



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO DE MOA

“Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”

FACULTAD DE METALÚRGIA-ELECTROMECAÁNICA

TRABAJO DE DIPLOMA

EN OPCION AL TITULO DE INGENIERO MECANICO

Tema: Sustitución del transportador vibrátil por un transportador de banda de la empresa “Comandante René Ramos Latour”.

Autor: Roxne Gámez Peña

Tutor: Dr. C. Roberto Johan Sierra Pérez

Moa, 2013



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD METALURGIA ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero Mecánico

Título: Sustitución del transportador vibrátil por un transportador de banda de la empresa “Comandante René Ramos Latour”.

Autor: Roxne Gámez Peña

Tutores: Dr. C. Roberto Johan Sierra Pérez
Ing. Orlando Castro Fabré

Moa, 2013

“Año 55 de la Revolución”

Declaración de Autor

Roxne Gámez Peña autor de este trabajo y el tutor Dr.C Roberto Johan Sierra Pérez y Ing. Orlando Castro Fabré declaramos la propiedad intelectual del mismo al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico Moa y la empresa del Níquel Comandante René Ramos Latour de Nicaro para que dispongan de su uso cuando estimen conveniente.

Roxne Gámez Peña

D r. C. Roberto Johan Sierra Pérez

PENSAMIENTO

Elevar nuestra eficiencia económica, extraer el máximo de nuestros recursos a través de sus diferentes mecanismos, es y debe ser siempre el objetivo principal del sistema de dirección y planificación de la economía; mecanismo que no contribuya a esto, mecanismo que hay que eliminar o modificar.

FIDEL CASTRO RUZ

AGRADECIMIENTOS

El autor de este trabajo de diploma le quiere agradecer a todos aquellos que a través de sus conocimientos sobre el tema escogido y las preguntas a desarrollar han hecho posible la realización de dicho trabajo. Haremos mención de algunas personas corriendo el riesgo de que se nos quede alguien.

Agradecerles a nuestros profesores, a nuestros familiares por darnos el apoyo esencial que necesitábamos para seguir adelante en los estudios y en la vida futura, a nuestros compañeros de práctica que compartimos conocimientos.

A todos muchas “GRACIAS”

DEDICATORIA

El autor de este trabajo de diploma le quiere dedicar, a todas aquellas personas que de una forma u otra fueron partícipe de la realización del mismo.

Mi esposa Kenia Díaz Torres, que con su espíritu progresista, me inculcó a una superación continua y satisfactoria.

A mis padres que con su principios revolucionarios y de desarrollo, me guiaron por el camino correcto por la formación de un profesional en nuestro país.

A los tutores que de una forma, por en el buen desarrollo de mi tesis de grado y su ayuda incondicional.

Al colectivo de capacitación y el claustro de profesores de mi empresa, que desarrollaron un método de estudio para mi formación profesional.

Resumen

Este trabajo consiste en la sustitución del sistema de transportación del óxido de níquel, desde el horno de calcinación hasta la máquina de sínter.

Luego de un análisis más detallado del asunto que nos ocupa, sacamos como conclusión

que con la sustitución del transportador vibrátil por uno de banda, se han logrado las ventajas siguientes:

1. Eliminación de pérdida de mineral en forma de polvo de óxido de níquel.
2. Menos vibraciones, ruido y contaminación por el polvo, por tanto trae una mejoría notable al medio ambiente.
3. Mantenimiento más rápido y sencillo del equipamiento.
4. Limpieza más efectiva del área.
5. Instalación más sencilla.

Abstract

In this Project, we have substituted a vibratory conveyor system by another one, in this case, a conveyor belt, in order to transport the nickel oxide from the calcining furnace to the sintering machine system, to get sinter of nickel.

Checking up more carefully about this theme, we conclude that it is possible to substitute a vibratory conveyor by a conveyor belt.

Let's see the following advantages:

- ✦ Elimination of the loss of nickel oxide powder.
- ✦ Less vibrations and noise
- ✦ Less contamination to the environment.
- ✦ Easy and single maintenance labour.

NDICE

Introducción.	1
Capitulo I. Marco teórico de la investigación.	4
1.1 Introducción.	4
1.2 Estado del arte sobre los transportadores de bandas.	4
1.3 Aspectos generales del proceso de transportadores.	5
1.4 Estado actual del proceso de transportación en la planta de recuperación y sínter de la empresa Comandante René Ramos Latour.	9
1.5 Peculiaridades actuales del transportador VIBRÁTIL.	9
1.6 Conclusiones del capitulo.	14
Capitulo II Materiales y Método.	15
2.1 Introducción.	15
2.2 Selección del tipo de transporte.	15
2.3 Metodología de cálculo de los transportadores de bandas.	15
2.3.1 Orden de cálculo. Datos necesarios.	18
2.3.2 Ancho de la banda. Selección de la banda.	18
2.3.3 Construcción de la traza y perfil del transportador.	19
2.3.4 Resistencia al movimiento y tensiones de la banda.	20
2.3.5 Accionamiento del transportador.	21
2.4 Selección del tipo de motor.	25
2.5 Establecimiento del sistema de mantenimiento del transportador.	26
2.6 Propiedades Físicas-Mecánicas del material transportado.	28
2.7 Conclusiones del Capitulo.	30
Capitulo III. Análisis de los resultados.	31
3.1 Introducción.	31
3.2 Resultados de los parámetros tecnológicos delo transportador.	31
3.3 Resultados de los parámetros tecnológicos técnicamente correctos.	37
3.4 Análisis Económicos.	38
3.5 Consideraciones ambientales y de riesgo.	41
3.6 Conclusiones del Capitulo.	42
CONCLUSIONES.	43
RECOMENDACIONES.	44
BIBLIOGRAFIA.	45
ANEXO.	46

Introducción

Fundamento de la investigación

En la empresa Comandante René Ramos Latour (ECRRL), la reducción del consumo de portadores energéticos y la optimización de sus procesos inciden considerablemente en la eficiencia de los diferentes equipos e instalaciones que la componen. En la actualidad no se ha logrado mantener de forma eficiente el proceso de transportación de óxido de níquel en la planta de recuperación y sínter. Los transportadores vibrátiles se construyen generalmente con un 60 % de acero y se recomienda su montaje en una base de hormigón reforzada con una armadura de vigas de acero atornilladas. Los transportadores de bandas están equipados de una base metálica que se apoyan en una bancada para facilitarle el desplazamiento al conjunto de rodillos verticales y horizontales en la transportación del óxido de níquel. El resto de los materiales son resistentes al desgaste y polímeros con diferentes características y un pequeño porcentaje de acero inoxidable.

Este equipo lo componen cuatro partes principales:

- Tambora motriz.
- Tambora de cola.
- Artesa o Bancada.
- Sistema de transmisión con el conjunto automatizado.

A partir de los aspectos antes mencionados se declara como:

Situación Problemática

La planta de sínter de la ECRRL está presentando grandes retrasos en la transportación de óxido de níquel por las constantes averías que vienen sucediendo en los transportadores vibrátiles, por deterioro y deformación de los fuelles, motor, transmisiones y muelles, debido a los años de explotación de los mismos, además por los diferentes cambios realizados por déficit de piezas, conjuntos y accesorios con materiales e insumo que en ocasiones no contienen los parámetros tecnológicos y propiedades físico-mecánicas requeridas.

Problema

No hay correspondencia entre los parámetros tecnológicos de diseño del transportador vibratorio de la planta de sínter de la empresa Comandante René Ramos Latour con los parámetros requeridos por el proceso tecnológico de la

misma, reflejado en las insuficiencias presentes durante la explotación del transportador actual.

Objeto de investigación

Transportador de óxido de níquel en la planta de recuperación y sínter de la ECRRL.

Campo de acción

Sustitución del transportador vibrátil por transportador de banda en la planta de recuperación y sínter de la ECRRL.

Hipótesis

La determinación de los parámetros tecnológicos de diseño de un transportador de banda considerando la factibilidad de su explotación; así como; la accesibilidad de sus partes e insumo y la experiencia acumulada del uso de este tipo de transporte, en las condiciones de la planta de recuperación y sínter de la ECRRL, permitirá el funcionamiento óptimo del flujo tecnológico de la misma.

Objetivo del trabajo

Determinar los parámetros tecnológicos de diseño de un transportador de banda considerando la factibilidad de su explotación en las condiciones trabajo de la planta de recuperación y sínter de la ECRRL, para la obtención del funcionamiento óptimo del flujo tecnológico de la misma.

Tareas del trabajo

1. Establecimiento del marco teórico relacionado con los transportadores de óxido de níquel que sustenta la investigación a través del análisis de los trabajos precedentes y los principales fundamentos teóricos asociados al objeto de estudio.
2. Desarrollo un análisis de comparación en cuanto a mantenibilidad de estos equipos.
3. Identificar de las condiciones de explotación de la planta de recuperación y sínter de la ECRRL.
4. Determinar los parámetros tecnológicos de diseño de un transportador de banda para el acarreo del óxido de níquel de la planta de recuperación y sínter de la ECRRL.
5. Realizar la valoración económica de la propuesta efectuada.

Los métodos de investigación empleados en el trabajo son los siguientes:

- Método histórico-lógico para la sistematización del conjunto de conocimientos y teorías relacionadas con el proceso objeto de estudio.

- Método inductivo-deductivo para el establecimiento de las teorías y el estado actual de la temática tratada.
- Método de investigación experimental para describir y caracterizar el proceso estudiado y sus principales regularidades.
- Técnicas computacionales para el procesamiento de los datos experimentales y la obtención del comportamiento del objeto de estudio.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1. Introducción

El marco teórico conceptual permite el estudio de las teorías y las investigaciones precedentes que pueden contribuir en el análisis y la solución del problema a investigar. En el presente capítulo se abordan los elementos teóricos fundamentales del proceso de transportación y las particularidades relacionadas con el incremento de la producción a la que están sometidos durante el proceso de operación.

El objetivo específico es establecer los fundamentos teóricos necesarios para la evaluación del proceso de transportación, a partir de la sistematización de los conocimientos científico-técnicos establecidos en los trabajos precedentes.

1.2 Estado del arte sobre los transportadores de bandas

Actualmente existen una gran cantidad de fabricantes de transportadores en el mundo, muchos de ellos afiliados a CEMA (Conveyrs Equipment Manufacturing Association o Asociación de fabricantes de transportadores, por su nombre en inglés), organismo que busca estandarizar el diseño, manufactura y aplicación de los transportadores.

El sistema más largo de transportadores de banda en el mundo se encuentra en el Sáhara Occidental. Tiene 100 kilómetros de longitud, de las minas de fosfato en Bu Craa hasta la costa sur de El-Aaiun. El transportador más largo va de Meghalaya en la India hasta Sylhet en Bangladesh. Tiene 17 millas de longitud y transporta esquisto y caliza. El transportador de banda fue fabricado aproximadamente en 300 m de longitud y unido a un transportador existente. El trabajo fue realizado por NILOS India Pvt. Ltd en Chennai, India.

Los transportadores de banda primitivos fueron fabricados desde el siglo XIX. En 1901, Sandvik comenzó la producción de transportadores de banda de acero. En 1913 Henry_Ford introdujo líneas de producción basadas en transportadores de banda en la fábrica de Ford Motor Company de Dearborne, Michigan. Durante la Segunda Guerra Mundial, los componentes naturales de los transportadores se volvieron muy escasos, permitiendo que la industria de goma se volcara en crear materiales sintéticos que reemplazaran a los naturales. Desde entonces se han desarrollado muchos materiales para aplicaciones muy concretas dentro de la industria, como las bandas con aditivos antimicrobianos para la industria de la alimentación o las bandas con características resistentes para altas temperaturas.

