

De acuerdo con los pasos agigantados que da la computación en el mundo, y en nuestro país en particular, se hace necesario con vista a garantizar la recuperación de información que, a partir del número 2 del año en curso todos los artículos de nuestra revista tengan consignadas las palabras claves. Para facilitar el trabajo daremos una breve explicación al respecto.

1. Los términos que se asignen deben reflejar el contenido informativo fundamental del artículo.
2. No deben utilizarse términos generales que pueden perder al usuario en su búsqueda.
3. Deben asignarse los términos más utilizados dentro de cada especialidad
4. En caso de palabras homónimas deben especificarse

Mercurio

Mercurio-metal

5. Pueden utilizarse subepígrafes, para hacer más específico el contenido.

Ejemplo:

Geología Regional-Asia

A continuación brindamos algunos ejemplos

Causas del rompimiento por fatiga de los hilos metálicos de aceros Y9

Propiedades mecánicas

Aceros

Criterio de valoración del proceso de concentración secundaria de minerales en la espuma de flotación.

Beneficio de minerales

Flotación

CDU : 621.313.323 : 621.319

## *Análisis de la explotación de los equipos de transportación de grava y arena en la industria de materiales de construcción de Moa*

Ing. Roberto Sierra P. , Instituto Superior Minero Metalúrgico

### RESUMEN

En el trabajo se analiza el régimen de explotación de los equipos de transportación que integran las instalaciones procesadoras de grava y arena en la industria de materiales de construcción de Moa, con el objetivo de obtener parámetros racionales de trabajo de forma tal, que disminuyan los costos y las pérdidas de energía.

Se logra establecer una metodología de cálculo para estos tipos de instalaciones, así como proponer recomendaciones que permitan una explotación más eficaz y menos costosa, por lo que aumentará el aprovechamiento de la capacidad de trabajo de los equipos y disminuirán las pérdidas de energía.

### ABSTRACT

In this work the exploitation system of the transportation equipments which make up the gravel and sand processing facilities in the construction-materials industry in Moa, is analyzed, in order to obtain rational working-parameters, so that costs and energy-losses are cut down.

A calculation methodology was established for this kind of facility, and recommendations were given which permit a more efficient and less expensive exploitation, which in turn will increase the profitability of the working capacity of equipments and decrease energy losses.

### INTRODUCCION

Las arenas y piedras trituradas son productos que se obtienen de los ríos realizando su elaboración en las instalaciones procesadoras des-

tinadas a ello. La gran demanda de materiales conlleva a una constante explotación, así como a la proyección e instalación de nuevos equipos

Los principales elementos que definen el proceso tecnológico en la producción de arena y piedra, lo constituyen equipos de almacenamiento y recepción, clasificación y lavado, trituradores, transportadores etc. La instalación de nuevos equipos debe garantizar alta productividad y bajos costos.

La empresa "Industria de Materiales de Construcción de Moa", consta de varias instalaciones procesadoras de grava y arena, similares por su estructura y características tecnológicas.

Para realizar un análisis de las mismas, se tomó como ejemplo la instalación "739 - 40", figura 1. Esta instalación está compuesta por los siguientes equipos y elementos: tolva de alimentación (1), alimentador de estera (2), triturador de mandíbula (3), triturador de cono (14), cribas vibratorias (6), (11), sin fin lavador (8) y transportadores de banda 5, 7, 9, 10, 12, 13, 15 y 16. [ 1 ]

Con el objetivo de obtener los parámetros que permitan seleccionar una instalación industrial y su evaluación técnico-económica se llevaron a cabo una serie de estudios en la instalación "739 - 40", y se tomó la metodología de cálculo de los principales parámetros técnicos para asegurar elevadas productividades y costos mínimos.

En la empresa no existe una documentación técnica que refleje los principales parámetros de los equipos que conforman la instalación, ni tampoco existe una metodología de-

cretada para determinarlos. La proyección de nuevas instalaciones se realiza de forma tal que exista una correspondencia entre los equipos ya instalados y las que se pondrán en explotación.

