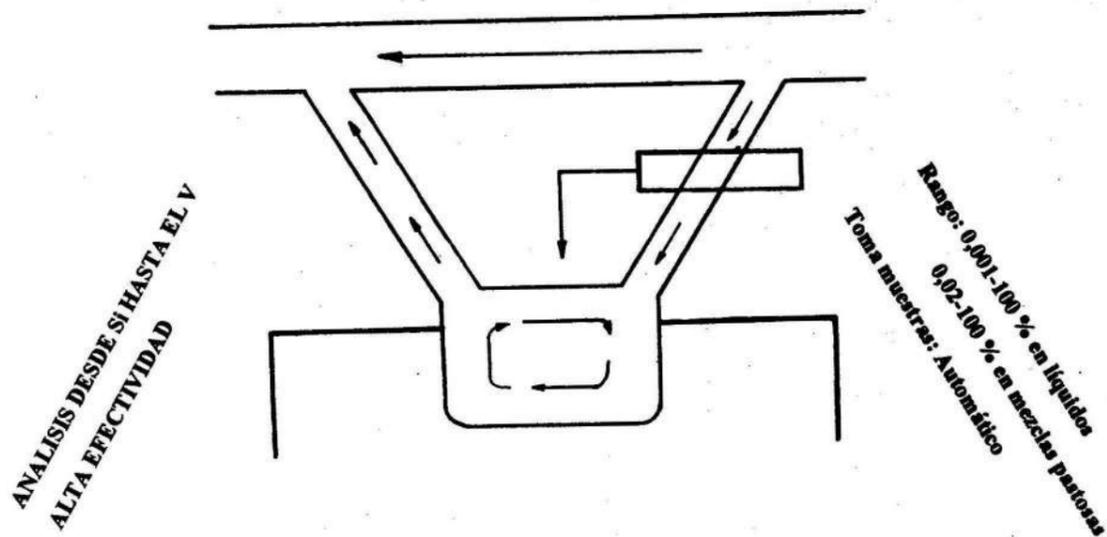


CONTROLADOR AUTOMÁTICO DE CONCENTRACION ON-LINE



SE OFRECEN SERVICIOS DE PROYECTOS
Y ASISTENCIA TÉCNICA



ISMM Moa Cuba

Teléf: 6 6678 Telex: 021397

COEFICIENTE CONSTRUCTIVO EN TRANSPORTADORES DE BANDA

Ing. Walter F. Quesada Fajardo

Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN: Se trata de dar el sentido correcto que presenta el coeficiente constructivo en transportadores de banda con el objetivo de lograr diseños verdaderamente acertados. La influencia del desconocimiento de los valores óptimos o más racionales de este coeficiente, impide la elección correcta del diseño de los transportadores según las condiciones de trabajo en que han de funcionar.

Se muestra cómo varía el coeficiente constructivo para diferentes diseños y cuál es el más ventajoso para los minerales lateríticos de la región de Moa.

ABSTRACT: The correct sense that presents the constructive coefficient is given to the band transportators with the objective of obtaining designs well-aimed really. It's possible to get the exploitation of one equipment to the top of its possibilities only if it is designed correctly. The influence of the unknown excellent values or more racionales of this coefficient prevents the selection of the transportators of the desing of them with correct form according to the working conditions that they have to perform.

The constructive coefficient variation is shown for different desings and which one is more advantageous for the lateritic minerals from Moa region.

La industria en la actualidad no podría satisfacer las necesidades de la creciente humanidad si no fuera por la mecanización y automatización de sus procesos tecnológicos. Esto se logra mediante la utilización de sistemas de transporte automatizados que enlazan diversos procesos productivos. Es por ello que estos sistemas deben ser seguros y capaces de garantizar la velocidad necesaria del flujo tecnológico, para evitar paradas frecuentes, así como la falta o el exceso de las cargas transportadas.

De lo anterior se desprende que el problema fundamental a resolver, para el transporte interno de la industria, es el aseguramiento del flujo tecnológico. Ahora bien, no todo aseguramiento por medio del sobre diseño es racional, por lo que queda claro que sólo se logrará el aseguramiento racional cuando se haya realizado una correcta proyección y elección del sistema de transportación, con lo cual se obtendría menor costo de producción y consumo energético, bajo un estricto control del cumplimiento de las normas de montaje, reparación y mantenimiento.