1.3. Aspectos generales del proceso de transportadores.

Una cinta transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores, la banda es arrastrada por fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor, el otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento y su función es servir de retorno a la banda es soportada por rodillos entre los dos tambores debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario, en esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad.

Las cintas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, aunque también se pueden usar para transportar personas en recintos cerrados por ejemplo, en grandes hospitales y ciudades sanitarias a menudo para cargar o descargar buques cargueros o camiones, para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas elevadoras, existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas palés, la banda consiste en una o más capas de material, muchas bandas para manejo de materiales tienen dos capas, una capa inferior de material para proveer fuerza lineal y forma llamada “carcasa” y una capa superior llamada “cubierta”, la carcasa es generalmente de algodón o plástico o de malla, la cubierta está integrada por distintos compuestos de plástico o hule, especificados por el uso de la banda, las cubiertas pueden ser fabricadas de materiales menos comunes para aplicaciones especiales tales como el uso de silicón en caliente o goma de caucho donde la tracción es esencial.

El material que fluye sobre la banda puede ser pesado durante su tránsito, utilizando pesadores de banda, algunas bandas tienen empujadores a distancias regulares cuando se requiere transportar materiales sueltos a través de recorridos inclinados, los transportadores de banda son utilizados para la descarga de

transportes de carga, la tecnología es empleada en el transporte como en el caso de escaleras o andenes de pasajeros. Son comúnmente utilizados para transportar objetos que tienen una superficie de fondo irregular, pequeños objetos que puedan caerse de entre rodillos o bolsas con producto que pueda atorarse entre los rodillos, son contruidos generalmente de la misma forma: con un marco metálico y con rodillos en los extremos de cada transportador sobre una cama metálica, en aplicaciones donde el producto es demasiado pesado, la cama metálica es sustituida por rodillos, los rodillos permiten que los objetos sean transportados reduciendo la fricción generada sobre la banda, pueden ser fabricados con secciones curvas, estos sistemas de transporte son comúnmente utilizados en oficinas postales o en los aeropuertos para manejo del equipaje de pasajeros.

Factores técnicos que influyen en la selección de una máquina de transporte

Los principales factores de carácter técnico que intervienen en la selección de las máquinas transportadoras y con los cuales es posible llegar a la mejor opción de mecanización de un proceso de transportación dado, son los siguientes:

1. Propiedades relacionadas con la transportación de la carga. Las propiedades físico mecánicas de los materiales resulta determinante, en general, para seleccionar el tipo de máquinas de transporte a emplear, ya que el comportamiento de las máquinas puede resultar totalmente diferente para uno u otro tipo de material. Para un estudio profundo de este factor, es necesario conocer: las recomendaciones acerca del estado en que debe conservarse la carga (por ejemplo: algunas máquinas provocan, por el principio de su funcionamiento, el rompimiento o triturado del material, el mezclado, secado, disolución, que procesa); la seguridad de trabajo de la máquina (las cargas o materiales con determinadas propiedades humedad, composición química, mineralógica, no garantía de trabajo en óptimas condiciones ambientales (hermeticidad para el proceso de material pulverizado o gaseoso)).
2. Productividad de la máquina. Para obtener una alta productividad de la instalación se requiere el traslado de la carga en un flujo continuo, a una alta velocidad, de manera que con el aumento de dicha velocidad, se cumpla los requisitos del proceso tecnológico y las exigencias de explotación de la máquina y, por tanto, este resulte mucho más compacto. Por ejemplo, un triturador de mandíbula tiene un grado de reducción mucho mayor que un triturador de rodillos, un transportador de banda alcanza una velocidad 5 o 6 veces superior a la de un

transportador de rastrillo y 10 veces a la de un transportador de tornillo sin fin, y resulta mucho más productivo que estos últimos.

3. Dirección, longitud y forma del movimiento que realiza la carga. Este es uno de los factores principales para la selección del tipo de máquina. Algunas máquinas de transporte, debido al principio de su funcionamiento, permiten el cambio de dirección del movimiento, retención, el mezclado de los materiales, tanto en un mismo plano como en el espacio tridimensional. Varias máquinas admiten un gran volumen para procesar con un mismo equipo, mientras que otras sólo pueden garantizar pequeños volúmenes y requieren de otros equipos para completar el que se exige en el diseño. Por esta razón, la solución óptima será aquella que de respuesta a la manipulación del material, sin que existan puntos de trasbordo de una máquina a otra o que estos sean mínimos.

4. Métodos para depositar la carga en los diferentes puntos de las máquinas de transporte. Los métodos para la entrega de la carga, así como la descarga en un punto específico, influyen en la selección de uno u otro tipo de máquina. Algunos equipos tienen la propiedad de ser autodescargables, mientras que otros requieren de equipos auxiliares o del trabajo manual para lograrlo. Algunos equipos requieren de equipos auxiliares para la descarga y otros no. Por ejemplo, un sedimentador, la descarga del reboso se realiza por decantación, mientras que el sedimento se necesita de un rastrillo. Es recomendable pues el ejemplo de aquellas instalaciones que no impliquen trabajo normal complementario ni tampoco requieran instalaciones auxiliares no automatizables para las cargas y descargas de materiales.

5. se procesan por muchas máquinas); y la

6. Características del proceso tecnológico y su relación con el producto que se elabora. Para mecanizar en una línea tecnológica y al mismo tiempo garantizar las operaciones, se requiere una buena selección de la máquina que se va a emplear. Una vez seleccionado el equipo, este debe responder a las necesidades, conjuntamente con el cumplimiento de las operaciones tecnológicas, como pueden ser: secado, lavado, pintado, tratamiento térmico, flotación, separación, trituración, agitación, mezclado, calcinación, sinterización, lixiviación, aquí se consideran los parámetros tecnológicos fundamentales (presión, temperatura, concentración, composición química).

7. Condiciones específicas del medio. Este factor está relacionado, básicamente, con el lugar de ubicación de la instalación bajo techo o a cielo abierto. Las condiciones climáticas inciden en la forma de mantenimiento de los equipos y en la ubicación que se dará a estos, pues determinados materiales no pueden humedecerse o exponerse al viento. Además, algunas máquinas de transporte, como los vibrátiles, trituradores, cribas vibratorias, requieren ser instalados en la planta baja de las edificaciones, pues precisan de cimientos especiales debido a las vibraciones que generan.

Los factores técnicos mencionados anteriormente, permiten evaluar las diferentes máquinas de transporte desde un punto de vista cualitativo. Al final del análisis es posible que varios equipos satisfagan las condiciones impuestas al diseñador.

La selección del equipo óptimo entre los escogidos, debe hacerse sobre una base cuantitativa, desarrollando los cálculos de las siguientes variantes y comparándolos según un conjunto de índices, como por ejemplo:

- a) el esfuerzo que hay que aplicar al sistema impulsor para mover 1t de carga
- b) la energía que gasta el equipo para desplazar 1t de carga a una distancia de 1m.
- c) la relación entre el peso lineal de las partes móviles del transportador y el peso lineal de las cargas.
- d) el costo del desplazamiento de 1t de carga una distancia de 1 m.

El último índice decide, en muchos casos, la selección óptima, ya que tiene en cuenta el factor económico.

Los aspectos que se deben tener en cuenta en el cálculo económico son: costo del equipo; costo del montaje; incluyendo los trabajos de construcción del basamento; gastos de explotación; costo de la energía; y depreciación del equipo.

Sólo la unidad de los análisis cualitativo y cuantitativo de una tarea de proyecto, permite seleccionar el equipo óptimo.

1.4 Estado actual del proceso de transportación en la planta de recuperación y Sínter de la empresa “Comandante René Ramos Latour.”

El sistema de transportación consta de dos transportadores situados perpendicularmente uno con respecto al otro, siguiendo el orden del flujo el primero está situado perpendicular al eje del horno, entre las bases de los rodillos y la

cámara de enfriamiento posee una distancia de centro a centro equivalente de (4.35) m y posee un ángulo de inclinación con respecto a la horizontal de 15°. el segundo transportador se encuentra situado paralelamente al eje del horno y sobre un plano inclinado con un ángulo de inclinación de 15° con respecto a la horizontal, la distancia de centro a centro de tambora es 10 m, la banda se desliza sobre una artesa de 2 rodillos y con un ángulo de 20°.

Deficiencias detectadas.

- Existen deficiencias en la descarga de un transportador a otro, porque para que la carga caiga centrada, tiene que estar un transportador encima del otro, creando una altura en la caída libre del mineral, provocando una nube de polvo que iría al exterior trayendo como consecuencia la pérdida de mineral.
- Esta deficiencia aparece en la descarga del horno al transportador pequeño ya que no es posible asegurar una hermetización completa.
- El espacio reducido que limita la realización eficiente de las actividades de revisión, mantenimiento y reparación.

Estas deficiencias obligan a estudiar variantes posibles de solución, se propone la instalación de un transportador similar al paralelo al eje del horno de calcinación., este transportador necesita, una total transformación de acuerdo a las exigencias técnicas requeridas.

1.5 Peculiaridades actuales del transportador VIBRÁTIL

En los transportadores vibratorios, el material se desplaza bajo la acción de las oscilaciones de alta frecuencia (hasta 3000 osc/min.) y de amplitud pequeña (0,5 – 3 mm) del órgano operacional (elemento portador).

Los transportadores vibratorios tienen oscilaciones, en las cuales la componente normal de aceleración máxima del canal es mayor que la componente de la fuerza de gravedad. Por eso, la carga transportada se separa del fondo del canal en una parte determinada del periodo de oscilaciones (o todo el periodo) y se desplaza en forma de microvuelo. Este carácter del desplazamiento de la carga con lanzamiento contribuye a la disminución del desgaste del elemento portador de carga del transportador y aumenta la velocidad de transportación.

Utilizan la inercia del producto conducido por un movimiento de avance, relativamente, lento de la superficie del transportador para mantener el flujo del producto durante un movimiento rápido hacia atrás de la superficie del transportador.

Este movimiento se repite a gran frecuencia y se puede producir electromagnéticamente o mecánicamente, este caso se realiza de forma mecánica.

Las ventajas principales de los transportadores vibratorios son: posibilidad de transportar herméticamente cargas en polvos, tóxicas, químicamente agresivas, calientes, etc., completamente aislada del medio ambiente; posibilidad de realizar diferentes operaciones tecnológicas, tales como, secado, mezclas, enfriamiento, etc., conjuntamente con la transportación; poco desgaste del elemento portador de carga (tubo o canal) incluso durante la transportación de cargas abrasivas (desplazamiento del material en estado suspendido); consumo poco considerable de energía en el trabajo establecido (pero fuerza de arranque considerables); en la facilidad del servicio y mantenimiento, en la seguridad de de la explotación y en la trituración pequeña de la carga.

Conjuntamente con estas ventajas los transportadores vibratorios tienen las siguientes diferencias: disminución considerable de la productividad en la transportación de cargas inclinadamente hacia arriba; posibilidad limitada de transportar cargas en polvo muy finas dispersas e imposibilidad de transportar cargas pegajosas (Húmedas); duración relativamente pequeña de los elementos elásticos y de los cojinetes de apoyo de la transmisión; posibilidad de transmitir cargas vibratorias a la construcciones de apoyo, por lo que no pueden instalar construcciones no equilibradas (no amortiguadas) de los transportadores en los niveles altos de los edificios (sin fundamento).

Nótese, que la realización de este trabajo esta determinada por la presencia de fallas de este transportador en la planta de sínter de la ECRRL mostrando grandes retrasos de la producción por las constantes averías que vienen sucediendo, principalmente por presentar problemas en los fuelles (soportes elásticos), motor de accionamiento, transmisiones mecánicas y muelles, debido a los años de explotación que tienen estos e imprecisiones en el diseño, además por los diferentes cambios realizados por déficit de piezas de repuesto, conjuntos y accesorios para los mismos, provocado por la mala elección del material y variaciones en la velocidad del transportador oscilatorio circular (de giro).