El análisis lo realizamos de la siguiente forma: inicialmente efectuamos un cálculo comprobatorio sobre los diferentes equipos para determinar los parámetros de trabajo ( de cálculo). La primera etapa consistió en la búsqueda de datos mediante mediciones directas en la instalación, así como, la utilización de la literatura especializada.

Una de las mediciones de mayor envergadura, fue la obtención de la productividad real de la instalación. Esta se obtuvo, teniendo en cuenta que los patios de almacenaje así como que los diferentes equipos estén vacíos cada vez que se inicie una medición, evitando sobrecargas en los equipos durante el período de medición, que ésta dure como mínimo tres horas de trabajo ininterrumpido, observación constante del llenado de la tolva del material inicial; evitando que no se quede vacía o se sobrecargue. Por último, que no se produzcan extracciones de los patios de almacenaje. [ 4 ]

Las pilas obtenidas en cada fracción, tienen forma cónica, por tanto, es fácil determinar el volumen de cada una:

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} A \cdot H; \text{ m}^3$$

$$\text{donde } A = \Pi \cdot R^2$$

A - Área de la base del cono en  $\text{m}^2$ ; H -

H - Altura del cono en m

R - Radio de la base del cono en m

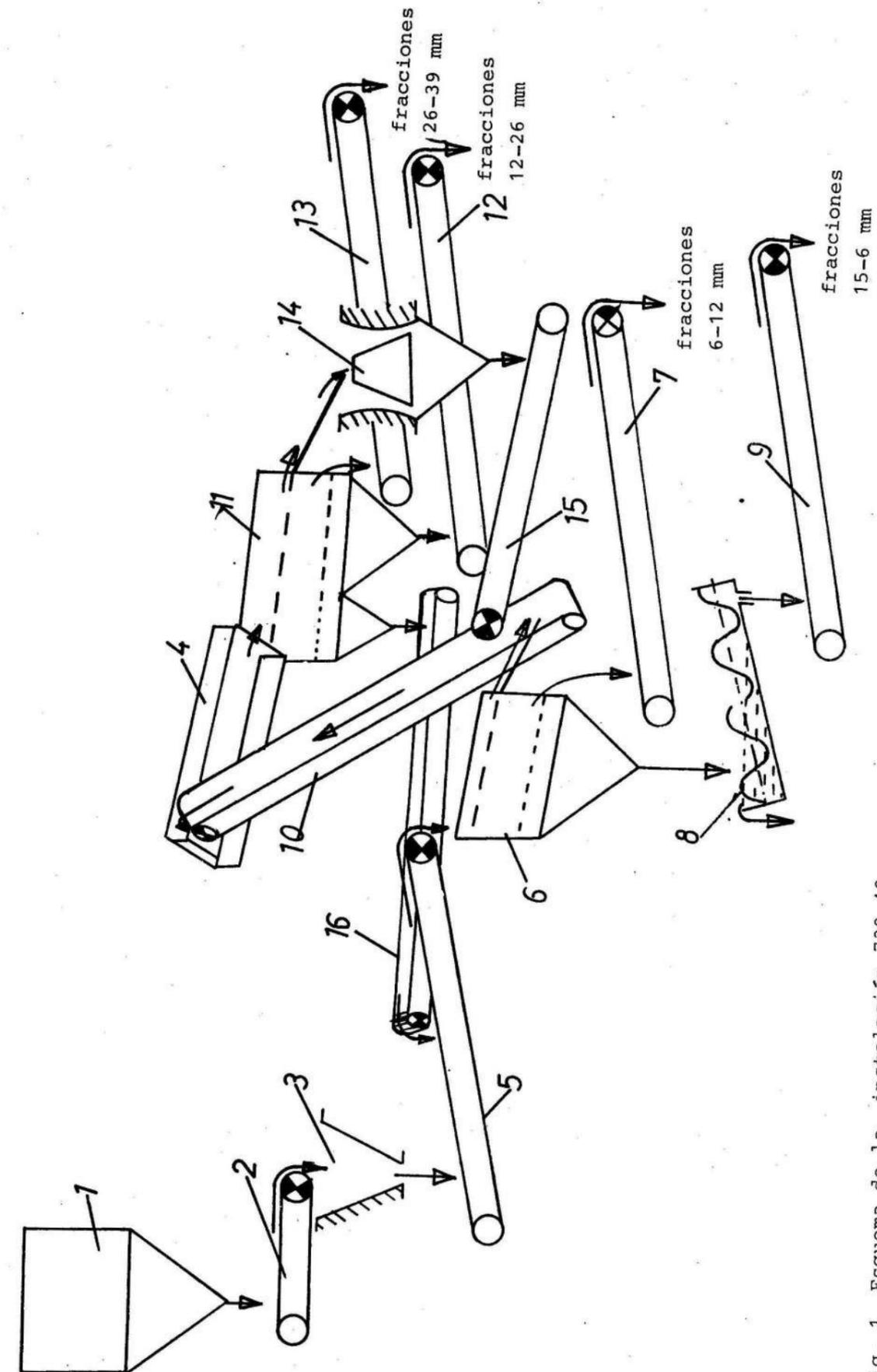


Fig. 1 Esquema de la instalación 739-40

Este se determinó, midiendo con una cinta métrica el perímetro (P) de la base del cono.

$$R = \frac{P}{2 \pi}$$

Si el volumen obtenido en cada fracción lo dividimos entre el tiempo que demoró en formarse cada pila hallamos la productividad de la instalación para cada fracción, y la suma de ellas nos da la productividad total.

