vacio	50.045	88.8
Fi. cartucho	61.312	75

Para el 3 dia de trabajo

Tabla No. 1 Cantidad de elementos en los diferentes equipos del area

S	Elemento	Ni	Co	Cu	Fe	Zn	S	MgO	SiO2
e	Entrada	3292.0	58.7	13.8	54.0	1.3	4.0	10.1	7.4
i	Cono	2863.3	51.0	12.0	46.9	1.2	3.5	8.8	6.5
m	Reboso	428.5	7.6	1.8	7.0	0.2	0.5	1.3	1.0
e									
n	Entrada	2863.3	51.0	12.0	46.9	1.2	3.5	8.8	6.5
V	Filtrado	1530.4	27.3	6.4	25.1	0.6	1.9	4.7	3.4
a	CO3 seco	1332.9	23.8	5.6	21.8	0.5	1.6	4.1	3.0
c									
i	Entrada	428.5	7.6	1.8	7.0	0.2	0.5	1.3	1.0
o	Filtrado	172.3	3.1	0.7	2.8	0.1	0.2	0.5	0.4
C									
a	Repulpad.	254.6	4.5	1.1	4.2	0.1	0.3	0.8	0.6
r									
t									
c									

Tabla No.2 Balance material

	Sedimentador	Fi. Vacio	Fi. Cartucho
Entrada	3441.411	2993.240	447.973
Salida	3441.213	2993.240	446.285

Tabla No.3 Eficiencia por equipos

Equipos	Calculos	Por proyecto
Sedimentador	86.977	90
Fi. vacio	46.550	88.8
Fi. cartucho	59.411	75

Para el 4 día de trabajo

Tabla No. 1 Cantidad de elementos en los diferentes equipos del area

Elemento	Ni	Co	Cu	Fe	Zn	S	MgO	SiO2
Entrada	2604.4	46.4	10.9	42.7	1.1	3.2	8.0	5.9
Cono	2265.1	40.4	9.5	37.1	0.9	2.8	7.0	5.1
Reboso	339.0	6.0	1.4	5.6	0.1	0.4	1.0	0.8
Entrada	2265.1	40.4	9.5	37.1	0.9	2.8	7.0	5.1
Filtrado	1140.5	20.3	4.8	18.7	0.5	1.4	3.5	2.6
CO3 seco	1124.6	20.0	4.7	18.4	0.5	1.4	3.5	2.5
Entrada	339.0	6.0	1.4	5.6	0.1	0.4	1.0	0.8
Filtrado	84.0	1.5	0.4	1.4	0.0	0.1	0.3	0.2
Repulpad.	250.7	4.5	1.1	4.1	0.1	0.3	0.8	0.6

Tabla No.2 Balance material

	Sedimentador	Fi. Vacio	Fi. Cartucho
Entrada	2722.632	2367.851	354.417
Salida	2722.267	2367.850	349.916

Tabla No.3 Eficiencia por equipos

Equipos	Calculos	Por proyecto
Sedimentador	86.969	90
Fi. vacio	49.649	88.8
Fi. cartucho	73.943	75

Para el 5 día de trabajo

Tabla No. 1 Cantidad de elementos en los diferentes equipos del area

Elemento	Ni	Co	Cu	Fe	Zn	S	MgO	SiO2
Entrada	3048.1	54.3	12.8	50.0	1.2	3.7	9.4	6.9
Cono	2651.1	47.3	11.1	43.5	1.1	3.3	8.1	6.0
Reboso	396.7	7.1	1.7	6.5	0.2	0.5	1.2	0.9
Entrada	2651.1	47.3	11.1	43.5	1.1	3.3	8.1	6.0
Filtrado	1417.7	25.3	6.0	23.2	0.6	1.7	4.4	3.2
CO3 seco	1233.4	22.0	5.2	20.2	0.5	1.5	3.8	2.8
Entrada	396.7	7.1	1.7	6.5	0.2	0.5	1.2	0.9
Filtrado	137.2	2.4	0.6	2.2	0.1	0.2	0.4	0.3
Repulpad.	255.4	4.6	1.1	4.2	0.1	0.3	0.8	0.6

Tabla No.2 Balance material

	Sedimentador	Fi. Vacio	Fi. Cartucho
Entrada	3186.457	2771.406	414.723
Salida	3186.129	2771.406	410.346