Esta deficiencia aparece en la descarga del horno al transportador pequeño ya que no es posible asegurar una hermetización completa, el espacio reducido donde se encuentra instalado el transportador vibratorio pequeño, trayendo como

consecuencia que no se pueda dar un mantenimiento adecuado según lo establecido por el fabricante y las condiciones de explotación y una limpieza del área.

Para el nuevo diseño o sustitución del transportador vibratorio actual, hay que considerar como restricción de los parámetros tecnológicos que permanecerá constante el ángulo de inclinación del transportador de 15 grados, debido a que la disminución del mismo trae como consecuencia el empeoramiento de la alimentación del mineral laterítico y la racionalidad de la construcción y montaje (menor cantidad de hormigón, y alto costo en la construcción).

El transportador vibratorio analizado tiene la forma de canal, la cual es el órgano operacional, que se coloca sobre los apoyos elásticos o se cuelgan de las suspensiones elásticas.

En la construcción existente aun no se ha logrado excluir por completo la transmisión de cargas dinámicas a los apoyos; para garantizar un arranque fácil del mismo que requiere instalar motor eléctrico de potencia elevada.

Principales parámetros.

El origen de las oscilaciones del transportador vibratorio se caracteriza por el coeficiente del régimen G , igual a la relación de los componentes de la aceleración máxima del elemento portador de carga del transportador y de la aceleración de la fuerza de gravedad, dirigida perpendicularmente al plano de la oscilación.

$$G = \frac{a \times \omega \times \sin \beta}{g \times \cos \alpha} \quad [1.1]$$

Donde, a : amplitud de las oscilaciones del elemento portador de carga del transportador; m , ω : frecuencia circular de las oscilaciones; s^{-1} , β : ángulo de dirección de las oscilaciones, α : ángulo de inclinación del transportador, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$: aceleración de la gravedad.

Selección de los parámetros del transportador

Las magnitudes recomendadas del coeficiente del régimen G para las diferentes cargas y tipos de transportadores aparecen en la tabla 1.1. Anexo 1.1.

A los transportadores de tipo ligero pertenecen los transportadores con una productividad hasta de 50 t/h (para arena).

La productividad del transportador vibratorio se determina por las fórmulas generales de acuerdo con la velocidad calculada de la transportación de la carga. Para este es

característica la disminución considerable de la productividad durante el avance hacia arriba y el aumento cuando el avance es hacia abajo. El ángulo de inclinación de los mismos generalmente no excede de 15° (raras veces hasta 20°) para las cargas de buena transportabilidad y 5° para las cargas en polvo.

La productividad de los transportadores vibratorios se determina según la fórmula:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot \rho \cdot v \quad \text{y} \quad F = F_0 \cdot \Psi \quad [1.2]$$

El coeficiente de llenado ψ es, para los canales descubiertos, de 0,6 – 0,8; para los tubos redondos, de 0,5 – 0,6. Los valores más bajos corresponden al material de categorías bajas.

La anchura del canal o el diámetro del tubo, calculados de acuerdo con el rendimiento prefijo, se verifican por medio de la grandeza de pedazos del material.

La amplitud y la frecuencia de oscilación de la transmisión se escogen en la tabla 1.2. Anexo 1.2

Para el transportador vibratorio (especialmente de tipo pesado y de gran longitud) son características las cargas de arranque grandes, por eso en su transmisión se emplean motores eléctricos tipo AOII con momento de arranque elevado. Para el cálculo preliminar la potencia del motor eléctrico N se puede determinar en base de los coeficientes generales K_1 y K_2 , del consumo específico de energía en el desplazamiento de 1t de carga por hora en una longitud de 1m, por la fórmula:

$$N = \frac{C \times Q}{10^3 \times \eta} \left[10 \times K_1 + (L - 10) \times K_2 + \frac{H}{0.367} \right] \quad [1.3]$$

Donde, Q : productividad calculada del transportador; t/h, L : longitud de la transportación; m, con L

□ 10 m el

paréntesis en la fórmula se toma igual a cero, H : altura de elevación de la carga con transportación inclinada; m, para la transportación horizontal $H = 0$, $\eta = 0,95$ a $0,97$: eficiencia del mecanismo de transmisión, K_1 y K_2 : coeficiente de gasto específico de potencia en W para la transportación de 1t en 1m de longitud (tabla 1.4), C : coeficiente de transportabilidad de la carga. Para los materiales en grano y en pedazos con transportabilidad buena y media (arena, carbón, escoria, grano, etc.) $C = 1$; para las cargas en polvos y en polvos finos $C = 1.8$ a 2 .

Anexo 1.3, Tabla 1.3. Frecuencia y amplitud de las oscilaciones de los transportadores. Anexo 1.4, Tabla 1.4. Coeficiente K_1 y K_2 .

El transportador vibrátil por la característica que tiene de transportar materiales en pequeños tramos, a poca velocidad, casi nunca con una inclinación ascendente de la carga y conociendo la distancia de transportación del tramo y la altura de elevación entre otros, se considera que no cumple con las características necesarias para ser montado en este tramo capaz de garantizar la productividad requerida con el mínimo de pérdidas.

1.6 Conclusiones del capítulo

- El estudio teórico y práctico realizado demuestra que es factible la sustitución del Transportador Vibratorio de alimentación del producto calcinado en la planta de sinterización de la ECRRL por un transportador de banda.
- Los transportadores de bandas presentan ventajas que le permiten utilizarse en este proceso; tales como: gran versatilidad en su uso, fáciles condiciones de operación, bajo coste de mantenimiento, relativamente poco consumo energético, alta productividad.
- Las averías características en el transportador Vibratorio de alimentación del producto calcinado en la planta de sinterización de la ECRRL no producirán fallas en el transportador de banda propuesto.

Capítulo II. Materiales y Métodos utilizados para el trabajo

2.1- Introducción

Después de decidir los requisitos de una determinada aplicación, se hace una selección de una cinta transportadora a partir de tablas y fórmulas, usadas normalmente por los diseñadores de medios de transporte. Aceptadas generalmente como medio de transporte de materiales a granel, también realizan los importantes cometidos de almacenar y recuperar. Aunque una cinta transportadora está compuesta de varias piezas importantes, económicamente ninguna lo es más que la cinta misma, que por tanto debe seleccionarse con gran cuidado. Consta de tres elementos y capa superior, carcasa y capa inferior. La finalidad primordial de las capas de recubrimientos es proteger el armazón o carcasa de cualquier daño producido por el material manejado, el desgaste y el medio ambiente. El armazón o carcasa proporciona la resistencia para llevar las fuerzas de tensión, absorber la energía de impacto de la carga y dar a la cinta estabilidad para la alimentación y soporte de la carga de la misma.

En los últimos años el desarrollo de nuevas fibras y tejidos ha producido numerosas formas de cascaras .No es oportuno hablar de ellas aquí, sin embargo las más usadas se clasifican como.

- 1-De pliegues o capas múltiples.
- 2-De pliegues o capas reducidas.
- 3-Cable de acero.
- 4-Tejido solido (solid woven) o capas únicas.

2.2 Selección del tipo de transporte

Entre las máquina de transporte continuo se encuentran los transportadores (conductores) de diferentes tipos (de bandas, canjilones rastrillos, vibrátiles), las instalaciones para el transporte neumático e hidráulico, así como otras máquinas semejantes.

Transportadores de bandas

En nuestro país se utilizan estos medios de transportes; tienen una amplia aplicación en mayor medida en regiones mineras tanto a cielo abierto como subterránea, así como en la Industria de materiales de construcción, además en otros sectores de limpieza para preservar el medio ambiente y en la industria minorista. El uso principal es para el transporte de materiales a granel.

Ventajas

- Se logran grandes productividades, variedad en la manipulación de materiales, seguridad en el trabajo, facilidad para la automatización, posibilidad de variar la productividad en amplio rango, es efectivo tanto para longitudes pequeñas, como para grandes distancias.
- Bajo consumo de energía durante la explotación, sencillez en las labores de mantenimiento y reparación, estructura con bajo peso, trazas horizontales e inclinadas, posibilidad de cargar y descargar el material transportado en cualquier punto.
- En combinación con equipos computarizados, permiten que se realice eficientemente el almacenamiento.
- Manufactura y distribución de materiales en la industria.
- Es considerado además como un sistema que minimiza y humaniza el trabajo, además permite que grandes volúmenes sean movidos rápidamente a través de procesos, facilitando a las empresas embarcar o recibir volúmenes más altos con espacios de almacenamiento menores con un menor gasto.

Transportador - Sinfín

El transportador de tornillo sinfín consiste de un canal con fondo cilíndrico cerrado por encima con una tapa. Dentro del canal se encuentra el árbol de superficie espiral. El motor eléctrico, a través del reductor, transmite la rotación al árbol. El material a transportar avanza al transportador a través de uno o varios orificios de carga, girando el tornillo, la carga se desliza a lo largo de dicho canal y descarga a través de un orificio en el fondo.

Los transportadores de tornillo sinfín se utilizan para desplazar materiales polvorientos y granulosos a pequeñas distancias, es decir, hasta 60 m, con un rendimiento de 150 t/h y un ángulo de inclinación de hasta 20°. En este tipo de transportadores, el material se transporta y se mezcla al mismo tiempo; con el fin de aumentar el efecto de mezcla. Al tornillo se le da conformación perfilada.

Las ventajas de los transportadores de tornillo sinfín, se resumen en la simplicidad y hermeticidad de la construcción y pueden nombrarse:

- Sencillez de la instalación y el mantenimiento, bajo costo, facilidad de transportar cargas que produzcan polvos y gases calientes.

- Posibilidad de cargar y descargar en cualquier punto.

Las desventajas

- Desgaste rápido del tornillo y canal.
- Durante la trituración del material consumo considerable de energía eléctrica.
- Imposibilidad de transportar materiales húmedos así como de grandes dimensiones.
- Bajo rendimiento.

Transportador de rastrillo

A diferencia de los transportadores de banda en que el material se traslada colocado sobre el órgano portador, en el transportador de rastrillos, la carga es arrastrada sobre una canal o conducto.

Las principales ventajas de los transportadores de rastrillos son:

- Simpleza en el diseño y poca exigencia en el acabado de sus partes componentes.
- Posibilidad de transportación de la carga en sentidos contrarios, empleando las ramas superior e inferior.
- Fácil carga y descarga del material en cualquier punto de la traza.
- Hermeticidad del canal (en los transportadores con rastrillos perfilados), lo que evita formación de polvo y pérdida de material.

Las principales desventajas son:

- Rápido desgaste de la canal y de las partes móviles, especialmente cuando se manipulan materiales abrasivos.
- Alto consumo de energía.
- Tendencia a la trituración (en los transportadores con rastrillos altos), lo que es inadmisibles para ciertos materiales como azúcar.

Por las razones anteriormente expuestas, los transportadores de rastrillos no sobrepasan de los 50 a 60 m de longitud, con capacidad de hasta 1800 kN/h o más.

Las cargas que se transportan son materiales a granel que fluyen fácilmente como talcos, polvos, granulados. Los materiales muy húmedos, pegajosos, viscosos y frágiles no son transportados eficientemente.

Son ampliamente usados en la industria azucarera, en la manipulación de bagazo de caña, en la industria minera y en la industria química.

Las trazas de los transportadores de rastrillos son similares a la de los transportadores de banda. El ángulo de inclinación es generalmente hasta 30° , ya que un incremento en el gradiente causa una considerable reducción de la capacidad.