Si observamos los resultados obtenidos durante las mediciones (tabla 1) y teniendo en cuenta la secuencia tecnológica de los equipos; se puede ver claramente, que la capacidad total que puede entregar la instalación, depende en su totalidad de la capacidad (productividad) del triturador primario de mandíbula 3. Por tanto, la selección de estos trituradores en la empresa se puede realizar, teniendo en cuenta la capacidad total requerida y las dimensiones de los pedazos de materiales iniciales.

$$B \geq 1,15 A_{\text{máx}}$$

donde

B - ancho de la apertura de carga del triturador en m

A<sub>máx</sub> - tamaño máximo de los materiales alimentados en m

De lo anterior se desprende que durante la proyección de nuevas instalaciones pueden existir dos opciones, es decir, se puede determinar la productividad a entregar por la instalación teniendo el triturador, o puede seleccionarse un triturador para garantizar una productividad dada.

Del cálculo comprobatorio realizado a cada equipo se puede observar claramente, que los trituradores y las cribas tienen sus parámetros en correspondencia con los de cálculo, principalmente, la productividad y la potencia de accionamiento. Sin embargo para los transportadores de banda no sucede así, por tal motivo realizamos el cálculo comprobatorio de los mismos por la siguiente metodología: el ancho de la banda del transportador se determinó por:

$$B = 1,1 \left( \frac{\sqrt{V}}{cv} + 0,05 \right); m$$

donde

V - en la productividad en m<sup>3</sup>/h

v - velocidad de movimiento de la banda en m/s

c - coeficiente que tiene en cuenta el ángulo de declive de la carga del transportador, y de los rodillos laterales C

El ancho de la banda se comprueba:

$$B \geq (2,7 - 3,2) A_{\text{máx}}$$

A<sub>máx</sub> - tamaño de los materiales

$$W_c = [(q_b + q_c \cos \beta + q_r] W$$

$$. L . g \pm (q_c + q_b) \text{ sen } \beta . g . L$$

$$W_v = (q_b \cos \beta + q_r') W$$

$$. L . g \pm$$

$$\pm q_b \text{ sen } \beta .$$

donde

$$g . L ; N .$$

W<sub>c</sub> y W<sub>v</sub> - son la resistencia al movimiento en la rama cargada y vacía respectivamente en N