Tabla No.3 Eficiencia por equipos

Equipos	Calculos	Por proyecto
Sedimentador	86.975	<b>90</b>
Fi. vacio	46.525	<b>88.8</b>
Fi. cartucho	64.371	<b>75</b>

Para el 6 día de trabajo

Tabla No. 1 Cantidad de elementos en los diferentes equipos del area

S	Elemento	Ni	Co	Cu	Fe	Zn	S	MgO	SiO2
l	Entrada	2496.7	44.5	10.5	40.9	1.0	3.1	7.7	5.6
e	Cono	2171.5	38.7	9.1	35.6	0.9	2.7	6.7	4.9
d	Reboso	325.2	5.8	1.4	5.3	0.1	0.4	1.0	0.7
i	Entrada	2171.5	38.7	9.1	35.6	0.9	2.7	6.7	4.9
m	Filtrado	1009.8	18.0	4.2	16.6	0.4	1.2	3.1	2.3
n	CO3 seco	1161.7	20.7	4.9	19.0	0.5	1.4	3.6	2.6
e	Entrada	325.2	5.8	1.4	5.3	0.1	0.4	1.0	0.7
n	Filtrado	72.0	1.3	0.3	1.2	0.0	0.1	0.2	0.2
V	Repulpad.	253.0	4.5	1.1	4.1	0.1	0.3	0.8	0.6

Tabla No.2 Balance material

	Sedimentador	Fi. Vacio	Fi. Cartucho
Entrada	2609.997	2270.000	339.988
Salida	2609.988	2270.001	339.807

Tabla No.3 Eficiencia por equipos

Equipos	Calculos	Por proyecto
Sedimentador	86.973	<b>90</b>
Fi. vacio	53.498	<b>88.8</b>
Fi. cartucho	77.801	<b>75</b>

Para el 7 día de trabajo

Tabla No. 1 Cantidad de elementos en los diferentes equipos del area

S e d i m e n t a d o r	Elemento	Ni	Co	Cu	Fe	Zn	S	MgO	SiO2
	Entrada	2879.6	51.3	12.1	47.2	1.2	3.5	8.8	6.5
	Cono	2504.6	44.6	10.5	41.1	1.0	3.1	7.7	5.6
	Reboso	374.8	6.7	1.6	6.1	0.2	0.5	1.2	0.8
V a c i o	Entrada	2504.6	44.6	10.5	41.1	1.0	3.1	7.7	5.6
	Filtrado	1178.6	21.0	4.9	19.3	0.5	1.4	3.6	2.7
	CO3 seco	1326.0	23.6	5.6	21.7	0.5	1.6	4.1	3.0
C a r t u c h o	Entrada	374.8	6.7	1.6	6.1	0.2	0.5	1.2	0.8
	Filtrado	111.4	2.0	0.5	1.8	0.0	0.1	0.3	0.3
	Repulpad.	258.5	4.6	1.1	4.2	0.1	0.3	0.8	0.6

Tabla No.2 Balance material

	Sedimentador	Fi. Vacio	Fi. Cartucho
Entrada	3010.252	2618.250	391.848
Salida	3010.098	2618.249	386.675

Tabla No.3 Eficiencia por equipos

Equipos	Calculos	Por proyecto
Sedimentador	86.978	90
Fi. vacio	52.944	88.8
Fi. cartucho	68.963	75

### 3.2 PRUEBA AL FILTRO DE CARTUCHO 106 CON MANGAS DE TELAS BETILNG.

Para la realización de estas pruebas se lavó un filtro de cartucho con licor débil. La prueba consiste en ponerle mangas de tela belting por encima de la cerámica, entonces se procedió a tomar muestras cada una hora por cortinas, se hizo un compósito de ocho horas y se analizaron NiT, NiS y NiD.

Cuando se pone el filtro en operación y se toman las muestras diarias se observa una disminución de las pérdidas de níquel (ver tabla No. 1), al tener el filtro en operación durante ocho días se observa un aumento de las pérdidas pero se continúan tomando las muestras y analizando NiT, NiD y NiS, al llegar a los diez días de operaciones se lava el filtro con licor débil durante 16 horas.

En la tabla No. 2 se pueden observar las pérdidas de NiT, NiD y NiS por días de operaciones, determinados por la fórmula:

$$\text{Pérdidas} = \frac{\text{Vapor} \cdot \text{Licor Destilado} \cdot \text{CNiT}}{1000}$$

Ver en la tabla No. 3 la eficiencia del filtro.

Después de 10 días de trabajo se lavó el filtro con licor débil, al comenzar a operar el filtro después de lavado se observa un ligero aumento de las pérdidas de NiT, NiD y NiS, pero al segundo día de operación se detectó una disminución de las pérdidas de Níquel, y el filtro opera dentro de la norma.

Ver en la tabla No. 4 los resultados obtenidos después de lavado el filtro durante diez días de operación por cortinas.

En la tabla No. 5 pueden observar las pérdidas de níquel después de lavado el filtro con licor débil, en la tabla No. 6 aparece la eficiencia del filtro de cartucho roó en la segunda parte de la prueba.

Ver anexo 4 gráfica de eficiencia de los filtros de cartucho operando con telas belting.

Ver anexo 5 gráfica de las pérdidas de níquel en los filtros de cartucho operando con telas belting.

Tabla No. 1

Cortinas	NiT	NiD	NiS
1	0.049	0.041	0.008
2	0.045	0.040	0.005
3	0.061	0.055	0.006
4	0.052	0.049	0.003
5	0.049	0.043	0.006
6	0.501	0.045	0.005
7	0.055	0.047	0.008
8	0.050	0.045	0.005
9	0.050	0.044	0.006
10	0.052	0.044	0.008

Tabla No. 2

Dias de Opr.	NiT	NiD	NiS
1	0.049	0.043	0.006
2	0.041	0.039	0.007
3	0.033	0.032	0.001
4	0.041	0.031	0.010
5	0.032	0.027	0.008
6	0.041	0.038	0.003
7	0.056	0.048	0.008
8	0.057	0.049	0.008
9	0.076	0.069	0.007
10	0.080	0.060	0.020

Tabla No. 3

Dias de Opr.	Eficiencia
1	70.00
2	93.33
3	96.66
4	0.000
5	80.00
6	92.50
7	86.66
8	86.66
9	88.33
10	80.61

Tabla No.4

Tabla No.4

Cortinas	NiT	NiD	NiS
1	0.064	0.045	0.019
2	0.065	0.048	0.017
3	0.061	0.053	0.008
4	0.057	0.050	0.007
5	0.066	0.057	0.009
6	0.067	0.059	0.008
7	0.066	0.061	0.005
8	0.068	0.050	6.018
9	0.069	0.069	0.009
10	0.090	0.081	0.009

Tabla No. 5

Dias de Opr.	NiT	NiD	NiS
11	0.080	0.040	0.040
12	0.056	0.044	0.010
13	0.051	0.038	0.013
14	0.061	0.047	0.014
15	0.075	0.071	0.004
16	0.034	0.032	0.002
17	0.053	0.044	0.009
18	0.066	0.054	0.009
19	0.056	0.050	0.006
20	0.073	0.070	0.003

Tabla No. 6

Dias de Opr.	Eficiencia %
11	33.33
12	50.00
13	56.66
14	53.30
15	90.00
16	90.00
17	77.50
18	70.00
19	85.00
20	92.00

Cálculo económico

Con un filtro de cartucho utilizando como medio filtrante tela Belting se recuperan 100 kg/d, de níquel en un filtro, con siete filtros se recuperaría 700 kg/d de níquel, en un año esto representa 255 t/a. Si la tonelada de níquel cuesta \$ 9500 esto representa un ahorro de 2427250 pesos en favor de la economía del país.

#### CONCLUSIONES

• La eficiencia del sedimentador es satisfactoria por lo que se propone mantenerlo sin modificación alguna.

• En el filtro de vacío la eficiencia es mucho menor que la esperada por proyecto y su productividad no satisface las necesidades del proceso tecnológico, ya que en lugar de 12 t/h de carbonato se ha logrado de 6 a 8 t/h por lo que se hace necesario introducir modificaciones.

• La eficiencia en el filtro de cartucho es mala ya que prácticamente se pierden 300 kg/h de níquel operando según proyecto (con cerámicas) sin embargo cuando se opera con mangas de tela belting la eficiencia aumentó, disminuyendo las pérdidas hasta 200 kg de níquel lo que significa una recuperación de 100 kg/h de níquel.

• Al usar las mangas de tela belting en los filtros de cartucho aumenta la eficiencia en un 60 %, es decir se pone a trabajar el filtro a una eficiencia de 80 %.

• La tela belting su promedio filtrante es mucho más efectivo que la cerámica.

#### RECOMENDACIONES

- *Es necesario sustituir los filtros de vacío DK - 34 por filtros de vacío con mayor área de filtración que permita la alimentación correcta y estable al horno de calcinación.*
- *Poner mangas de telas belting a los filtros de cartucho.*
- *Lavar los filtros de cartucho con agua a alta presión cada tres horas, y a la presión de 4 kgf/cm<sup>2</sup>.*
- *Lavar los filtros de cartucho con licor débil cada siete días con una presión de 5 kgf/cm<sup>2</sup>.*
- *Sustituir las cerámicas por espirales de acero inoxidable.*
- *Confeccionar gráficos de control estricto para el lavado de los filtros de cartucho.*

## BIBLIOGRAFIA

- *Bereguski, V. y Kisliakovski. Metalurgia del Cu y el Ni. Moscú: Editorial Mir, 1974.*
- *Paulov, K. F. y otros. Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas y aparatos de la tecnología química. Moscú: Editorial Mir, 1981.*
- *Granger Brown, George. Operaciones básicas de la ingeniería química. La Habana: Edición Revolucionaria, 1967. 629 p.*
- *Kasatkin, A. G. Operaciones básicas y aparatos de la tecnología química. Tomo I. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1955. 729 p.*
- *San Miguel Navarro, Rafael. Balance material de la planta de calcinación Proyecto 304. Trabajo de Diploma, ISMM 1982.*
- *Olmos Seguin, Josefina. Evaluación de los medios filtrantes de la planta de calcinación y sinter de la fábrica "Ernesto Che Guevara". Trabajo de Diploma, ISMM 1989.*
- *Manual de Operaciones de la planta de calcinación y sinter de la fábrica "Ernesto Che Guevara".*

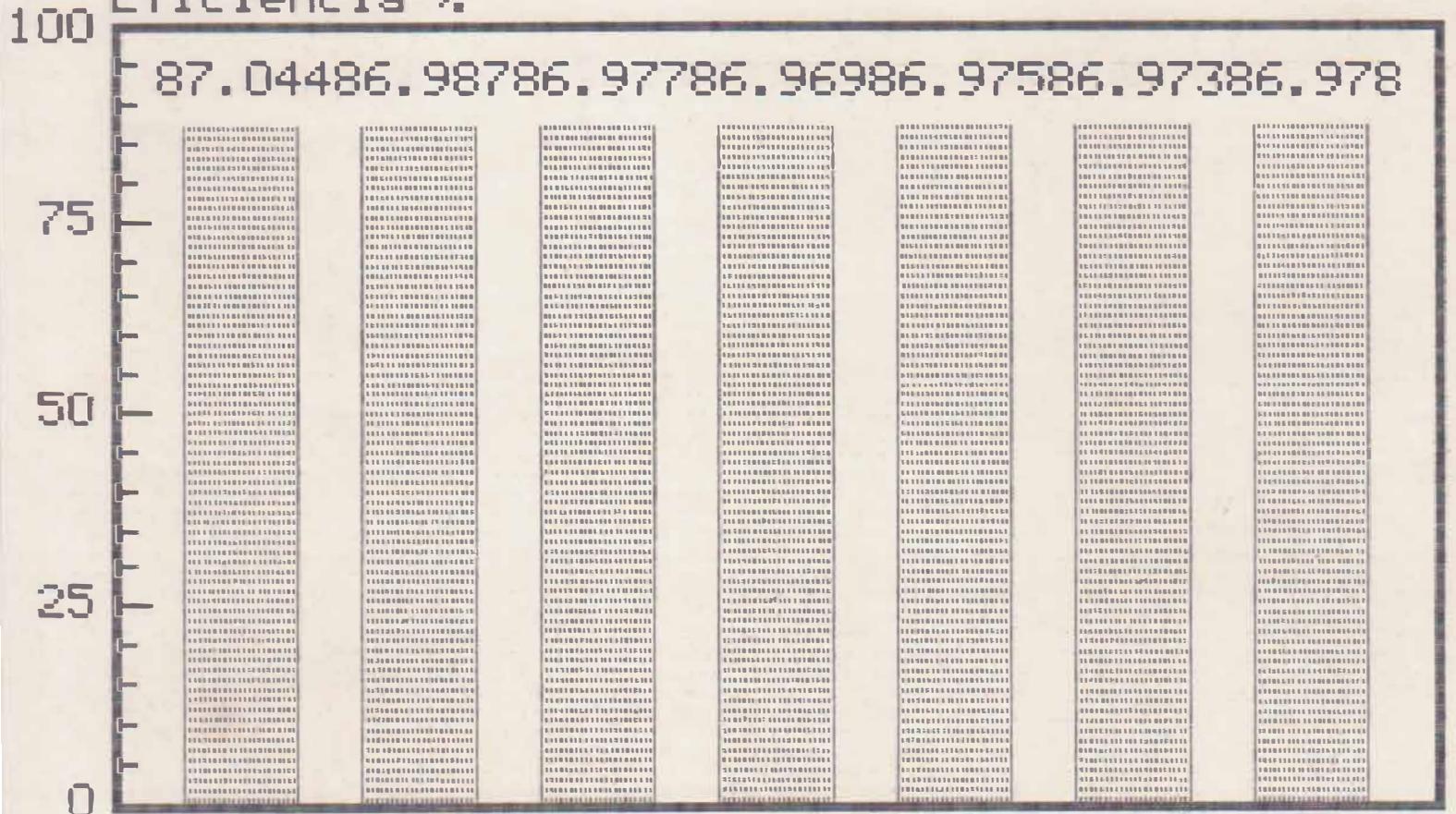
# ANEXOS

GRAFICO No.1

Eficiencia del sedimentador por dias

Eficiencia %

87.04486.98786.97786.96986.97586.97386.978



1

2

3

4

5

6

7

Dias

GRAFICO No.2

Eficiencia del filtro de cartucho por dias

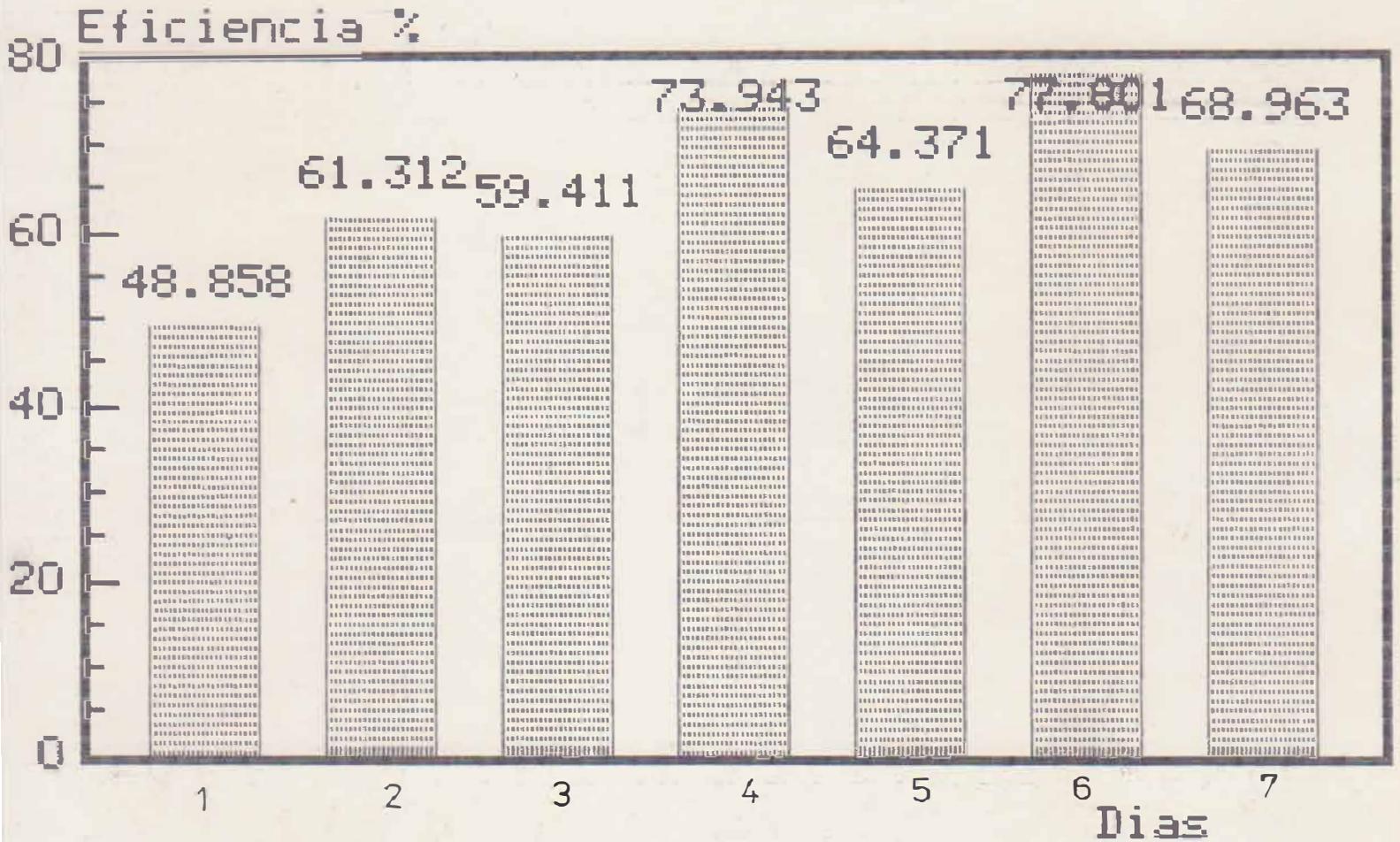


GRAFICO No. 3

Eficiencia del filtro de vacio por dias

Eficiencia %