Productividad de la máquina. Para obtener una alta productividad de la instalación se requiere el traslado de la carga en un flujo continuo, a una alta velocidad, de manera que con el aumento de dicha velocidad, disminuya la cantidad de material por unidad de longitud del transportador y, por tanto, este resulte mucho más compacto. Por ejemplo un transportador de banda alcanza una velocidad cinco veces superior a la de un transportador de rastrillo y diez veces a la de un transportador de tornillo sinfín, y resulta mucho más productivo que estos últimos.

2.3 Metodología de cálculo de los transportadores de banda

2.3.1 Orden de cálculo. Datos necesarios

Durante el cálculo de los transportadores de banda se pueden presentar dos casos posibles:

1. Proyectar un nuevo transportador en el cual se conocen algunos de los datos de la empresa en cuestión.
2. La comprobación de un transportador ya instalado, comparándolo con otro que ya se conocen, o simplemente cálculos que se realizan para conocer sus parámetros desconocidos.

Analizaremos el segundo caso. Durante el mismo tendremos el siguiente orden de cálculo.

1. Podemos tener de datos la productividad y en ese caso determinaremos el ancho de la banda necesario. El ancho de la banda escogido de la productividad debe ser menor que su ancho real. También puede ocurrir que conozcamos el ancho de la banda y en este caso calculamos la productividad del transportador. [Seleccionamos de un catálogo el transportador adecuado]
2. Se determina la resistencia a la marcha del transportador.
3. Se determinan las tensiones en los puntos característicos del transportador.
4. Se controla la resistencia de la banda.
1. Se determina el esfuerzo del mecanismo de tensión.

2. Se realizan los cálculos complementarios como: La determinación de la flecha máxima, el alargamiento de la banda, relación de los diámetros de los tambores motrices en el caso de que existan más de uno en la instalación motriz.
3. Se determina la potencia del motor y se escoge el mismo según los catálogos.
4. Se determinan los gastos de energía eléctrica durante la transportación.

Para llevar a cabo este cálculo es necesario tener una serie de datos como son:

- 1- La productividad de la empresa o de una parte de ella; o el ancho de la banda.
- 2- La longitud del transportador.
- 3- El perfil del transportador y su traza.
- 4- El peso volumétrico del material a transportar t/m^3 .
- 5- El ángulo del talud del material.
- 6- El tiempo de trabajo al año.

Existen otras series de datos que aparecen en los textos.

2.3.2 Ancho de la banda. Selección de la banda

Si conocemos la velocidad de movimiento de la banda (v) del transportador instalado (de no conocerlo es posible medirla) podemos calcular el ancho de la banda necesario para mantener dicha productividad.

$$B = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{Q}{K_c \cdot v \cdot \varphi \cdot \gamma}} + 0,05 \right); m \quad [2.1]$$

Donde

K_c : Coeficiente que tiene en cuenta la forma de la banda.

V : Velocidad de movimiento de la banda; m/s.

φ : Coeficiente de disminución de la productividad que tiene en cuenta el ángulo de inclinación del transportador.

γ : Peso volumétrico del material a transportar; t/m^3 .

Q : Productividad; t/h .

Luego de determinado el valor óptimo del ancho de banda estandarizado según el tamaño de las partículas del material a transportar según.

- Para las cargas compuestas por pedazos grandes en un 15% de la masa total; mm
- Para cargas clasificadas con el contenido principal de pedazos con un tamaño determinado (a) en una proporción de aproximadamente el 80% de la masa total; mm.

Si el valor estandarizado del ancho de banda no satisface las condiciones anteriores, entonces se seleccionará de forma estándar el ancho de banda inmediato superior que cumpla la condición.

2.3.3 Construcción de la traza y perfil del transportador

El perfil del Transportador de Banda es la distribución de las alturas y las longitudes de cada tramo a través de toda la traza, se forman tramos rectos y horizontales que pueden ser cóncavos o convexos, estos datos se obtienen a partir de la traza obtenida en el plano topográfico. Es importante tener en cuenta los ángulos máximos de inclinación permisible del transportador que depende del coeficiente de fricción entre la banda y el material, fricción interna del material del ángulo de reposo estático y el método mediante el cual el material es depositado sobre la banda, la experiencia práctica demuestra que la operación resulta segura, sin que exista derramamiento del material por los bordes de la banda, cuando el ángulo de inclinación es entre 31° menor que el ángulo de fricción del material contra la banda. Esto se explica por el hecho de que la banda se comba en los rodillos, dando lugar a que en la entrada de estos, la banda tenga un ángulo real mayor que el de la inclinación geométrica del conductor. La inclinación máxima recomendada para los conductores de banda de acuerdo con el material transportado, puede obtenerse a partir del coeficiente de fricción.

Traza horizontal y vertical del transportador de banda figura 2.1.

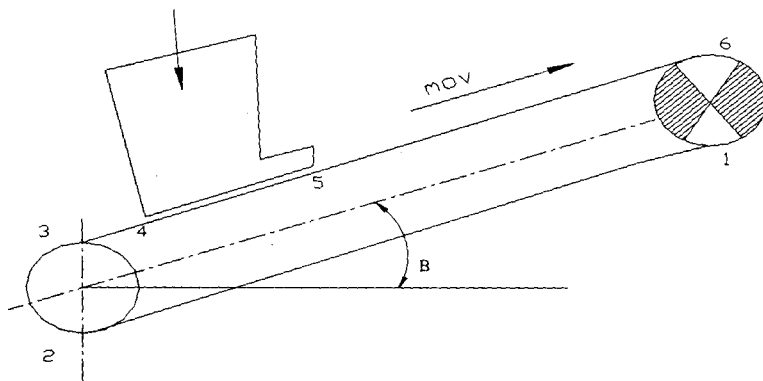


Figura 2.1 traza del transportador de bandas.

2.3.4 Resistencia al movimiento y tensiones de la banda

Determinación de la resistencia o la marcha del transportador.

Para determinar la resistencia o la marcha del transportador primeramente debemos determinar los valores de los siguientes parámetros.

1. Peso lineal de la banda, qb
2. Peso lineal de los rodillos de apoyos, q' y q''
3. Peso lineal de la carga, q .

El peso lineal de la banda lo determinamos según Kauman

$$qb = \gamma_b \cdot B \cdot (\delta \cdot i + h_1 + h_2), \text{ N/m} \quad [2.2]$$

Donde:

γ_b - Peso volumétrico de la banda; N/m^3

B : ancho de la banda; m

δ : espesor de una capa; m, Varía de 1,25 a 2 mm

i : número de capas

Se toma de forma arbitraria mayor que 3,

h_1 : espesor del revestimiento superior; m,

h_2 : espesor del revestimiento inferior; m.

$h_1 = (2 \text{ a } 3)$; [mm] y $h_2 = (1, 5 \text{ a } 2)$; mm

$$\text{Peso lineal de la carga: } q_c = \frac{Q}{3,6 \cdot V}; \text{ kg/m} \quad [2.3]$$

El peso lineal de los apoyos de rodillos de determina por:

$$\text{Para la rama cargada } q_r' = \frac{G_r'}{l_r'}; \text{ N/m} \quad [2.4]$$

$$\text{Para la rama vacía } q_r'' = \frac{G_r''}{l_r''}; \text{ N/m} \quad [2.5]$$

G_r' y $G_r'' \rightarrow$ Peso de los apoyos de rodillos en la rama carga y vacía respectivamente; N

l_r' y $l_r'' \rightarrow$ Distancia entre rodillos de apoyo en la rama carga y vacía respectivamente; m.

$$l_r' = (0.9 - 1.5); \text{ m y } l_r'' = 2 \cdot l_r'$$

Dividiremos entonces el contorno del transportador en partes rectas y curvas y estas

a su vez por sus puntos característicos. En los tramos rectos entre los puntos característicos la resistencia a la marcha la calculamos según:

Para la rama cargada

$$W_c = \{[(q_b + q) \cos \beta + q_r'] \omega' L \pm (q + q_b) L \cdot \sin \beta\}; \quad N$$

[2.6]

Donde:

β : ángulo de inclinación del tramo en cuestión (grados)

L: Longitud del tramo, m

ω' : coeficiente de resistencia al movimiento en la rama cargada

Para la rama vacía

$$W_c = \{[q_b \cos \beta + q_r''] \omega'' L \pm (q_b) L \cdot \sin \beta\}; \quad N \quad [2.7]$$

Podemos considerar

$\omega' = 0,02 - 0,03$: para bandas estacionarias y $0,04 - 0,05$ para bandas no estacionarias. El signo (+) se utiliza cuando el movimiento es ascendente y el signo (-) cuando el movimiento es descendente.

En los tramos curvilíneos se pueden dar los siguientes casos:

- 1- Que la banda borde los tambores motrices.
- 2- Que la banda borde los tambores de desvío o de retorno.
- 3- Que la banda borde una zona transitoria o de cambio de pendiente. Esta puede ser con la convexidad hacia arriba o con la convexidad hacia abajo.
- 4- Que la banda varíe en trayectoria según su traza.

En los puntos de carga la resistencia se determina por la fórmula:

$$W_{dc} = C \cdot \frac{q \cdot (V - V_0) \cdot V}{g} \quad N \quad [2.8]$$

Donde:

C: Coeficiente que tiene en cuenta la fricción de la carga con la banda y los bordes guías de la tolva. Varía de 1,3 a 1,4, V: velocidad de la banda

V_0 : velocidad de la carga en la dirección del movimiento.

Cuando el material cae en dirección perpendicular $V_0 = 0$ por lo que

$$W_{dc} = C \cdot \frac{q \cdot V^2}{g}, \quad N \quad [2.9]$$

En este caso es cuando la banda tiene mayor resistencia al movimiento.

En el punto de descarga la resistencia al movimiento se determina por:

$$W_{dd} = C' \cdot B \cdot q ; \text{ N} \quad [2.10]$$

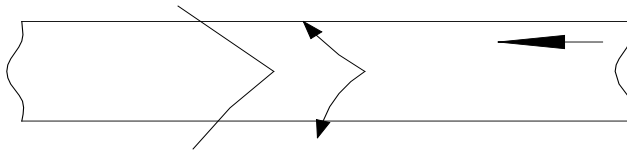


Figura 6. Dispositivo de descarga lateral.

C' : Coeficiente que toma valores entre 2,7 y 3,6

La resistencia en los dispositivos de limpieza se puede calcular por la fórmula.

$$W_{dl} = q_1 \cdot B , \text{ N} \quad [2.11]$$

q_1 : Resistencia específica del dispositivo de limpieza. Para raspadores y arados de limpieza q_1 toma valores entre 30 y 50 N/m.

Para cepillos giratorios se toma igual de 2 a 6 veces mayor que la velocidad lineal del cepillo (V_c) y esta a su vez se toma mayor que la velocidad de la banda entre las magnitudes de 1,2 a 2; es decir.

$$q_1 = (2\%6)V_c$$

$$V_c = (1,2\%2)V$$

Determinación de la tensión de la banda.

Como para la determinación de las resistencias hemos dividido el contorno del transportador en varias secciones dadas estas por los puntos característicos, entonces aplicando esta misma distribución determinamos las tensiones en cada punto de contorno.