TABLA 1 PRODUCTIVIDAD REAL DE LA INSTALACION

Tipo de Material.	Perímetro de la base del cono.	Radio de la base del cono.	Altura del cono.	Volumen del cono.	Productividad V
	m	m	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h
Arena (0,15 - 6 mm)	20,17	3,21	3,15	33,97	11,33
Granito (6 - 12 mm)	17,22	2,74	2,12	16,71	5,57
Grava (12 - 26 mm)	14,35	2,28	3,21	17,54	5,84
Hormigón (26 - 39 mm)	21,0	3,34	3,31	38,65	12,88

q<sub>b</sub> - masa lineal de la banda en Kg/m  
 q<sub>c</sub> - masa lineal de la carga en Kg/m  
 q<sub>r</sub> y q<sub>r'</sub> - masas lineales de los rodillos en la rama cargada y vacía respectivamente en Kg/m

L - longitud del transportador analizado m  
 W y W' - son los coeficientes generales de resistencia

β - ángulo de inclinación del transportador.

La tensión de la banda se determinó por el método de contorno por puntos.

$$S_n = S_{n-1} + W_{n-1}, n;$$

en N

donde

S<sub>n</sub> - tensión en el punto n

S<sub>n-1</sub> - tensión en el punto n-1

W<sub>n-1</sub>, n - es la resistencia al movimiento en tramo, desde n-1 hasta n.

La potencia de accionamiento se determina por:

$$P = \frac{K \cdot W_o \cdot V}{1000 \eta}; \text{ Kw}$$

donde

K - coeficiente que tiene en cuenta los tramos en que no se calculó la resistencia (coeficiente de reserva).  $K = 1,25$

- coeficiente de rendimiento =  $0,95$ .

$W_o$  - es el esfuerzo de tracción ; en N

$$W_o = S_{\text{máx}} - S_{\text{mín}} + (0,03 \div 0,05) \cdot (S_{\text{máx}} + S_{\text{mín}}); \text{ N}$$

En la tabla 2 se muestran los resultados del cálculo de la productividad para los transportadores instalados. Sobre la base de los resultados de la tabla 1 hicimos el cálculo de los transportadores con el propósito de obtener los parámetros más racionales económicamente, y técnicamente correctos. Los resultados de este cálculo se muestran en la tabla 2.

De la tabla 2 se desprende que el ancho de la banda (B), instalada actualmente es mayor que el ancho real necesario para transportar los materiales entre equipos, y que los motores instalados tienen una potencia mucho mayor que la real necesaria, todo esto hace que aumenten los gastos de explotación y los costos iniciales.

Los cálculos y la experiencia muestran que con transportadores de ban-

das de 400 mm se satisface ampliamente la capacidad de transportación de la instalación, tabla 3. Sin embargo, actualmente están instalados transportadores de 500 y 600 mm de ancho de banda, este tipo de banda le cuesta a la empresa  $14,25 \text{ \$/m}^2$ . En la fig. 2 se muestra la relación entre el costo de las bandas de 400, 500 y 600 mm, para una misma longitud. En la instalación analizada al sustituir bandas de 500 y 600 mm de ancho por bandas de 400 mm, la empresa ahorra un total de  $375,515 \text{ \$}$ .

El ahorro de energía y combustible constituye en los últimos años una de las principales tareas de nuestro estado. Sin embargo las exigencias de producción, en ocasiones, han permitido la explotación de equipos de mayor capacidad de trabajo que la necesaria (motores de potencia superior a la necesaria)

Por supuesto, esto influye negativamente tanto en el consumo de energía y combustible; que trae pérdidas económicas para la empresa, como en el aumento de los costos.

Hace unos años, todos los transportadores de esta instalación eran accionados por moto-tambores eléctricas de 4 y 2,2 Kw de potencia. Producto de una serie de averías peligrosas, que se iban produciendo en estos motores se procedió a la instalación de motores de mayor potencia (7,5 Kw) para garantizar el accionamiento de los transportadores, a través de una transmisión por cadenas, y así, asegurar la producción.