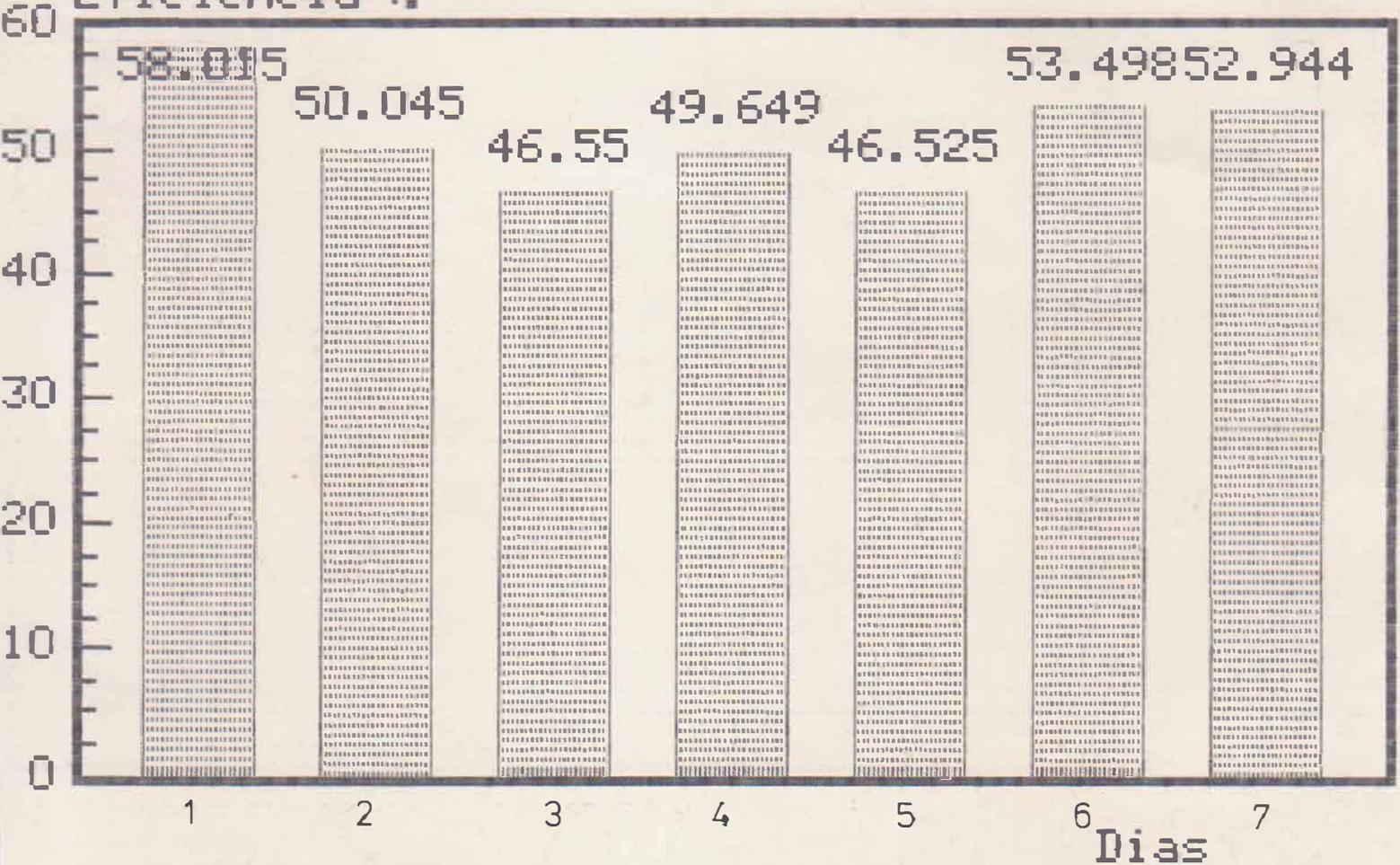


GRAFICO No.4

Perdidas de niquel en el filtro de cartucho usando tela belting

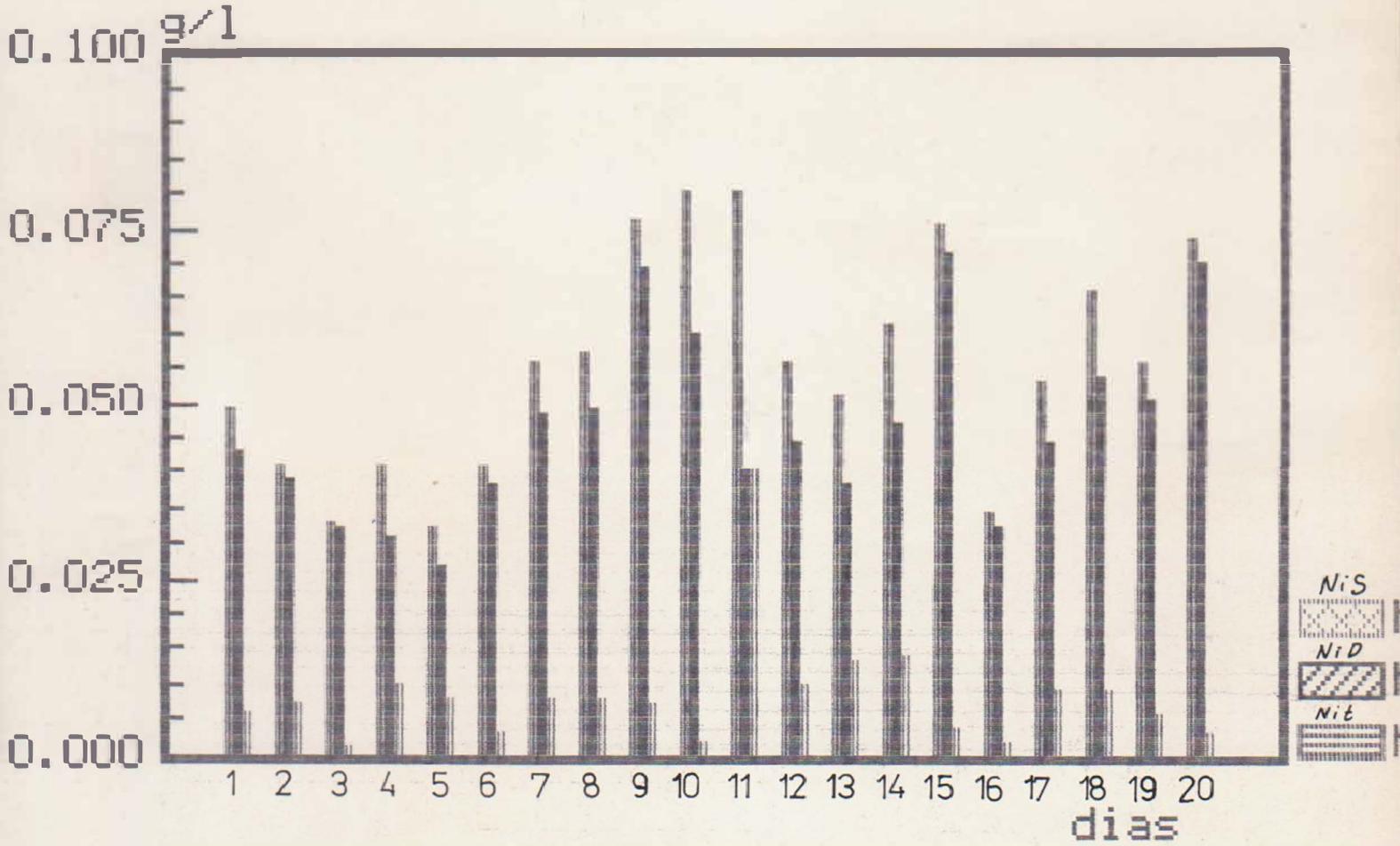


GRAFICO No.4

Perdidas de niquel en el filtro de cartucho usando tela belting

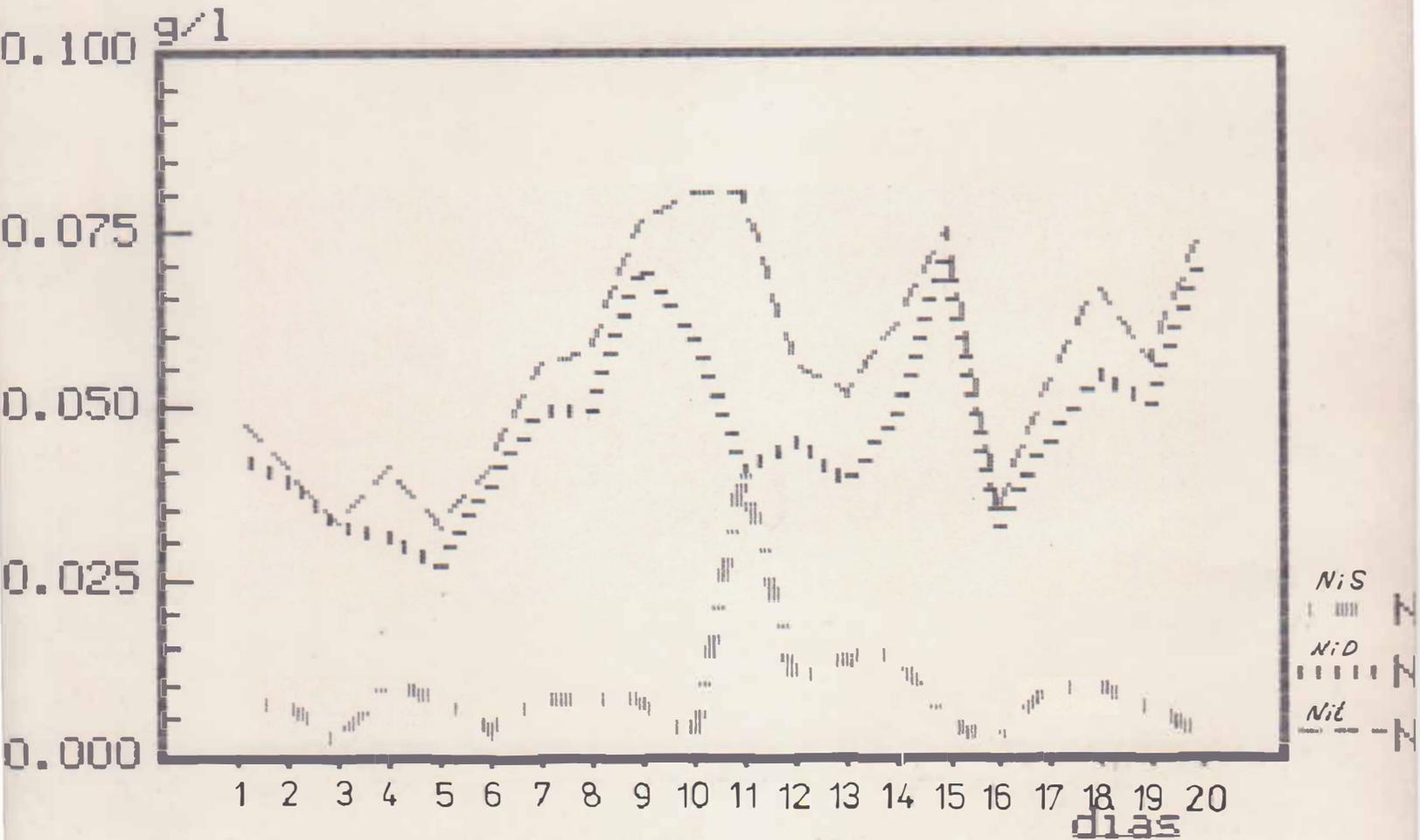


Grafico # 5

Eficiencia de los filtros de cartucho con y sin utilizacion de tela belting