En general podemos decir que la tensión en cada punto posterior, según el movimiento de la banda es igual a la tensión en el punto anterior más la resistencia al movimiento en este tramo:

$$[S_{n+1} = S_n + \sum W]$$

[2.12]

Comprobación de la resistencia de la banda seleccionada

Para bandas de goma con fibras sintéticas se determina el número de capas.

$$i = \frac{S_{\max} \cdot m}{\sigma_r \cdot B} \quad [2.13]$$

Donde:

l : Es el número de capas que tiene la banda para evitar su rotura al estar sometida a una función igual a $S_{\max}$

$S_{\max}$: Tensión máxima a la que está sometida la banda; N

m : Coeficiente de seguridad

σ_r : Límite de resistencia a la rotura de 1cm de ancho en una capa en N/cm

B : ancho de la banda. $m = 9-10$: Horizontales $m = 11 -12$: Inclínados

Si el número de capas tomado para el cálculo de las resistencias es menor que el obtenido, entonces hay que cambiar el tipo de banda o hay que calcular nuevamente las resistencias y las tensiones, pero con el número hallado. En caso contrario no es necesario volver hacer el cálculo.

Para el caso de bandas de goma- cable su resistencia está en dependencia de la resistencia de los cables. Estas bandas se seleccionan de acuerdo a su resistencia a la destrucción (rotura).

$$\sigma_p = \frac{S_{\max} \cdot K_{real}}{B} \quad [2.14]$$

Las características técnicas de la banda de caucho y de caucho y cable se escogen de los catálogos.

El coeficiente real de reserva es de

$$K_{real} = \frac{\sigma_p \cdot B}{S_{\max}} \quad [2.15]$$

Donde:

$$K_{real} \geq 6 - 9$$

El menor valor para los transportadores horizontales y el mayor para los inclinados.

Por este coeficiente sabemos si la banda sirve, de lo contrario se escoge otra.

Determinación de la flecha entre rodillos

La flexión máxima entre los rodillos de la rama cargada se determina por la siguiente fórmula:

$$F_{\max} = \frac{(q + q_b) \cdot l^2}{8 \cdot S_{\min tr}}, \text{ m} \quad [2.16]$$

$S_{\min tr}$: Tensión mínima a la que está sometida la banda en la rama de trabajo:

$$S_{\min tr} = (10 - 5)(q + q_b) \cdot g \cdot l_r, \text{ N} \quad [2.17]$$

Por las reglas de explotación se ha tenido que:

$$F_{m\acute{a}x} = (0,0125 - 0,025)l^*$$

$$S_{\min} tr \leq Si$$

Si: Tensión mínima en la rama de trabajo. Correspondiendo los menores valores para la banda de goma – cable.

2.5 Accionamiento del transportador

Determinación de la potencias del motor.

$$N = \frac{W_o \cdot v}{1000 \cdot \eta} \cdot K_r, \text{ kW} \quad [2.18]$$

Donde:

W_o : Esfuerzo de tracción en el tambor motriz, [N]. Su valor en este caso se tomará igual:

$$W_o = (S_e - S_s) + (0,05 - 0,06)(S_e + S_s), \text{ N}$$

[2.19]

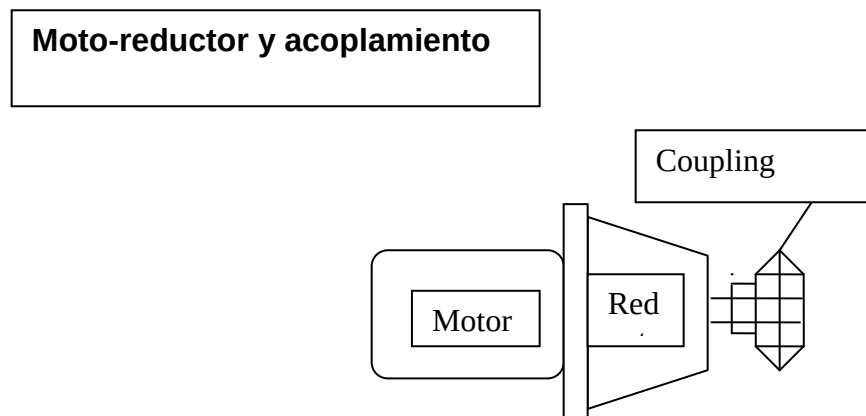
η : rendimiento de la transmisión $\eta = 0,85 - 0,90$.

K_r : coeficiente de reserva que considera los regímenes de arranque y otros.

$$K_r = 1,1 - 1,15'$$

2.4 Selección del tipo de moto-reductor

Figura 2.2 esquema de accionamiento



Tipo DOR100-L2 N=3 kW Según Echesa, S.A.

$n = 1500 \text{ rpm}$ $V = 220 \text{ volt} - 440 \text{ volt}$

$f = 60 \text{ Hz}$

$\cos \varphi = 0,82$

Selección del tipo de reductor

PM-350-I-2

$N = 3 \text{ kw}$

$i = 23,3$

Cadena tipo RC $\rightarrow$ 80 con paso de 25,4 mm

2.5 Establecimiento del sistema de mantenimiento del transportador

Mantenimiento del Transportador

Existen diferentes tipos de mantenimiento, se clasifican en: mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo. Sin embargo desde el punto de vista de su ejecución, se ha desarrollado como modalidad el mantenimiento asistido por computadora, donde se aplican estas tres modalidades.

1-Mantenimiento correctivo.

2-Mantenimiento preventivo.

3-Mantenimiento predictivo.

Objetivos del mantenimiento

- Asegurar la disponibilidad de los equipos durante todo el tiempo de operación y mantener en no menos de un 90% la confiabilidad de su vida útil.
- Elevación continua de la calidad, operación estable, correcta y prolongada de los equipos.
- Contribuir al retorno óptimo del capital invertido del equipo.
- Mantener la seguridad operacional y la protección del medio ambiente.

Mantenimiento preventivo planificado Ligero

1. Revisión del motor eléctrico

2. Revisión del acoplamiento motor- reductor
3. Revisión del reductor
4. Revisión del nivel de aceite
5. Revisión de los rodamientos
6. Revisión del sistema de engranaje
7. Revisión del sistema de acoplamiento (motriz y conducido)
8. Revisión de la tambora de cola
9. Revisión de los puntos de apoyo
10. Revisión de los rodillos de carga
11. Calibración de los rodamientos
12. Mantenimiento a los rodamientos
13. Revisión del mecanismo tensor
14. Revisión de la cadena
15. Revisión del sistema de engrase
16. Mantenimiento a los timones guías
17. Prueba y chequeo de ruidos y vibraciones
18. Limpieza del equipo

Lubricación por componentes

- Los cambios de lubricantes se realizaran acorde a las recomendaciones del fabricante para cada parte o instalación según el sistema de mantenimiento a emplear y ajustadas a las normas vigentes para la lubricación.
- Se comprobará la calidad de los lubricantes por un especialista según periodos establecidos en el Plan de Lubricación según las condiciones de operaciones y las normas de tiempo de horas trabajadas indicadas por el fabricante.
- Se definen los diferentes puntos de engrase de cada instalación o componentes de estas.

Mantenimiento e inspección del agregado hidráulico

Diariamente

1. Revisar el sistema y nivel de aceite hidráulico.
2. Revisar la presión de trabajo del fluido.
3. Inspeccionar la ventilación del intercambiador de calor.
4. Cambio después de 1000 horas de trabajo.
5. Cambio del filtro después de 2000 horas.

Lubricante recomendado: sintético hidráulico.

La lubricación de las partes giratorias se realiza con la grasa indicada, en las tambores con bomba manual.

- Con grasa permanente en los rodillos.
- Con aceite sintético en los reductores sin niveles

2.6 Propiedades físico - mecánicas del material transportado

Parámetros tecnológicos del transportador de banda que dependen de las propiedades físico-mecánicas del mineral:

- Dimensiones del mineral
- Masa volumétrica mullida
- Ángulos de reposo, máximo y tangencial
- Coeficiente de deslizamiento
- Temperatura
- Abrasividad

Dimensiones

Caracteriza el tamaño medio (T_e) o el tamaño máximo (T_{max}) de las concreciones de partículas

Para cargas clasificadas se utiliza T_e y para cargas ordinarias se utiliza T_{max}

A partir de la distribución granulométrica del material que se señala para cada rango granulométrico $[r_j, r_{j+1}]$ un porcentaje p_j de partículas, determina el valor de T_{max} como el mayor valor r_{j+1} para los rangos en los cuales se cumpla que $p_j \geq 10\%$. De forma semejante se determina el valor del tamaño mínimo T_{min} . El valor T_e se determina

$$T_e = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad [2.20]$$

Donde

T_{max} = Valor del tamaño máximo

T_{min} = Valor del tamaño mínimo

Masa:

La masa volumétrica se denomina γ ; es la relación de la masa M (medida en toneladas) con respecto a la unidad de volumen $V=1 \text{ m}^3$. El valor de γ se obtiene pesando 1 m^3 del material.

Existen variantes para determinar γ , entre ellas está la Masa Volumétrica Mullida que se mide cuando el material ha sido removido del macizo y sujeto a la preparación mecánica. El material mullido homogenizado debe cumplir requisitos tecnológicos establecidos (CEPRONIQUEL, 2004; Chang et al, 2005, 2006; Estenov, 2001 y Estenov et al, 2003). La relación entre la Masa Volumétrica Compacta (MVC) y la Masa Volumétrica Mullida (MVM) se conoce como Coeficiente de Esponjamiento. En el comportamiento de γ tienen gran influencia:

La composición mineralógica del material.

La composición granulométrica (cuando los fragmentos son mayores, el espacio entre ellos aumenta y por tanto disminuye).

La forma de los pedazos (cuando los pedazos tienen formas que definen el aumento del espacio entre ellos, entonces γ disminuye).

Se denomina ϕ y caracteriza el grado de intermovilidad de las partículas que conforman al material (Shubin y Pedre, 1986; Oriol y Aguilar, 1995) o sea, el grado de fluidez del material. Es el ángulo que la superficie lateral de la carga forma con el plano horizontal cuando dicho material es depositado sobre una superficie plana.

La magnitud del ángulo de reposo estático ϕ o dinámico ϕ_d dependerá de las fuerzas de adherencia entre las distintas partículas que conforman al material y de las fuerzas de rozamiento que surgen durante el desplazamiento relativo de las partículas que lo conforman. La relación entre ángulo ϕ y ϕ_d se expresa a través de la siguiente relación (Spivakoski y Potapov, 1983; Valotkoskii, 1990; Vasiliev y Nikolaiev, 2003 y Vasiliev et al, 2006]: $\phi_d = (0.7 \text{ a } 0.8) \cdot \phi$ y según (Sierra et al, 2009) $\phi_d = (0.89 \text{ a } 0.92) \cdot \phi$ determinado para el mineral laterítico. En el cálculo de transportadores se utiliza ϕ_d

El ángulo de reposo se obtiene al introducir cada muestra granulométrica y cada humedad del mineral sin apilar dentro un cilindro hueco colocado sobre una superficie horizontal. Al levantar el cilindro verticalmente la superficie lateral de las partículas se distribuyen por la generatriz de un sólido en revolución formando una pila. La tangente a la generatriz con respecto al plano horizontal para cada pila obtenida, constituye el ángulo del talud natural del mineral (ϕ). La forma de la generatriz puede ser: un cono, un paraboloide, un hiperboloide o un elipsoide.

Según Ricaurte (2009), el ángulo de reposo puede ser medido de dos formas:

Tomando como lados la base del material y la línea que une el punto más alto de la carga. A este ángulo se le denomina Ángulo de Reposo Máxima φ_m

Tomando como lados la base del material y la línea tangente a la superficie en la dirección del punto más alto de la carga. A este ángulo se le denomina Ángulo de Reposo Tangencial φ_t .

2.7 Conclusiones del capítulo

➤ Se establecen las propiedades que influyen en el diseño del transportador de banda en el proceso de transportación del síter en la planta de sinterización en la empresa Comandante René Ramos Latour.

- Tamaño de los pedazos.
- La masa volumétrica mullida.
- Los ángulos de reposo máximo y tangencial.
- Coeficiente de deslizamiento.
- Temperatura.
- Abrasividad.