TABLA 2 PARAMETROS PRINCIPALES Y DE CALCULO COMPROBATORIO

Transportador instalado actualmente							Cálculo comprobatorio		
Transportador	Velocidad de la banda	Longitud	$q_b$	$q_r$	$q_r'$	$q_c$	Ancho de la banda	Productividad	Potencia de accionamiento
	m/s	m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kg/m	mm	m <sup>3</sup> /h	Kw
5	1,33	18,9	5,28	13,2	5,13	10,86	600	175,6	2,54
7	1,58	24,41	4,4	14,7	5,5	1,43	500	139,3	1,67
9	1,33	18,21	5,6	14,7	5,5	3,45	500	117,3	1,94
10	1,33	8,6	6,6	14,7	5,5	5,71	600	176	1,635
12	1,33	13,8	5,5	14,7	5,5	3,93	500	117,3	1,89
13	1,33	13,3	5,5	14,7	5,5	1,78	500	117,3	1,42
15	1,58	4,43	5,5	14,7	5,5	1,78	500	139,3	0,73
16	1,58	8,00	5,5	13,2	5,13	1,32	500	139,3	0,88

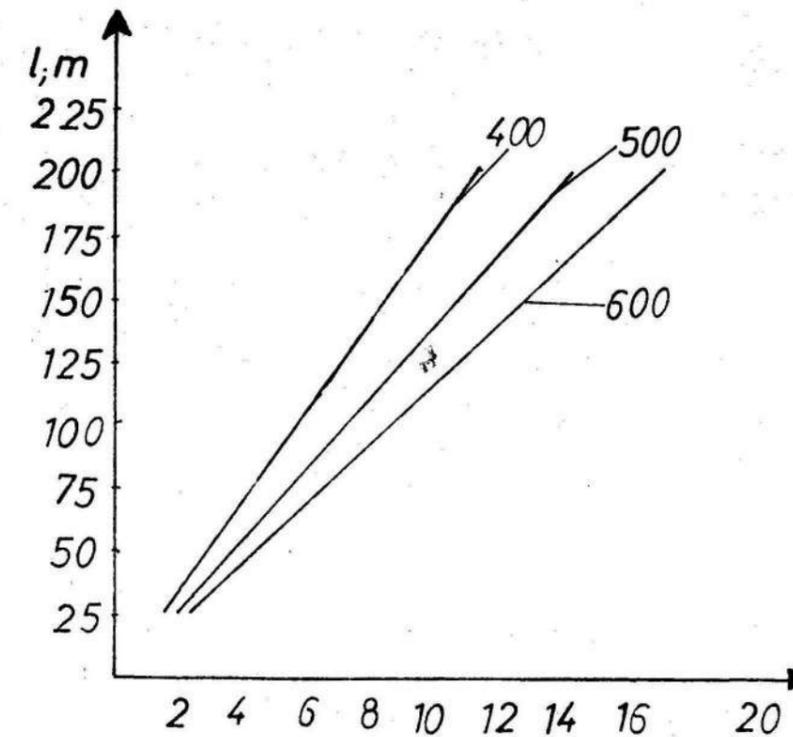


Fig. 2 Costos de las bandas de 400, 500, 600 mm para una misma longitud.

Entre las averías de mayor envergadura está la destrucción de los enrollados de las bobinas, debido a la pérdida del aislamiento de los alambres por diferentes causas (calentamiento, penetración de la humedad y materiales abrasivos). Como se puede notar, la potencia instalada de los motores para el accionamiento de cada transportador está subutilizada, y esto se traduce en derroche de energía, y por tanto de combustible, lo que trae consigo pérdidas económicas para la empresa así como, un uso irracional de los equipos.

Para mejorar el aprovechamiento de la energía, proponemos utilizar un motor de 4 Kw para el transportador 5 (el más cargado) y 2,2 Kw para el resto de los transportadores. Después de realizar un profundo análisis llegamos a la conclusión, que las causas principales que hacían que los motores se averiaran son:

Gran resistencia al movimiento de la banda por el no giro de los rodillos de apoyo, causado por la influencia de la humedad, suciedad y oxidación de los elementos principales. Acompañado todo esto por una limpieza y un mantenimiento poco sistemático.

La utilización de sistemas de protección incorrectos, es decir, que se instalaban protecciones de mayor capacidad que la requerida.

La penetración de la humedad y la suciedad en el interior de las moto-tamboras, facilitando así, la disminución del aisla-

miento de las bobinas, y por tanto, la aparición de averías en las mismas. Esto se produce debido a la eliminación del casco protector de goma que traen de fábrica las moto-tamboras. Este hecho inadmisiblemente, lo realizan los mecánicos para facilitar el mantenimiento.