La efectividad de explotación de los equipos industriales es un factor de gran importancia para la producción en nuestras industrias. La mayor efectividad se logra teniendo los equipos diseñados según los parámetros técnicos correctos y con los indicadores económicos más racionales. Esto debe ser controlado desde la primera fase de proyección y diseño hasta la puesta en marcha, ajuste y explotación en las condiciones reales de trabajo. Esta es una de las tareas de mayor envergadura y vigilancia.

Entre los distintos medios de transporte empleados en nuestro país y a nivel mundial, están adquiriendo cada vez mayor aplicación los transportadores de banda. Este

auge obedece, entre otras causas, a su alta productividad con pequeños niveles energéticos.

Cuando se lleva a cabo la proyección de un transportador de banda, es obligatorio partir de condiciones iniciales. Basado en éstas se realiza el cálculo y elección de los elementos principales del transportador.

Durante el traslado de la carga, el transportador deberá desarrollar una potencia capaz de vencer la fuerza de resistencia propia del transportador y la generada por la carga que traslada.

La fuerza propia del transportador depende, en lo fundamental, del peso de sus elementos móviles. Este peso aumenta con sus dimensiones, las que están directamente relacionadas con el ancho de banda elegido. Por ello, podemos plantear que para transportar una misma cantidad de material en dos transportadores con ancho de banda diferentes, la potencia a desarrollar por el de mayor dimensión será mayor, ya que crea la necesidad de incrementar las dimensiones de todos sus elementos móviles con respecto al otro transportador, y con ello, su peso.

De lo anterior se deriva que la dimensión principal en el cálculo de proyección y diseño de los transportadores de banda es el ancho de su elemento portador. Por esta razón, su elección tiene el mayor peso y por tanto es necesario tener un método que garantice que la elección realizada sea la más racional y que al mismo tiempo asegure, de forma eficiente, la transportación de los volúmenes de material requeridos para mantener el flujo productivo.

Para la elección del ancho de la banda, el proyectista deberá tener, como condiciones iniciales indispensables, las características físico-mecánicas del material que se transportará y la necesidades productivas.

La productividad del transportador (Q) es una función del área transversal de transportación (F en m^2), de la velocidad de movimiento de la banda (V en m/s), del peso volumétrico del material (γ en kN/m^3) y de la inclinación del transportador en el sentido ascendente de la carga, es decir:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi \quad [kN/h] \quad (1)$$

$$F_1 = 0,25 \cdot b^2 \cdot \tan(\varphi_d) \quad [m^2] \quad (2)$$

$$F_2 = 0,25 \cdot b^2 [\cos^2(\alpha) \cdot \tan(\varphi_d) + 0,5 \cdot \sin(2\alpha)] \quad [m^2] \quad (3)$$

$$F_3 = 0,25 \cdot b^2 \left\{ \left[\cos(\alpha) + \frac{L}{B} [1 - \cos(\alpha)] \right] [\tan(\varphi_d) + \tan(\alpha) - \left[\frac{L}{B} \right] \tan(\alpha)] \right\} \quad (4)$$

donde:

b - ancho de la banda ocupado por el material

En las expresiones (2), (3) y (4) los subíndices F_1 y φ_d representan la cantidad de rodillos que posee el apoyo

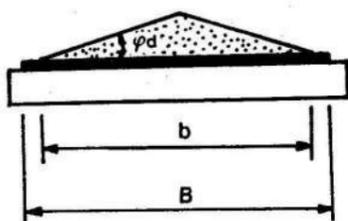


FIGURA 1.

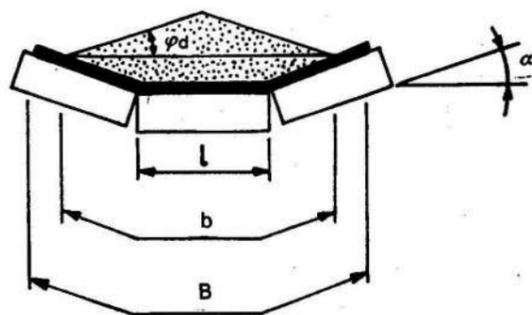


FIGURA 3.

Por norma, el ancho de la banda ocupado por material deberá ser menos 2,5 cm por cada lado, como margen de seguridad para evitar que el material se derrame debido a las irregularidades en la alimentación de la carga.