➤ Se selecciona el tipo de transporte continuo más adecuado para la transportación de la transportación del síter en la planta de sinterización en la empresa Comandante René Ramos Latour: Transportador de banda.

➤ Se establece el perfil de cálculo del transportador de banda seleccionado que permite la determinación de los parámetros tecnológicos característicos.

Capítulo III. Análisis de los resultados

3.1 Introducción

En este capítulo se muestran los principales parámetros tecnológicos que caracterizan al transporte continuo seleccionado en el trabajo; es decir; el transporte por bandas de gomas flexibles que se desplazan sobre rodillos movidos por un tambor motor mediante la fricción entre la banda y dicho tambor.

En este sentido se tiene:

- se verifica la productividad deseada.
- se determina el ancho de banda y su verificación según la propiedad de composición granulométrica del óxido de níquel transportado.
- se determinan las resistencias al movimiento de cada uno de los tramos característicos del perfil.
- se determinan las tensiones de cada uno de los tramos característicos del perfil.
- se determinan la potencia necesaria para el accionamiento del transportador diseñado.
- se realiza el cálculo técnico económico.

Para la realización de los cálculos se utilizaron los datos: productividad de la instalación, propiedades físico-mecánicas del material transportado, la traza y las condiciones de operación.

El objetivo de este capítulo es establecer los parámetros tecnológicos del transportador de banda seleccionado a partir de los resultados de la investigación realizada.

3.2 Resultados de los parámetros tecnológicos del transportador

De la ecuación [2.1]

$$B = 188\text{mm} \rightarrow \text{estandarizada a } 400\text{ mm}$$

La productividad se determina por:

$$Q = Q_m \cdot K \cdot V \cdot \gamma ; \text{ según kauman, S.A. de la ecuación [2.2]}$$

$$Q = 54,00 \text{ t/h}$$

El peso lineal de la banda lo determinamos según

$$qb = 36 \text{ [N/m]}$$

Determinación de la carga del mineral sobre la banda

$$qc = 490,5 \text{ N/m}$$

El peso lineal de los apoyos de rodillos de determina por:

Para la rama cargada

$$q_r' = 190 \text{ N} / \text{m}$$

Para la rama vacía

$$q_r'' = 93 \text{ N} / \text{m}$$

Determinación de la resistencia

para la rama cargada

$$W_c = 66 \text{ N}$$

Para la rama vacía

$$W_c = -8,7 \text{ N}$$

La resistencia de los dispositivos de limpieza se puede calcular por la formula:

Tramo (1-2)

$$W_{dl\ 1-2} = 12 \text{ N/m}$$

Tramo (1-2)

$$W_{1-2} = -8,736 \text{ N}$$

Tramo (2-3)

$$W_{2-3} = ([qb \cos\beta + q_r''] \omega'' L - (qb) L \sin\beta$$

$$W_{2-3} = 20,64 \text{ N}$$

Tramo (3-4)

En los puntos de carga la resistencia se determina por la fórmula:

Tramo (4-5)

$$W_{dc} = 61,74 \text{ N}$$

Tramo (5-6)

$$W_{4-5} = 36,16 \text{ N}$$

En el punto de descarga la resistencia al movimiento se determina por

$$W_{dd} = 1728 \text{ N}$$

La resistencia en los dispositivos de limpieza se puede calcular por la fórmula

$$W_{dl} = 12000 \text{ N}$$

Determinación de la tensión de la banda.

Para la determinación de las tensiones de la banda se utiliza el método de contorno por puntos como se expresa - según la ecuación [2.12]

$$[S_{n+1} = S_n + \sum W]$$

Modelación del transportador - según la figura 2.1

$$S_1 = ? \quad [3.1]$$

$$S_2 = S_1 - \sum W_{1-2} \quad [3.2]$$

$$S_3 = S_2 + \sum W_{2-3} \quad [3.3]$$

$$S_4 = S_3 + \sum W_{3-4} \quad [3.4]$$

$$S_5 = S_4 + \sum W_{4-5} \quad [3.5]$$

$$S_6 = S_5 + \sum W_{5-6} \quad [3.6]$$

(Iterando las ecuaciones se obtiene el valor de S1)

$$S1 = \frac{A}{e^{\mu a_1} - k} \quad [3.7]$$

Donde,

$$e^{\mu a_1} = 3,51 \quad K = 1,25 \quad \text{tabla 5,12 (según Oriol, 1985)}$$

$$A = K \cdot \sum W \quad [3.8]$$

$$A = 94,55 \text{ N}$$

$$\sum W = - \sum W_{1-2} + \sum W_{2-3} + \sum W_{3-4} + \sum W_{4-5} + \sum W_{5-6}$$

$$\sum W = 84,244 \text{ N}$$

$$S1 = \frac{A}{e^{\mu a_1} - k}$$

$$S1 = 37,28 \text{ N}$$

Tabla # 3.1 Resultados de las tensiones en sus puntos.

Punto	Tensión N	punto	Tensión N
S1	37,28	S2	28,54
S3	49,19	S4	49,19
S5	110,93	S6	147,09

Para bandas de goma con fibras sintéticas se determina el número de capas

$$i = 0,004$$

Determinación de la flecha entre los rodillos

$$F_{m\acute{a}x} = 102 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Tensión mínima a la que está sometida la banda en la rama de trabajo

$$S_{\min tr} = 7377 N$$

Por las reglas de explotación se ha tenido que:

$$F_{m\acute{a}x} = -5$$

Accionamiento del transportador

Determinación de la potencias del motor, - según la ecuación [2.18].

$$N = 2,6 \text{ kW}$$

Donde,

W_0 : Esfuerzo de tracción en el tambor motriz

$$W_0 = 7224 N \text{ - según la ecuación [2.19]}$$

Cálculo de las transmisiones

$$n_1 = 1500 \text{ rpm}$$

$$i = 23,3$$

Donde: n_1 -revoluciones por minuto del motor

i - relación de reducción del reductor

Cálculo de las revoluciones de salida del reductor

$$i = \frac{n_2}{n_1} \quad n_2 = \frac{n_1}{i} \quad [3.9]$$

$$n_2 = 64,4 \text{ rpm}$$

Cálculo de las revoluciones de la tambora motriz

El diámetro de la tambora motriz y la movida lo escogemos de $\varnothing 400 \text{ mm}$

$$n_3 = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad [3.10]$$

$$n_3 = 14,3 \text{ rpm}$$

Cálculo de la relación de reducción de la transmisión

$$i_1 = \frac{n_2}{n_3} \quad [3.11]$$

$$i = 5.4$$

Cálculo de los diámetros de la catalina motriz y la movida

Con un numero de dientes Z_1 - 13 y Z_2 -45 con un paso de 25,4 mm de la cadena

$$i = \frac{n_2}{n_3} \quad [3.12]$$

$$i = 3,46$$

$$D = \frac{25,4}{\sin 6^\circ} \quad [3.13]$$

$$D = 243 \text{ mm}$$

$$D_1 = i \cdot D \quad [3.14]$$

$$D_1 = 841 \text{ mm}$$

Selección de la cadena

Seleccionamos una cadena tipo Rc-80

Paso de la cadena – $t = 25,4 \text{ mm}$

Calculo de la distancia entre centro

Donde:

D_1 y D_2 son los diámetros exteriores de las ruedas de estrellas, mm

$$a_{\min} = \frac{d_1 + d_2}{2} + 30 \dots 50 \text{ mm} \quad [3.15]$$

$$a_{\min} = 574,5 \text{ mm}$$

La óptima distancia entre los ejes es:

$$a = (30 \dots 50) \cdot t$$

$$a = 1016 \text{ mm}$$

Generalmente las distancias entre los ejes se recomienda limitarla por el valor de:

$$a_{m\acute{a}x} = 80.t \quad [3.16]$$

$$a_{m\acute{a}x} = 2032 \text{ mm}$$

La velocidad media de la cadena se determina por

$$v = \frac{Z \cdot n \cdot t}{60000}; \text{ m/s} \quad [3.17]$$

$$v = 36,83 \text{ m/s}$$

3.3 Selección de los parámetros tecnológicos técnicamente correcto

Tabla # 3.2 Resultados de los parámetros tecnológicos.

Productividad (t/h)	0,54
Longitud del transportador (m)	4
Ancho de banda (mm)	400
Inclinación del transportador (°)	15 ⁰
Densidad del mineral (T/m³)	1,6
Angulo de artesa (°)	20 ⁰
Potencia del motor eléctrico (kW)	2,2
Potencia del reductor(kW)	2,2
Distancia entre rodillos inferiores (m)	2
Distancia entre rodillos superiores (m)	1
Distancia entre rodillos en la zona de carga (m)	0.4
Cantidad de rodillos superiores	12
Cantidad de rodillos inferiores	1
Diámetro de los rodillos (mm)	89
Longitud de un rodillo superior (mm)	200
Longitud de un rodillo inferior (mm)	475

Diámetro del tambor motriz (mm)	400
Diámetro del tambor de cola (mm)	400
Tipo de banda	"X" (400 EP630/4-5+2 "X"

3.4 Análisis económico

Coste del ciclo de vida. El análisis económico debe considerar el ciclo de vida de todos los sistemas resultantes del manejo de material, incluido todas las despendas y gastos desde el momento en que el primer valor es un gasto para proyectar o adquirir un nuevo método o equipamiento de manejo, hasta la eliminación o sustitución total de los métodos o equipamientos.

- Los costes de ciclo de vida del sistema incluyen inversión de capital, instalación, configuración y preparación de métodos y equipamientos, entrenamiento, *test* y recepción del sistema, operación (mano de obra, servicios, entre otros), manutención y reparación, venta al por mayor y disposición final.
- El plano de manutención irá a prolongar la vida útil del equipamiento. Los costes asociados a manutención y sustitución de equipamientos, también deben ser incluidos en el análisis económico.
- Debe de existir un plano de sustitución de equipamientos obsoletos, a largo plazo.
- Además de los costes operacionales mensurables, existen otros factores de naturaleza estratégica y competitiva que deben ser cuantificados, si es posible.

Gastos de operación.

Gastos en salarios de los operarios de la instalación.

$$g_{salario} = t_a * t_n * K_{ss} * K_{dr} * K_{PC} * nt$$

[3.18]

nt – número de trabajadores por turno 4

t_a = tarifa salarial del operario 1.27 pesos/año

t_n = tiempo de trabajo del operario en la instalación 4015 h

K_{ss} = Coeficiente de seguridad social 1.1

K_{dr} = coeficiente de descanso retribuido 1.09

K_{pc} = coeficiente de pago complementario 1.03

$$g_{salario} = 37783.04 \text{ pesos / año}$$

Gastos por mantenimiento.

$$g_m = 1350 \text{ CUC / año}$$

Gastos imprevistos.

$$g_{imprevistos} = 250 \text{ CUC / año}$$

Gastos en seguridad

$$g_{seguridad} = 1000 \text{ USD / año}$$

Gastos del personal indirecto

$$g_{per-ind} = 900 \text{ USD / año}$$

Otros gastos

$$g_{otros} = 1300 \text{ USD / año}$$

Gasto general de explotación

$$G_e = 305678.3 \text{ USD/año}$$

Costo de inversión

$$I = I_0 \left(\frac{Q_{a0}}{Q_{a1}} \right)^{0.6} \quad [3.19]$$

$$I = 213181.81 \left(\frac{1517670}{1734480} \right)^{0.6} = 196768.23 \text{ USD}$$

Gastos reducidos mínimos

$$G_r = I * k_e + G_e \quad [3.20]$$

$$G_r = 195500 * 0.125 + 305678.3 = 330274.33 \text{ USD}$$

Determinación del costo por compra de banda.

$$C_{banda} = L_{banda} * S_{banda} \quad [3.21]$$

L_{banda} es la longitud de la banda

$$L_{banda} = 2 * L + 2 * \pi * D_t$$

$$L_{banda} = 2 * 4 + 2 * 3,1416 * 0,4$$

$$L_{banda} = 10$$

L - Longitud total del transportador m

D - Diámetro de la tambora motriz m

S_{banda} - Costo de 1 m de banda

$$C_{banda} = 10 \cdot 23,20$$

$$C_{banda} = 232 \text{ CUC}$$

Gastos en consumo de energía eléctrica

$$g_{electrica} = \frac{\sum N * K1 * K2 * t}{n} \quad [3.22]$$

Donde:

N = Potencia; (kW).