La aplicación de cordones de soldadura en la superficie del tambor, para aumentar el agarre de la banda sobre el mismo. Las elevadas temperaturas producto de la soldadura destruyen el aislamiento de los alambres de las bobinas en el interior del tambor.

La eliminación de las causas anteriores tiene gran importancia ya que permite disminuir considerablemente las pérdidas de energía, así como utilizar los equipos racionalmente.

El uso de motores con carga incompleta empeora los índices económicos de la instalación, conduce a su encarecimiento y a grandes pérdidas de energía. En este caso, no sólo se eleva el costo inicial del accionamiento eléctrico, sino que aumentan también las pérdidas debido al descenso del rendimiento propio del motor y disminuye además el factor de potencia, cuya magnitud influye directamente en la carga improductiva de las redes de distribución [ 2, 3 ]

Por esta razón tiene gran importancia la exacta correspondencia entre la potencia de los motores eléctricos y la potencia consumida por los mecanismos accionados. Las tablas

reflejan los valores de las potencias instaladas actualmente ( $P_{n2}$ ), de la potencia real consumida ( $P_2$ ) de la potencia mejorada ( $P_{n1}$ ); todas ellas en kW, y además los valores del factor de potencia real ( $\cos \varphi_1$ ) y mejorado ( $\cos \varphi_2$ ). Para determinar los factores de potencia anteriores, nos apoyamos en la fig. 3. Acercando la potencia del motor a la carga real que demanda la instalación, se mejora, notablemente el factor de potencia y el rendimiento propio del motor.

Las pérdidas de energía se determinaron por la siguiente relación:

$$P = P_2 \left[ \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2} \right]; \text{ kW}$$

Estas pérdidas de energía constituirán el ahorro de energía por el mejoramiento del  $\cos \varphi$ .

Las pérdidas totales en los motores de accionamiento de los transportadores son de 8,116 kW =  $\Delta P_{\text{total}}$ .

Para un día las pérdidas de energía son:

$$\begin{aligned} \Delta E_d &= \Delta P_{\text{total}} \text{ td} = \\ &= 81,16 \text{ kW.h/día} \end{aligned}$$

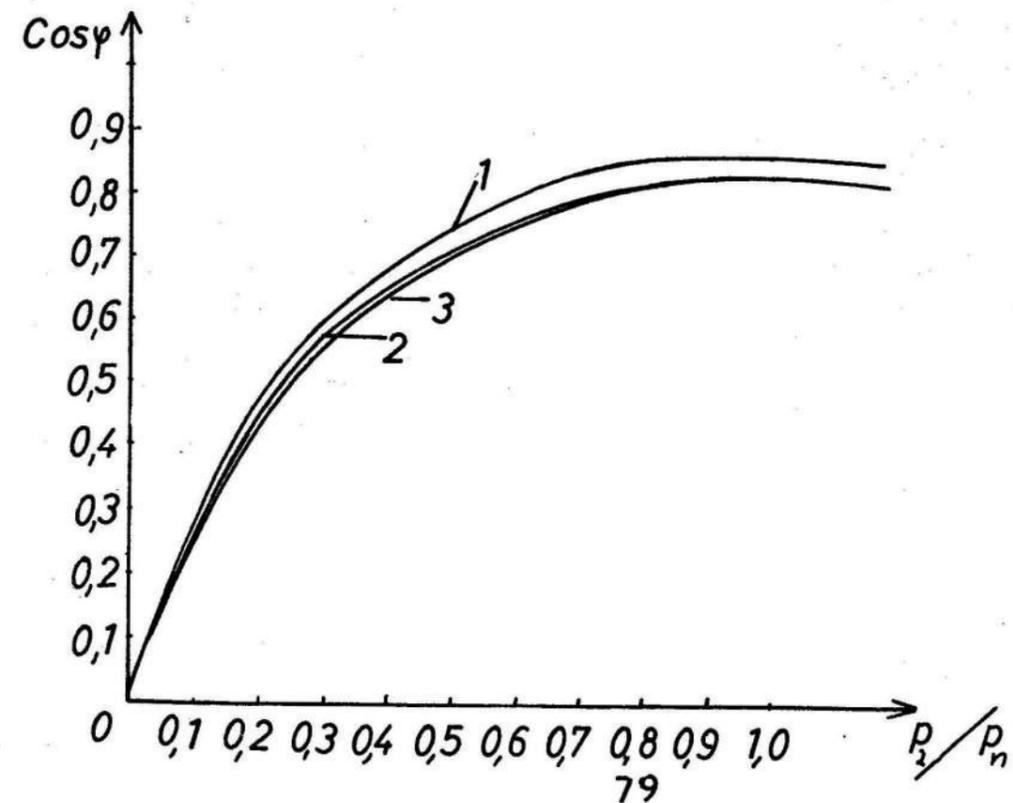
donde

td - número de horas de trabajo al día

$$\text{td} = 10 \text{ h}$$

Las pérdidas de energía anuales son

$$\Delta E_a = \Delta E_d \cdot t_m = 22\,724,8 \text{ kW.h/año}$$



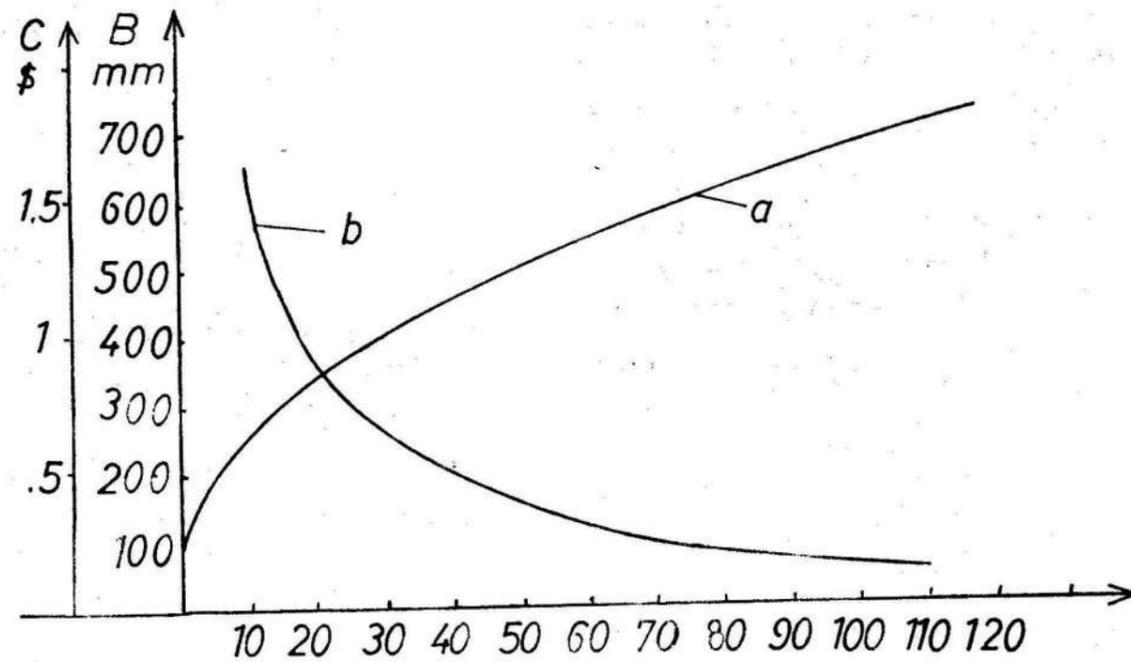


Fig. 4 a. Relación entre el ancho de banda y la productividad.  
b. Relación entre gastos de explotación y la productividad.