Expresando esto matemáticamente sería:

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \quad [m] \quad (5)$$

donde:

B - ancho de la banda

φ_d - ángulo de talud dinámico de la carga

El valor de φ_d oscila normalmente entre 0,5 y 0,7 veces el ángulo de reposo (talud) natural (φ), es decir:

$$\varphi_d = (0,5 \text{ a } 0,7) \quad [\text{grados}] \quad (6)$$

Las diferencias entre φ_d y φ se deben al reordenamiento de las partículas de carga originado por las oscila-

Al analizar diferentes disposiciones del órgano portador (banda) sobre los apoyos de rodillos (artesa), se puede notar que las áreas transversales son diferentes para un mismo ancho de banda. Las expresiones para la determinación de las áreas transversales para artesas de uno, dos y tres rodillos de apoyo son:

$$F_1 = 0,25 \cdot b^2 \cdot \tan(\varphi_d) \quad [m^2] \quad (2)$$

$$F_2 = 0,25 \cdot b^2 [\cos^2(\alpha) \cdot \tan(\varphi_d) + 0,5 \cdot \sin(2\alpha)] \quad [m^2] \quad (3)$$

$$F_3 = 0,25 \cdot b^2 \left\{ \left[\cos(\alpha) + \frac{L}{B} [1 - \cos(\alpha)] \right] [\tan(\varphi_d) + \tan(\alpha) - \left[\frac{L}{B} \right] \tan(\alpha)] \right\} \quad (4)$$

y cuya distribución en la artesa se muestra en las Figuras 1, 2 y 3.

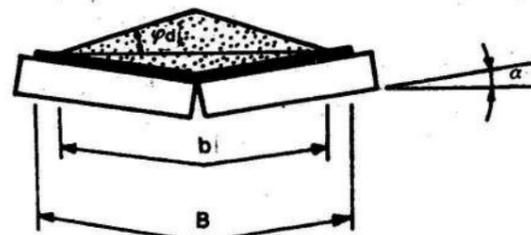


FIGURA 2.

ciones mecánicas (vibraciones), que se transmiten desde el accionamiento a la estructura soporte del transportador o debidas a otras causas como la acción del viento, el régimen de otras máquinas situadas en las proximidades, el movimiento de la carga sobre los apoyos de los rodillos, etc. Generalmente los menores valores se toman para regímenes vibratorios fuertes.

α - ángulo de inclinación de los rodillos laterales

L - Longitud del rodillo central

Incluyendo las expresiones (2), (3) y (4) el coeficiente de transformación 3600, se puede plantear, generalizando:

$$F = k \cdot b^2 \quad [cm^2] \quad (7)$$

donde:

$$k_1 = 900 \cdot \tan(\varphi_d) \quad (8)$$

$$k_2 = 900 [\cos^2(\alpha) \cdot \tan(\varphi_d) + 0,5 \cdot \sin(2\alpha)] \quad (9)$$

$$k_3 = 900 \left\{ \left[\cos(\alpha) + \frac{L}{B} [1 - \cos(\alpha)] \right]^2 [\tan(\varphi_d) + \tan(\alpha) - \left[\frac{L}{B} \right] \tan(\alpha)] \right\} \quad (10)$$

De todo lo anterior se concluye que el área transversal de transportación depende de factores condicionales y constructivos. Los factores condicionales son las características físico-mecánicas de los materiales que se han de transportar y los factores constructivos son las dimensiones y la forma de la artesa, así como el régimen vibratorio y de movimiento de la carga por toda la traza de transportación.

Los factores condicionales son impuestos a los proyectistas, sin embargo, éste es el que impone los factores constructivos mediante su elección.

Los métodos utilizados en la actualidad realmente son apreciativos ya que se fundamentan en la elección de algunos parámetros dados según la experiencia acumulada hasta el momento y no fundamentada científicamente, como por ejemplo la velocidad de transportación, el coeficiente constructivo (k) y el coeficiente de inclinación (Ψ).

Para conocer cómo influye el coeficiente constructivo (k) en la elección del ancho de banda emplearemos la expresión:

$$B = 1,1 \left[\frac{Q}{k \cdot V \cdot \gamma \cdot \Psi} + 0,05 \right] \quad [m] \quad (11)$$

Esta expresión se obtiene a partir de la ecuación (1). En ella se puede observar que con el aumento o disminución del coeficiente constructivo (k), el ancho de banda disminuye o aumenta respectivamente.

En la bibliografía especializada consultada, incluyendo catálogos industriales, solo aparecen los valores de este coeficiente con magnitudes entre 400 y 650, para ángulos de inclinación de los rodillos de apoyo prefijados en 20° y 30° y ángulos de talud de 15° , 20° , y 25° . Esto solo para artesas de uno y tres rodillos de apoyo, el resto no aparece.

De lo señalado anteriormente se observa, teniendo en cuenta las expresiones (8), (9) y (10), que escoger de esta forma un coeficiente de tal importancia, que puede determinar el ancho de banda, no es lo más racional; primero

porque no se tienen en consideración las características reales de los materiales, segundo porque no se aprovecha totalmente o más racionalmente las posibilidades de explotación y tercero, porque la transportación se hace en condiciones no efectivas.

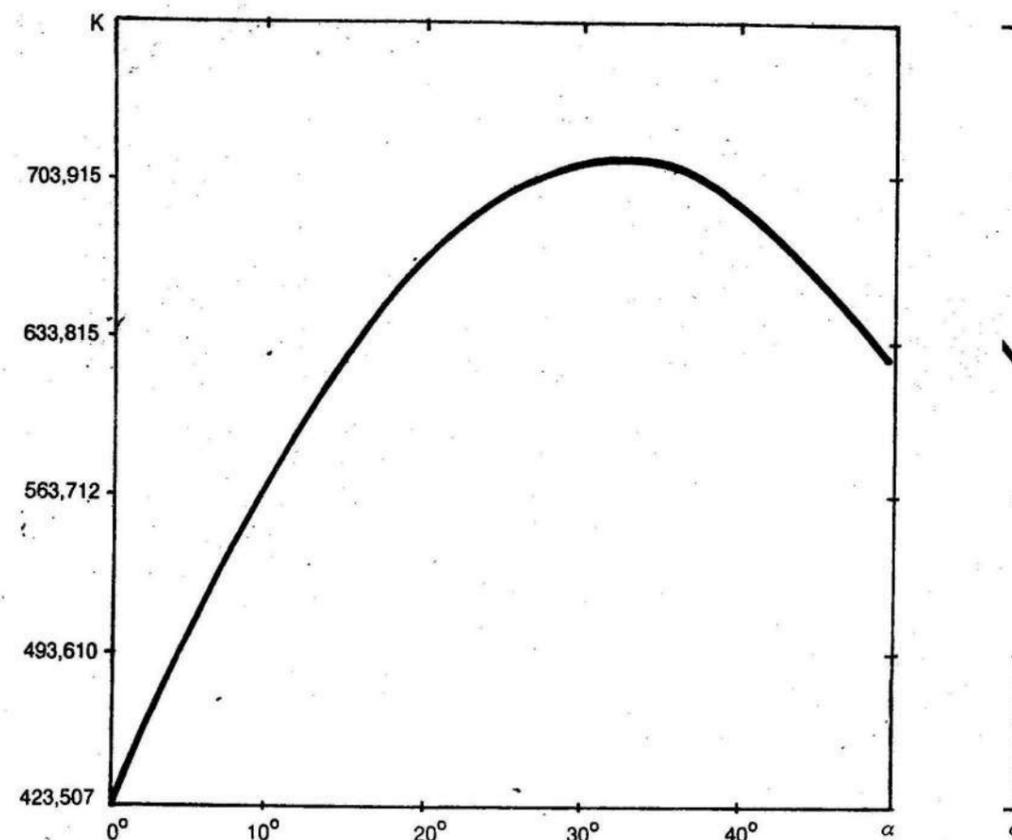
Según la expresión (8), el coeficiente k tiene un carácter puntual para cada tipo de material. Debemos al. Debido a que este punto es oscilante de acuerdo con el régimen con el que se mueva la carga sobre los apoyos de rodillos, la intensidad de las oscilaciones mecánicas transmitidas. No obstante lo anterior, normalmente se toma φ_d igual a $0,7\varphi$.

En la región niquelífera de Moa el mineral transportado es el mineral laterítico, cuyo ángulo de reposo natural varía entre 36° y 38° . Para φ igual a 36° tenemos que:

$$K_1 = 423,507$$

Según lo analizado es evidente que si no se tienen en cuenta otros parámetros se tendrá un ancho de banda único para cada tipo de material, de acuerdo con la expresión (11).

De la expresión (9), teniendo en consideración los valores referidos a la magnitud del ángulo de talud dinámico φ_d dinámico, se obtienen valores variables del coeficiente k_2 en donde k_2 depende del valor que tome el ángulo de inclinación o inclinación de los rodillos en la artesa, por lo que al graficar los mismos se obtiene una curva única para cada tipo de material. En el gráfico 1 se aprecia la curva obtenida para los minerales lateríticos de la región de Moa.



Aquí se observa que los valores de k_2 superan a los de k_1 , esto significa que las artesas con dos rodillos de apoyo tienen mayor capacidad de transportación. Además se aprecia que la curva posee un punto máximo de los valores del coeficiente k_2 , correspondiente a un ángulo de 32° de inclinación de los rodillos de apoyo. Este resultado es importante ya que indica cuál debe ser el ángulo óptimo de disposición de los rodillos en la artesa, que garantice la productividad necesaria y la máxima utilización de la capacidad de transportación. Además se pueden establecer, para los transportadores instalados, las nuevas reservas constructivas que poseen. Por ejemplo, para un transportador que tiene un ángulo de inclinación de 20° , haciendo modificaciones en su estructura hasta aumentar este ángulo hasta el valor de 32° , se incrementaría la productividad en un 6,7 % aproximadamente, es decir que para una productividad anual de 500 000 ton se pudiera llegar a tener 533 936,6 ton.

Expresándolo matemáticamente quedaría:

$$Q_{pos} = \frac{k_{m\acute{a}x}}{k} Q \cdot \Psi \quad (12)$$

donde:

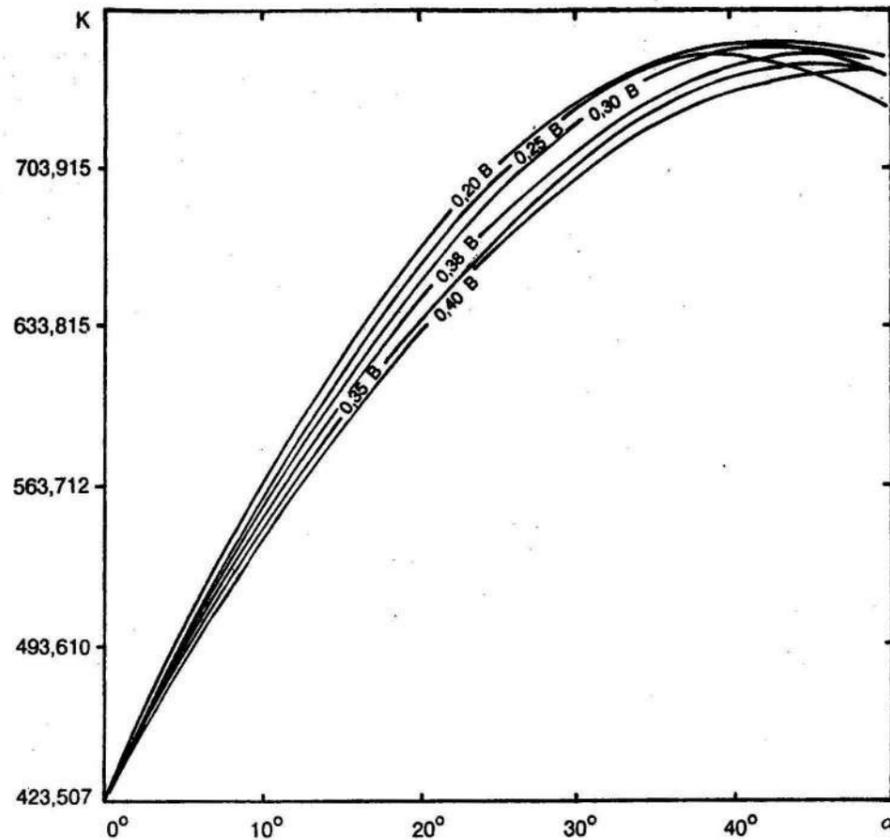
$k_{m\acute{a}x}$ - coeficiente máximo obtenido

k - coeficiente constructivo del transportador

Q - productividad que posee constructivamente el transportador

Los valores del coeficiente k y de la productividad Q , pueden ser referidos a los valores nominales.

A partir de la expresión (10) se obtiene una familia de curvas, (gráfico 2) cada una de las cuales refleja un valor de la longitud del rodillo central en función del ancho de la banda.

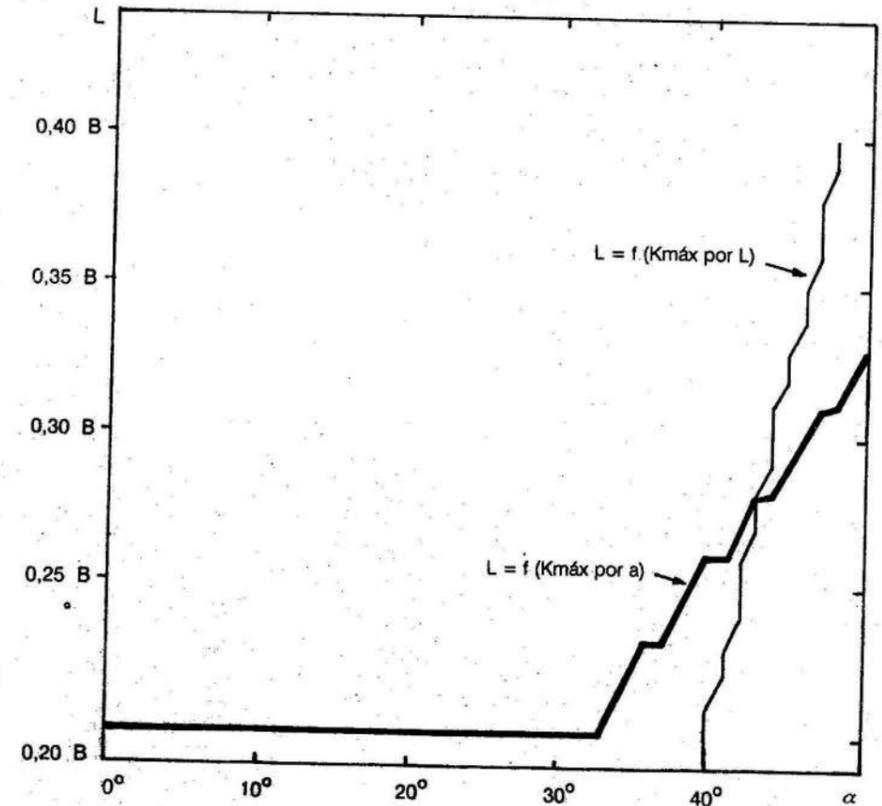
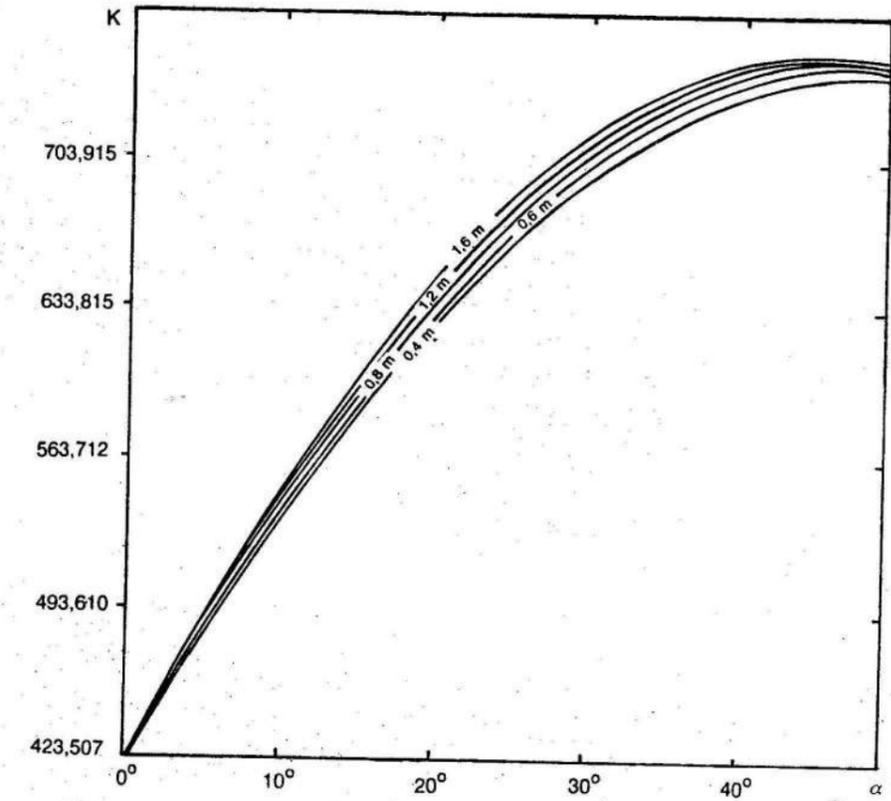


En el gráfico 3, se muestran algunas curvas características para una longitud del rodillo central igual a $0,38 B$ de los anchos de banda más empleados en la región minera de Moa.

Estableciendo una comparación entre los tres gráficos se puede observar que el de mayor capacidad de transportación siempre se logra con secciones transversales acanaladas, pero que entre ellas existe una zona diferenciada de utilización. Para ángulos de inclinación de 0° a 32° es preferible la utilización de artesas de tres rodillos debido a las posibilidades de

lograr un mayor empleo de la capacidad de transportación.

Para un determinado ancho de banda al construir un gráfico de longitud del rodillo central con respecto al ángulo de inclinación de los laterales de las artesas acanaladas de tres rodillos, teniendo como premisas que la longitud se tomará en función del coeficiente $k_{m\acute{a}x}$ según la longitud, y del ángulo de inclinación, se obtienen dos características que se intersectan para $\alpha = 43^\circ$ y $L = 0,28.B$ (gráfico 4). Este punto caracteriza el mejor diseño de la artesa para este tipo de mineral con un ancho de banda de 800 mm.



CONCLUSIONES

Una buena proyección de un transportador de banda depende fundamentalmente del análisis que se realice con respecto a las condiciones de trabajo y a las características físico-mecánicas de los materiales que se vayan a transportar. De ello dependerá, en gran medida, el diseño más racional que se ha de elegir o el óptimo que se vaya a diseñar.

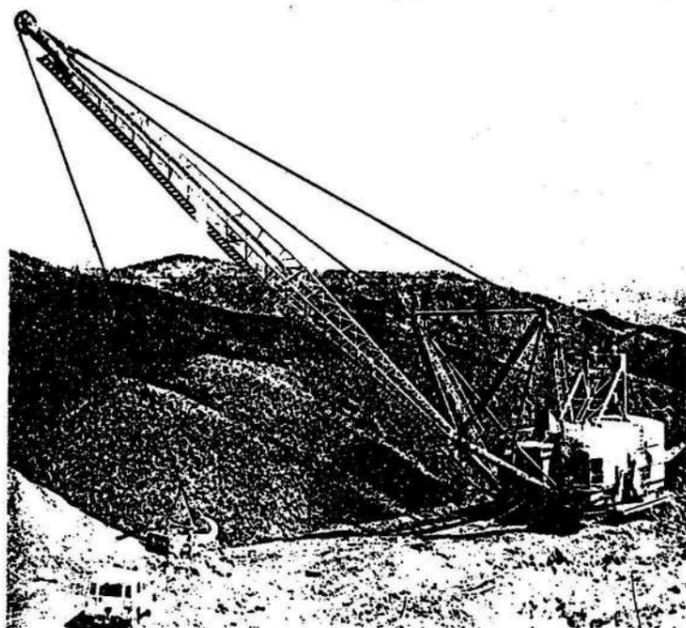
Normalmente los transportadores elegidos poseen los rodillos de apoyo en las zonas de transportación (zonas cargadas) de igual longitud, obedeciendo a las dificultades que acarrea tener distintas dimensiones y en ocasiones por

la flexibilidad transversal de las cintas (bandas), sobre todo en transportadores de gran capacidad, donde las bandas necesitan mayor resistencia y generalmente se confeccionan con cuerdas de acero. Siempre que sea posible, se debe tratar de que las artesas tengan el ángulo de inclinación adecuado.

Este trabajo muestra las posibilidades de lograr una mejor proyección y diseño de transportadores de banda no solo para la minería, sino también para cualquier otro fin de la industria en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bandas transportadoras Indy, Firestone Hispania S.A., España.
Bando Conveyor Belt, Bando Chemical Industries, Japan.
Conveyors and Process Equipment. Chain Belt Company, Catalog 445-R, USA.
CORREA BORGES, F.: Estudio de las condiciones actuales de trabajo del sistema de transportadores de banda en la empresa Ernesto Guevara, Trabajo de Diploma. Facultad de Electromecánica, ISMM, Moa, 1988.
LOPEZ RELYS, Z.: Estudio de las posibilidades de transportación en los transportadores de banda instalados, Trabajo de Diploma, Facultad de Electromecánica, ISMM, Moa, 1991.
Materials handling and processing equipment, Link-Belt Company, USA.
M & C Long-life idlers and sectional belt conveyors. Mayor & Coulson LTD, Great Britain, 1961.
ORIOI GUERRA, J.M. y F. AGUILAR PARES: Máquinas de Transporte Continuo. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Tomo I, 1988.
QUESADA CRUZ, C. e I. ARGÜELLES S.: Estudio de la explotación actual del transportador Yamanigüey (114-CO8). Trabajo de Diploma, Facultad de Electromecánica, ISMM, Moa, 1990.
SHAJMEISTER, L.G. y B.G. DIMITRIEV: Teoría y Rasshet Lentoshnij Conveierov, 3ra. Edición, Ed. Mashinostroenie, Moscú, 1987.
SPIVAKOVSKI, A.O. y B.K. DIASHKOV: Transportiruishie Mashini, Ed. Mashinostroenie, Moscú, 1983.
SPIVAKOVSKI, A.O. y B.G. DIMITRIEV: Teoría Leutoshnij Conveierov, Ed. Nauka, Moscú, 1982.
SPIVAKOVSKI, A.O., M.G. POTAPOV y G.B. PRICETSKI: Carierni Conveierni Transport, Ed. Nedra, Moscú, 1979.



PROYECTO CONJUNTO DE COLABORACION IBEROAMERICANO EN INFORMACION CIENTIFICA EN LA RAMA GEO-MINERA

Título: Información científico técnica al servicio de la actividad geo-minera

Coordinadores: Lic. Adys Dalmau Muguercia
Ing. Rosa Margarita Rodríguez Fernández
Centro de Información Científico-Técnica
Instituto Superior Minero Metalúrgico
Las Coloradas, Moa, Holguín, Cuba
Teléfonos: 6-6678 6-4476 6-4214
FAX: (537) 33 5302

El Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM), fundado el 1ro. de noviembre de 1976, tuvo su origen mucho antes en la Escuela de Minas y Geología, y se creó debido al desarrollo industrial de la provincia holguinera.

En sus años de trabajo en la docencia, investigación y desarrollo, ha contribuido a la formación de cientos de profesionales nacionales y extranjeros así como al incremento de nuevas tecnologías y equipos en el campo de la geología, minería, metalurgia, electromecánica y en particular, en la industria del níquel, protección del medio y aprovechamiento integral de los recursos minerales.

Al propio tiempo el ISMMM es el centro coordinador nacional de las universidades del país en las actividades relacionadas con la creciente industria cubana del níquel.

Moa es una ciudad ubicada en el nordeste de la provincia de Holguín, siendo la zona más rica de níquel en el país y también posee cobalto, hierro y cromo, donde se desarrolla una intensa labor geólogo-minera y metalúrgica, lo que le facilita al ISMMM su constante interacción con la actividad productiva y al mismo tiempo se responsabiliza con la formación de especialistas en esta rama.

El Centro de Información Científico Técnico (CICT) del ISMMM se encarga de custodiar, tratar y diseminar la información geominera y metalúrgica a los estudiantes (Pre y Posgrado), profesores y demás usuarios del territorio y a las ramas que demanden de estos servicios. Esta información se encuentra bien en soporte físico (fondo documental), o bien en soporte magnético (Base de Datos).

La Biblioteca del ISMMM es la encargada de la catalogación, clasificación y custodia de todos los fondos do-

documentales, entre ellos, los documentos publicados y no publicados, fundamentalmente los informes y tesis del ISMMM. La utilización del CICT se ha incrementado sustancialmente en los últimos años. El Sistema de Adquisición se basa en sus relaciones con más de 132 instituciones en 36 países a través del intercambio de documentos.

El desarrollo de las especialidades geomineras demanda de una rápida respuesta por parte del dispositivo de información científica en correspondencia con las exigencias de las investigaciones, la docencia y la producción de forma que el especialista reciba en cada momento la información precisa. Este empeño sólo se puede lograr a través de la estrecha colaboración de organismos e instituciones internacionales en esta rama.

El CICT del ISMMM posee una rica experiencia al servicio de la actividad geólogo-minera en el país con posibilidades de intercambiar servicios en las diferentes actividades que conforman el sistema de información.

En la actualidad es necesario trabajar en el fomento y desarrollo de una Base de Datos referida a documentos publicados que traten sobre las Ciencias de la Tierra, la explotación de los recursos (minerales, energéticos, hidráulicos, etc.), que incluya a todos los países iberoamericanos. El Instituto Geo-Minero de España ha elaborado una Base de Datos que se puede incluir en nuestro proyecto.

La actividad del CICT en la actualidad requiere de un sistema de información y comunicación que permita la fluidez y agilidad en las bases de datos de las redes de ICT (microordenadores o estaciones de trabajo) que constituyan verdaderos núcleos del sistema.