K1 = Coeficiente que considera el grado de utilización de la potencia nominal
(0.75 - 0.85)

K2 = Coeficiente que considera el grado de utilización de la jornada de trabajo;
(0.85 - 0.95).

t = Tiempo de trabajo del transportador (h)

n = Coeficiente que considera las perdidas en la línea de transmisión eléctrica
(0.90 – 0.95)

$$g_{electrica} = 181840 - USD / año$$

Tabla # 3.3 resumen del costo de los principales dispositivos del transportador.

N o .	U/M	Cantida d	Descripción	Precio Unitario (USD)	Total (USD)
1	U	2	Tambor, D _t =400 mm	392.80	785,60
2	U	12	Rodillos de carga	15,36	184,32
3	U	1	Rodillos de retorno	21,80	21,80
4	M	10	Banda	30,60	30,60
5	U	1	Moto-reductor 3 kW	3654	3654
Total					4676,32 (USD)

3.5 Consideraciones ambientales y de riesgo

Para el caso de la transportación de mineral, el tema de la contaminación, está relacionado con el levantamiento de polvo que existe en cada punto de transferencia, mediante el trasiego del mineral, y con el ruido que genera el movimiento de los diferentes elementos en cada una de las plantas. El estado de salud del trabajador depende en gran medida de las condiciones de trabajo, su entorno laboral y su labor específica, pues es en este medio donde el mismo se expone a los diferentes elementos contaminantes, entre los que se encuentra el polvo industrial, ruido y gases. En los últimos años se ha agudizado el tema relacionado con la protección medioambiental, llegando a convertirse en una cuestión de gran interés e inquietud para la humanidad. La gran mayoría de los medios técnicos de que dispone el hombre para explotar las riquezas naturales, el acelerado desarrollo de la economía y el incremento de la población, han dado lugar a consecuencias indeseables, tales como: el agotamiento de los recursos naturales, la contaminación ambiental, los ruidos, la pérdida de los valores estéticos del medio circundante y la merma acelerada del fondo genético, entre otros. No es por lo tanto casual que las organizaciones científicas, sociales, políticas, los estados y gobiernos del mundo se hayan preocupado por tomar medidas, que de una forma u otra, estén dirigidas a garantizar un uso racional de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. El impacto en el medio ambiente y el consumo de energía deben ser considerados como aspectos relevantes en el proyecto y selección de equipamientos y de sistemas de manejo de materiales, para así preservar los recursos naturales existentes en la tierra y minimizar los posibles efectos negativos al medio ambiente. Para este fin deben tenerse presente los siguientes aspectos:

- Contenedores, palets y otros útiles usados para proteger las unidades de carga, deben ser concebidos apuntando a la reutilización y a la biodegradación después de ser usados, siempre que sea posible.

- El proyecto de sistemas debe ser dimensionado para así acomodar equipamientos y subproductos de manejo de materiales.
- Materiales y productos peligrosos como ácidos, álcalis, disolventes y otros similares, tienen necesidades especiales con respecto a la protección contra el vertido, combustibilidad y otros riesgos que originen un gran impacto ambiental.

3.6 Conclusiones del capítulo

- Se establecen los parámetros tecnológicos del transportador de banda que permiten seleccionar transportador adecuado para la planta de recuperación y síntesis de la ECRRL ($B=400$ mm, $v=0,30$ m/s, $N=3$ kW).
- Se obtiene la modelación del transportador que nos permite a partir de las resistencias al movimiento de cada tramo característico del perfil de cálculo, determinar las tensiones de cada uno de los puntos que definen los tramos del perfil.
- Se realiza una valoración económica que permite seleccionar el transportador de banda para el proceso tecnológico de la planta recuperación de síntesis de la ECRRL.
- Son factibles usar las bandas tipo textil por capas como elemento transportador de la carga citada.
- Con esta propuesta el volumen de la carga a transportar no se afecta por capacidad.
- Las pérdidas por derrame en el área se disminuyen sustancialmente.

CONCLUSIONES

1. Se selecciona el tipo de transporte continuo más adecuado que permite la sustitución del transporte vibratorio utilizado actualmente para la transportación del producto calcinado en la planta de sinterización de la ECRRL: Transportador de banda, por su gran versatilidad del uso, fáciles condiciones de operación, bajo costo de mantenimiento, relativamente poco consumo energético, alta productividad.
2. Con la instalación y explotación del transportador de banda para la transportación del producto calcinado en la Planta de Sinterización de la ECRRL permitirán la eliminación de las averías características en el transportador Vibratorio actual.
3. Se identifican las propiedades que influyen en el diseño del transportador de banda en el proceso de transportación del sinter en la planta de sinterización en la ECRRL.
 - Tamaño de los pedazos.
 - La masa volumétrica mullida.
 - Los ángulos de reposo máximo y tangencial.
 - Coeficiente de deslizamiento.
 - Temperatura
 - Abrasividad
4. Se establecen los parámetros tecnológicos del transportador de banda que permiten seleccionar transportador adecuado para la planta de recuperación y Sinter de la ECRRL ($B=400\text{ mm}$, $v=0,30\text{ m/s}$, $N=3\text{ kW}$).
5. A partir del perfil de cálculo del transportador de banda escogido, se obtiene la modelación del transportador que nos permite a partir de las resistencias al movimiento de cada tramo característico del perfil de cálculo, determinar las tensiones de cada uno de los puntos que definen los tramos del perfil [ecuaciones desde 3.1 hasta la 3.7].

6. Se realiza una valoración económica que permite evaluar y seleccionar el transportador de banda para el proceso tecnológico de la planta recuperación de sínter de la ECRRL.

RECOMENDACIONES

- Aplicar los resultados del presente trabajo de forma inmediata como vía de eliminar las fallas frecuentes que ocurren en la planta de recuperación de sínter de la ECRRL.

- Adecuar el sistema de alimentación del sínter actual al nuevo sistema de transporte por transportadores de banda.

BIBLIOGRAFÍA

1. FIRESTONE HISPANIA S.A (España). Catálogo de bandas transportadoras.1999.
2. FIRESTONE HISPANIA S.A (España). Catálogo de bandas transportadoras.2000.
3. *Transportadores de bandas.* [2004-04.22].
<http://www.esbelt.com/imatges/quadre4.gif>.
1. *Transportadores de bandas.* Zaragoza.[2004-05.10].
<http://www.iaf.es/enciclopedia/tusa/banda.htm>
2. Catálogo de reductores. [2004-06-02]. [http://www. Siemensandina. com](http://www.Siemensandina.com).
3. KAUMAN S.A (España). Catálogo de productos para bandas transportadoras. 2000.
4. L.G Matiushev, V.N Sumin. *Dispositivos de transporte y depósitos de las fábricas de enriquecimiento*. La URSS: Editorial pueblo y educación. 1985.
5. Loher (Germania). Three-phase low-voltage motors with squirrel cage.1995.
6. Loyola Fernández, Roberto. *Estandarización del sistema de transporte por transportadores de bandas en el taller 01 y en la planta de recuperación de mineral de la empresa Ernesto Che Guevara*. Roberto Sierra (tutor). Trabajo de diploma. Instituto superior minero metalúrgico, 2002. 73 h.
7. Mecánica FALK S.A (México). Reductores de velocidad. 1990.
8. Oriol Guerra, José M. Aguilar Pérez, Francisco. *Conferencia de máquinas transportadoras*. ESPAJAE. La Habana: Editorial pueblo y educación. 1986.
9. Oriol Guerra, José M. Aguilar Pérez, Francisco. *Máquina de transporte continuo*. Tomo 1. La Habana: Editorial pueblo y educación. 1985. 236 P.

10. P.H Segundo, P.A Ramón. *Transporte minero*. La habana: Editorial “Félix Varela”. 1999.
11. ECHESA, S.A. transmisión industrial Ctra de Asteausu, Km 22 20150 ZIZURKIL (Gipuzkoa) España.
12. ROCHMAN TALLERES DE OCHANDINAO 48210 (Viscaya- España).

ANEXOS

Anexo 1.1

Las magnitudes mayores de G se deben tomar para los transportadores con elementos elásticos de goma, así como en el caso de transportación de cargas en polvo. El coeficiente G se determina por el producto de la amplitud con el cuadrado de la frecuencia de oscilaciones. Sin embargo, con una misma magnitud G el aumento de la amplitud de las oscilaciones garantiza un aumento de la velocidad de desplazamiento de las cargas con el aumento de la frecuencia. Por eso, con el objetivo de disminuir las cargas dinámicas en los elementos de la transmisión es conveniente emplear en lo posible, amplitudes elevadas de las oscilaciones (especialmente al transportar cargas en polvo) y frecuencias disminuidas de las oscilaciones. Como la magnitud de la amplitud de las oscilaciones condiciona los esfuerzos en las uniones elásticas, para los transportadores con resortes de acero son posibles amplitudes menores que para los transportadores con uniones elásticas de goma. En la tabla 1.2 aparecen las frecuencias recomendadas y las amplitudes de las oscilaciones.

Se pueden recomendar las siguientes magnitudes óptimas β que garantizan la velocidad máxima del desplazamiento con el régimen dado de trabajo: con una frecuencia de 1000 osc/min y mayor $\beta = 25^\circ$; con una frecuencia menor de 700 osc/min $\beta = 35^\circ$; generalmente se toma $\beta = 30^\circ$.

Prácticamente las velocidades alcanzadas en la transportación con transportadores vibratorios horizontales se encuentran dentro de los límites de 0.1 a 0.3 m/seg y a veces de 0.5 m/s. Con parámetros óptimos de vibración con una velocidad máxima se transportan materiales en grano y en pedazos pequeños (arena, carbón, escoria) y con una velocidad mínima, cargas en polvo (cemento).

Tabla 1.1. Coeficiente G del régimen de trabajo del transportador vibratorio.

Tipo de transportador.	Tipo de transmisión.	Valores aproximados G en la transmisión de carga.	
		En polvo y en polvo muy fino.	En grano y en pedazos.
De un tubo (de una canal) de tipo ligero ¹ y mediano, suspendido y con apoyo.	Centrifuga o electromagnética.	3.0 - 3.3	2.8 - 3.0
Lo mismo, de tipo pesado.....	Lo mismo	2.0 - 2.5	1.8 - 2.3
De dos tubos y de un tubo (de canal), equilibrado, de tipo ligero y mediano.	Excéntrica	1.6 - 2.8	1.5 - 2.5
Lo mismo, de tipo pesado.	Excéntrica	1.3 - 2.5	1.2 - 2.0

Anexo 1.2

Tabla 1.2 (Característica de las transmisiones de los transportadores vibratorios).

Transmisiones	Frecuencia de oscilaciones/minuto	Amplitud de oscilaciones, para materiales.	
		Pulverizados y polvorientos	En forma de pedazos
Electromagnética	3000	0,75-1,2	0,75-1
Electromecánica:			
Centrífugos	2800	0,8-1,2	0,8-1
De excéntricos	800-450	5-15	4-8

Anexo 1.3

Tabla 1.3. Frecuencia y amplitud de las oscilaciones de los transportadores.