TABLA 3 CALCULO A PARTIR DE LA PRODUCTIVIDAD REAL

Transportador	Ancho de la banda	$q_b$	$q_r$	$q_r'$	Potencia
	mm	Kg/m	Kg/m	Kg/m	Kw
5	317,3	4,4	13,3	4	3,0 125
7	158,3	4,4	13,3	4	1,67
9	203,1	4,4	13,3	4	1,77
10	254,4	4,4	13,3	4	1,405
12	212,9	4,4	13,3	4	1,74
13	161,3	4,4	13,3	4	1,266
15	146,7	4,4	13,3	4	0,695
16	134,2	4,4	13,3	4	0,777

donde

$t_m$  - número de días de trabajo al año

$t_m$  - 280 días

Esto tiene un significado económico, al año para la empresa de:

$$C_a = \Delta E_a \cdot C_k ; \$/\text{año}$$

donde

$C_k$  - costo de 1 kW . h  $C_k = 0,045$  \$

$C_a$  - 1 022, 616 \$/año

Teniendo en cuenta la cantidad de instalaciones que posee la industria de materiales de construcción de Moa, todas con características similares; podemos observar, que realizando las recomendaciones que se derivan de este trabajo se puede racionalizar la explotación de los equipos, y en la empresa se ahorrarán más de \$ 10 000 al año.

En la fig. 4 se muestra la relación que existe entre la productividad con los gastos de explotación y el ancho de la banda respectivamente.

#### CONCLUSIONES

El incremento de las necesidades de materiales de construcción avala el estudio de los parámetros racionales de los equipos; que permite mejorar los índices técnico-económicos, disminuir las pérdidas de energía, unificar y racionalizar las piezas utilizadas, por último disminuir los costos y aumentar la productividad de la instalación.

La determinación de la productividad real de la instalación, los cálculos comprobatorios, la determinación de los parámetros a partir de las condiciones reales se

verifican la exactitud de la metodología empleada.

Del estudio realizado se deriva, que se debe exigir en el caso de utilizar moto-tamoras, que no se apliquen cordones de soldadura en el tambor, y que además, no se le quite el casco protector de goma.

El trabajo evidencia la necesidad de aplicar la metodología empleada durante la explotación y proyección de nuevas instalaciones.

Los resultados, muestran la necesidad de utilizar bandas de 400 mm

para los transportadores, motores con potencia en correspondencia con la necesaria para el equipo accionado y protecciones eléctricas adecuadas.

La aplicación de los sistemas de mantenimiento y reparaciones aumenta considerablemente la vida útil de los equipos y disminuye las pérdidas de energía. Se hace necesario hacer éstos más sistemáticos cuando los equipos trabajan en condiciones muy difíciles (humedad, suciedad, agentes químicos, etc).

#### REFERENCIAS

1. ANDREIEV S., E. y OTROS : Trituración, desmenuzamiento y cribado de minerales. Moscú, Editorial Mir, 1980
2. KOSTENKO, M. : Máquinas eléctricas. Tomo II, La Habana, Ed. Pueblo y Educación, 1968
3. MALIUK S. : Factor de potencia en la producción. Santiago de Cuba, Editorial Oriente, 1980
4. PORTORREAL S., V. : "Manual de operaciones de los molinos 739 40 de la empresa Industrias de Materiales de Moa" Trabajo de diploma, ISMM, 1983
5. SMRKOVSKY, E. : Equipos portuarios de transporte. La Habana, Ed. Pueblo y Educación, 1980

CDU : 534. 423

#### APLICACION DEL MICROANALISIS ESPECTRAL LASER AL ESTUDIO DE LOS PRECIPITADOS DE SULFURO DE Ni + Co

Lic. Allan Pierre C., Instituto Superior Minero Metalúrgico

#### RESUMEN

Se presenta un estudio de la variación de concentración en las impurezas fundamentales de las capas de los precipitados anormales de sulfuro de Ni + Co (balines), formados en la autoclave de precipitación de sulfuros de la planta niquelífera de Moa, con ayuda del microanalizador láser LMA-10. Además se muestran aspectos específicos del manejo del microanalizador en la evaporación y excitación de este tipo de materiales.

#### ABSTRACT

An study of the composition variability of the fundamentals impurities in layers of the abnormal Ni + Co sulphur precipitates, forming in the autoclave of the Moa niqueliferous plant, with help of an laser microanalyzer LMA-10 is suggest.