Tipo de transmisión.	Frecuencia de las oscilaciones/ min.	Amplitud de las oscilaciones en mm para la transportación de materiales.	
		En polvo y en polvo muy fino.	En pedazos.
Transmisión vibratoria electromagnética.	3000	0.75 - 1.5	0.75 - 1.0
Moto - vibradores desbalanceados.	2800	0.8 - 1.0	0.8 - 1.0
Lo mismo.	1500	2 - 3	1.5 - 2.5
Vibración centrífuga de funcionamiento dirigido.	1500 - 1000	2 - 4	2 - 3
Transmisión excéntrica	800 - 450	5 - 15	4 - 8

Anexo 1.4

Tabla 1.4. Coeficiente K_1 y K_2 .

Transportadores vibratorios.	Productividad de cálculo del transportador; t/h.	Valores medios de los coeficientes.	
		K_1	K_2
Suspendido en transmisión centrífuga.	5 – 50, más de 50.	6 – 7 5 - 5.5	
De apoyos con puntales elásticos con transmisión centrífuga.	5 – 50 más de 50.	7 - 10 5 - 6	5 - 6 3.5 - 4
De dos tubos y de un tubo, equilibrado con transmisión excéntrica.	5 – 50 5 - 50 más de 50.	Con bielas rígidas 10 - 12 8 - 10 Con bielas elásticas. 4.5 - 5 3.5 - 4 4 - 5 3 - 3.5	

Anexo 1.5

Tabla 1.5 Capacidad de transporte QM para $v=1\text{m/s}$.

Ancho	Montaje Plano	Montaje en Artesa (para valores de β indicados)					
		20°	25°	30°	35°	40°	45°
400	23	42	47	51	54	56	58
450	30	55	61	67	70	73	76
500	38	70	77	84	89	93	96
550	48	87	96	105	111	115	119
600	58	106	116	127	134	139	145
650	69	126	139	151	160	166	173
700	81	148	163	178	188	195	203
750	94	172	189	206	218	227	235
800	108	198	217	237	251	261	271
850	123	225	247	270	286	297	308
900	139	254	280	305	323	335	348
950	156	285	314	342	362	376	391
1.000	173	318	350	381	404	420	436
1.100	212	389	428	467	494	513	533
1.200	255	467	513	560	593	616	640
1.300	301	552	607	662	701	729	756
1.400	351	644	709	773	818	850	883
1.500	406	744	818	892	944	982	1.019
1.600	464	850	935	1.020	1.080	1.122	1.165
1.800	592	1.085	1.193	1.301	1.377	1.432	1.486
2.000	735	1.348	1.482	1.617	1.711	1.779	1.846
2.200	894	1.639	1.803	1.967	2.081	2.163	2.245

Anexo1.6

Tabla 1.6 Coeficiente “K”

Inclinación	K
0	1
2	1
4	0,99
6	0,98
8	0,97
10	0,95
12	0,93
14	0,91
16	0,89
18	0,85
20	0,81
21	0,78
22	0,76
23	0,73
24	0,71
25	0,68
26	0,66
27	0,64
28	0,61
29	0,59
30	0,56

Anexo 1.7

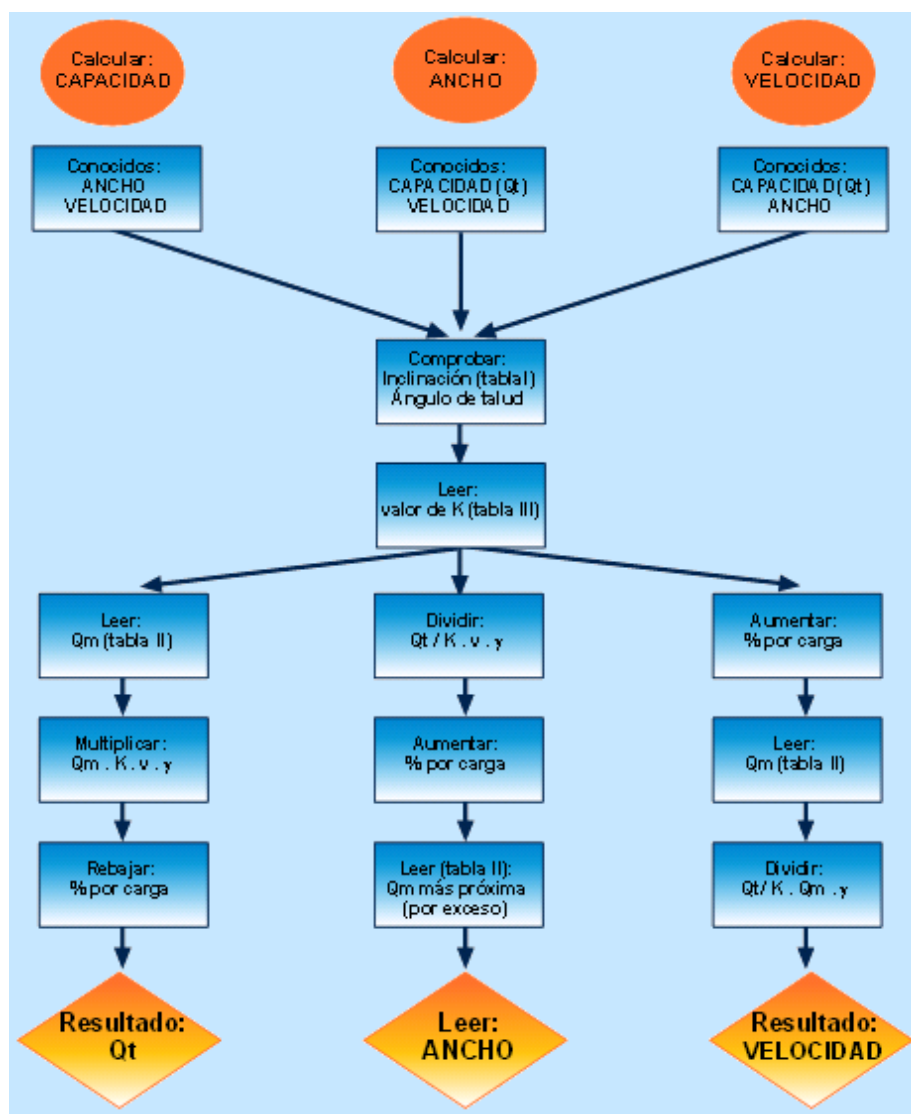
Tabla 1.7 coeficiente de corrección

Ángulo Talud	Montaje Plano	Montaje en Artesa (para valores de β indicados)					
		20°	25°	30°	35°	40°	45°
10	0,50	0,77	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30	1,50	1,24	1,21	1,19	1,17	1,16	1,14

Anexo 1.8

Resumido

en forma gráfica, el proceso de cálculo es el siguiente:



Anexo1.9

Tabla 1.9 Características de la bandas

Letra distintiva	Rotura (N/mm ²)	Alarg.Rotura (%)	Abrasión (mm ³)
W	18	400	90
X	25	450	120
Y	20	400	150
Z	15	350	250

Propiedad Especial	Letra
Antiestatico	E
Antiestatico y antillama	K
Antiesttatico y antillama y carcasa antillama	S

Tabla

Anexo 1.10

1.10 Calidad de la banda

Resistente a la temperatura	T
Resistente al frío	R
Resistente a aceites y grasas	G
Para alimentos	A
Para productos químicos	C

Anexo 1.11

Tabla 1.11 anchos de bandas normalizadas en mm

300	400	500	600	650	800	1000	1400	1600	1800	2000
-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------

Anexo 1.12

Tabla 1.12 Diámetros de tambores normalizados en mm

200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1400	1600	1800	2000
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------

Anexo 1.13

Tabla 1.13 Coeficientes de rozamiento entre banda y tambor motriz (Valor de μ)

Valores de α	Valor de(μ)
------------------------	-------------------

(grados)	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
180	1,37	1,60	1,87	2,19	2,57	3,00
190	1,39	1,64	1,94	2,29	2,70	3,19
200	1,42	,169	2,01	2,39	2,85	3,39
210	1,44	1,73	2,08	2,50	3,00	3,61
220	1,47	1,78	2,16	2,61	3,16	3,83
230	1,49	1,83	2,23	2,73	3,33	4,08
240	1,52	1,87	2,31	2,85	3,51	4,33
250	1,55	1,92	2,39	2,98	3,70	4,61
360	1,87	2,57	3,51	4,81	6,59	9,02
370	1,91	2,63	3,64	5,03	6,94	9,59
380	1,94	2,70	3,77	5,25	7,31	10,19
390	1,98	2,78	3,90	5,48	7,71	10,83
400	2,01	2,85	4,04	5,73	8,12	11,51
410	2,05	2,93	4,18	5,98	8,56	12,24
420	2,08	3,00	4,33	6,25	9,02	13,01

Anexo 1.14

Tabla 1.14.

Condiciones del tambor	Condiciones de ambiente	Valor de(μ)
Sin Recubrir	mojado	0,10
	húmedo	$0,10 \div 0,20$
	seco	0,30
Recubierto	mojado	0,25
	húmedo	$0,25 \div 0,30$
	seco	0,35

Anexo 1.15

Tabla1.15 Valor de (μ)

Valores de α	Valor de (μ)					
(GRADOS)	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35

180	2,71	1,66	1,14	0,83	0,63	0,49
190	2,54	1,55	1,06	0,77	0,58	0,45
200	2,39	1,45	0,99	0,71	0,54	0,41
210	2,26	1,36	0,92	0,66	0,49	0,38
220	2,14	1,28	0,86	0,62	0,46	0,35
230	2,02	1,21	0,81	0,57	0,42	0,32
240	1,92	1,14	0,76	0,54	0,39	0,30
250	1,83	1,08	0,71	0,50	0,37	0,27
360	1,14	0,64	0,40	0,26	0,18	0,13
370	1,10	0,61	0,38	0,25	0,17	0,12
380	1,06	0,59	0,36	0,24	0,16	0,11
390	1,03	0,56	0,35	0,22	0,15	0,10
400	0,99	0,54	0,33	0,21	0,14	0,09
410	0,96	0,52	0,31	0,20	0,13	0,09
420	0,93	0,50	0,30	0,19	0,13	0,08

Anexo 1.16

Tabla 1.16 Coeficientes de seguridad para banda de carcasa textil.

Numero de capas (Z)	de 3-5	de 6-9	más de 9
Coeficientes seguridad (S)	11	12	13

Anexo 1.17

Tabla 1.17 Diámetro mínimo del tabor motriz (m m).

Tipo de lona	Numero de lonas					
	2	3	4	5	6	7
EP-100	320	400	500	630	800	1.000
EP-125	320	400	500	630	800	1.000
EP-160	400	500	630	800	800	1.000
EP-200	400	630	800	1.000	1.250	1.400
EP-250	400	630	800	1.000	1.250	1.400

EP-315	500	800	1.000	1.250	1.400	1.600
EP-400	630	1.000	1.250	1.400	1.600	-
EP-500	800	1.000	1.400	1.600	-	-
EP-630	1.000	1.400	1.600	-	-	

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

..

Los que ansían la derrota de un enemigo, desean

Que este escriba un libro”

J. K. Galbraith (1997)

CAPÍTULO II

”

*El pensamiento estratégico es el arte de vencer
al adversario, sabiendo que éste está tratando de
hacer lo mismo que uno* ”

Avinash Dixit y Barry
Nalebuff,
Thinking strategically (1991)

CAPÍTULO III

”

*El éxito en la vida no está en la acumulación de
Eventos a través del tiempo, sino en la correcta
Selección de ellos* ”

Víctor Godwall Fuentes Frías (2003)

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA