

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Mecánica

Departamento de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE DIPLOMA

**“ Influencia de los parámetros de funcionamiento
en el consumo energético de los transportadores
continuos.”**

Autor: Ezequiel Felipe Bacallao Mesa.

Tutor: Mcs. Pedro Pablo Hidalgo Reina.

Santa Clara

2008-2009

"Año del 50 aniversario del triunfo de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Mecánica

Departamento de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE DIPLOMA

**“ Influencia de los parámetros de funcionamiento
en el consumo energético de los transportadores
continuos.”**

Autor: Ezequiel Felipe Bacallao Mesa ebacallao@uclv.edu.cu

Tutor: Mcs. Pedro Pablo Hidalgo Reina

Departamento de Ingeniería Mecánica. Pedroph@uclv.edu.cu

Santa Clara

2008-2009

"Año del 50 aniversario del triunfo de la Revolución"

PENSAMIENTO

Tu interpretación de lo que ves y oyes, es sólo eso, tu interpretación.

DEDICATORIA

Especialmente a mis padres Ricardo e Isabel

A mi hermano Ricardo

A mis abuelos

A todas mis tías y tíos

A mis primos

A mi novia Maria Victoria

A sus padres y a toda su familia

A mis amigos

A mi tutor y a mis profesores

Porque todos se han hecho imprescindibles

Felipe.

RESUMEN

El presente trabajo está basado en conocer la influencia de la variación de varios parámetros sobre la potencia e índice de consumo de transportadores industriales continuos.

Los transportadores analizados son los de banda, rastrillos, tablillas, cangilón y los de tornillo sin fin. Se presenta la metodología de cálculo de cada uno, se adecuan las mismas a los objetivos del trabajo y se tabulan los resultados realizándose a su vez los gráficos correspondientes para cada caso. Finalmente se analizan los resultados y se emiten las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

ÍNDICE

PENSAMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. TRANSPORTADORES CONTINUOS. ACERCAMIENTO TEÓRICO.....	7
1.1 Transportadores de banda.....	8
1.1.1 Ancho de Banda.....	10
1.1.2 Longitud.....	11
1.1.3 Rodillos de apollo de la banda.....	11
1.2 Transportador de tablillas.....	11
1.2.1 Características de la tablillas.....	13
1.2.2 Altura de las guarderas.....	13
1.2.3 Longitud.....	14
1.3 Transportadores de rastrillos.....	15
1.3.1 Los rastrillos.....	16
1.3.2 Peso de las cargas	16
1.4 Transportadores de cangilón.....	17
1.5 Transportadores sin fin.....	20
Conclusiones parciales	22
CAPÍTULO 2. Adecuación de las metodologías de cálculo para el análisis del consumo energético.....	23
<p>La influencia de distintos parámetros constructivos y de funcionamiento en la potencia demandada e índice de consumo en los equipos transportadores, es un factor a tener</p>	

en cuenta a la hora del cálculo, por lo que se debe tener cuidado al seleccionar los valores de estos parámetros.....	24
2.1 Bloque de toma de datos.....	24
2.2 Bloque de capacidad.....	25
CAPÍTULO 3. Análisis de los resultados	33
3.1 Transportadores de banda.....	34
3.2 Transportadores de tablilla.....	40
3.3 Transportadores de rastrillos	45
3.4 Transportadores de cangilón.	50
3.5 Transportadores sin fin	53
Conclusiones parciales	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
Conclusiones	58
Recomendaciones	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	61
Anexo I Inserte título del primer anexo	61
Anexo II Inserte título del segundo anexo	61

INTRODUCCIÓN

Los comienzos del transporte son tan antiguos como la Humanidad misma. En este sentido se puede decir, que el primer medio de transporte fue el propio hombre, asumiendo el cometido de “animal de carga“. De un transporte sobre los hombros o sobre la cabeza, se evoluciona al empleo de elementos auxiliares, como yugos y largueros para los hombros, o como sacas para colocar sobre las espaldas.

Pronto el animal es quien sustituye al ser humano en la tarea del transporte de carga. Con ello no se consigue un incremento en la velocidad del desplazamiento, pero sí en el volumen de la carga por un doble motivo: un solo animal es capaz de transportar mayor peso que el hombre, y cada hombre puede guiar simultáneamente a varios animales [1].

Muchas de las proezas que en materias de manipulación realizaron los antiguos, pondrían a prueba a los más modernos equipos de manejo de materiales. Ejemplos bien conocidos son la construcción de las pirámides en el antiguo Egipto y Roma. De menos renombre son las piedras de Stonehenge, que fueron erigidas en el sur de Inglaterra hacia el año 1500 antes de Cristo. Estas piedras, que pesan de 8 a 12 toneladas y tienen una altura de aproximadamente 8 metros, se supone que fueron extraídas en Gales del sur, llevadas en barco alrededor de Land's End y aguas arriba por el río Avon y después arrastradas en trineo tres millas por tierra hasta su actual situación [2].

En mayo de 1913 comienza a funcionar la primera cadena de montaje en la Ford Motor Company, y al cabo de poco tiempo ya se pusieron en marcha nuevas cadenas de montaje de otras producciones, con diversos tipos de transportadores. Durante la Primera Guerra Mundial muchas empresas adaptaron sus instalaciones a este nuevo sistema, que requiere el empleo de aparatos de transporte de recorridos fijos. Esta sigue siendo la principal técnica de fabricación para la producción en masa, hasta el estallido de la Segunda Guerra Mundial.

Durante el año 1920 otras compañías adoptaron el sistema de trabajo con transportadores para el movimiento de materiales, tanto a través del taller de

mecanización, como a lo largo de proceso de montaje. Al principio de este período fue también puesta en práctica la idea de llevar un juego de piezas acompañando al chasis o bastidor principal durante todo el montaje. La Packard Motor Car Company y la Hudson and Velie también emplearon este procedimiento en esa época, y en 1930 el sistema fue adoptado por la Standard Motor Car Company, de Coventry (Inglaterra), que lo ha usado de una forma u otra hasta el momento actual. Es interesante hacer notar que en la fábrica Packard el sistema fue suprimido en 1920 y se retomó después de la Segunda **Guerra Mundial**.

En los últimos años, los equipos transportadores se han desarrollado considerablemente y se han destacado por ser un medio de transporte muy seguro y económico.

El desplazamiento de materiales se ocupa de 5 elementos: movimiento, tiempo, lugar, cantidad y espacio. El transporte de productos consiste en el movimiento de la forma más eficiente al tiempo más adecuado, hacia y desde el lugar correcto, en la cantidad requerida, con la máxima economía de espacio. El desplazamiento no añade nada al valor del producto.

Los fabricantes de transportadores suministran productos ayudando a sus clientes lograr objetivos estratégicos. La selección del transportador apropiado puede tener un impacto decisivo en la actividad de los clientes. Los fabricantes abarcan una gran variedad de aplicaciones, incluyendo grandes cintas transportadoras industriales para materias primas pesadas, sistemas de equipajes para aeropuertos, distribución en almacenes, y requisitos de fabricación y producción en fábricas.

Quienes adquieren transportadores pensando en rentabilizar al máximo sus inversiones anteriores requieren actualizar sus sistemas con mejores sensores y sistemas de control. Antes de las demandas en el mercado, los usuarios se inclinan por sistemas de transportadores flexibles, tanto en la mecánica como en el software que lo controla.

En el mercado actual se encuentra una gran gama de tipos de transportadores diseñados especialmente para ser usados en las máquinas de transporte continuo. Ante

tal diversidad, un usuario no experto desconoce algunos factores que invalidan una selección hecha solamente sobre la base del transportador escogido.

Uno de los principales problemas de la industria cubana y mundial es el desconocimiento por parte de los operarios de aquellos factores que tienen mayor influencia en el consumo de energía de los transportadores continuos.

El Comandante en Jefe Dr. Fidel Castro Ruz, planteaba en la clausura del VII Fórum de Piezas de Repuesto y Tecnología de Avanzada, la importancia que tenía para el país en medio del período especial, prestarle la debida atención a eficiencia de nuestras industrias y al uso racional y disciplinado de la energía disponible [3].

Aunque la mayor parte de la técnica y métodos particulares que se explican en el texto se han desarrollado en la última década, algunos de ellos se estaban aplicando con éxito en un pequeño número de empresas hace treinta o cuarenta años.

Respecto al futuro inmediato del manejo de materiales, puede afirmarse lo siguiente:

✓ El transporte de materiales ya se considera como una parte de la enseñanza del director de empresa y del ingeniero. Por tanto, es una materia de suma importancia para todo aquel que estudie los métodos de producción.

✓ En el manejo de materiales se encuentran las mejores perspectivas de aumentar la producción y rebajar los costos en un futuro próximo. Por consiguiente, deben prestarle atención los jefes a quienes incumben estas funciones.

✓ El transporte de materiales está considerado como una especialidad profesional. Como tal, se le han reconocido y aceptado unos requisitos definidos y unos principios básicos.

✓ En el manejo de materiales tendrá una creciente aplicación en un campo amplio de actividades, además del ámbito normal de las fábricas o factorías. En muchos sitios, la aplicación de estas técnicas apenas acaba de empezar.

Debido a esto se planteó la siguiente hipótesis:

Hipótesis

Es posible la toma de medidas para la disminución del consumo de energía en los transportadores continuos a partir de del establecimiento de las relaciones entre los parámetros de funcionamiento y constructivos de los mismos, así como del Índice de Consumo y el Coeficiente de Utilización Técnica (CUT).

Problema

El problema fundamental que se plantea la presente investigación consiste en: la necesidad de aumentar la información en trabajadores y técnicos que se relacionan con los sistemas de transportación continua respecto al uso de los mismos, en especial en cuanto a la influencia de sus principales parámetros constructivos y de funcionamiento sobre el consumo energético.

Objetivo general

Determinar las relaciones que se establecen entre los parámetros constructivos y las variables operativas con el consumo de potencia en los transportadores continuos.

Objetivos específicos

1. Adecuar la metodología de cálculo existente de modo que se puedan establecer relaciones entre los parámetros de montaje y operación de los transportadores continuos con la potencia y el índice de consumo de los mismos.
2. Montar en hoja Excel las metodologías anteriormente mencionadas.
3. Establecer variadas relaciones entre las variables mencionadas en el primer objetivo.

Tareas a desarrollar.

1. Realizar una intensa búsqueda bibliográfica sobre transportadores continuos, especificando fundamentalmente en lo relacionado con el consumo de potencia, índice de consumo y afectaciones ambientales.
2. Establecer las variables a analizar para cada tipo de transportador continuo (banda, tablilla, rastrillos, cangilones, sin fin) y adecuar la metodología existente según el transportador en el caso analizado.
3. Seleccionar las expresiones de cálculo necesarias para el trabajo de acuerdo con la metodología seleccionada.
4. Montar las metodologías de cálculo en sistema Excel.
5. Análisis de variantes y comparación de resultado.

Justificación

La necesidad del trabajo se justifica, dada la gran cantidad de transportadores continuos que funcionan actualmente en nuestro país y la necesidad de conocer lo más profundamente posible la correlación entre sus variables de trabajo con vistas a establecer regímenes de operación que permitan aprovechar al máximo la capacidad de los mismos y disminuir el índice de consumo por tonelada de material transportado.

Vialidad

Es totalmente viable desarrollar estos análisis ya que con cualquier herramienta matemática (en particular el Excel) y con las metodologías de cálculo ya aplicadas y probadas en la práctica se pueden establecer estas relaciones con una precisión bastante elevada.

Novedad científica

Uso de la relación existente entre los principales parámetros constructivos y de funcionamiento con el consumo energético en transportadores continuos, para argumentar determinadas normativas que aparecen en la bibliografía o para criticar las mismas.

CAPÍTULO 1. TRANSPORTADORES CONTINUOS. ACERCAMIENTO TEÓRICO.

Los transportadores son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto.

Se pueden clasificar por su función en transportadores continuos y discontinuos. El primer grupo está dado por la transportación de carga a granel o en bultos a través de una ruta dada sin que se produzcan paradas para la carga y descarga del material transportado. Aquí se pueden encontrar los transportadores de banda, tablillas, rastrillos, cangilones, sin fin, entre otros. En el segundo grupo se encuentran las grúas, los elevadores de carga, cargadores, funiculares, entre otros. Como su nombre lo dice, se caracterizan por la entrega periódica de la carga, en porciones separadas, condicionadas por la capacidad de la máquina.

En casi todas las industrias, los equipos transportadores continuos sirven para una gran variedad de propósitos, además tienen una amplia aplicación en otras actividades comerciales y de servicios. Estos equipos permiten el transporte con un flujo uniforme de una operación a otra, además, efectúan muchas otras funciones tales como distribuir el material, carga a granel y llenado de contenedores.

Su función principal es garantizar la continuidad de las operaciones teniendo en cuenta sus características, aplicaciones y tipo. La gran variedad de transportadores hacen de este equipo un auxiliar indispensable en la industria.

Los transportadores continuos, incluyendo los elevadores de cangilones, resultan de gran interés para el ingeniero mecánico dada su importancia desde el punto de vista industrial así como desde la perspectiva académica ya que este tema agrupa enseñanzas relacionadas con la mecánica, la hidráulica y la resistencia de materiales.

1.1 Transportadores de banda.

Los transportadores de banda (anexo I) primitivos fueron fabricados desde el siglo XIX. En 1901, Sándwich 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, en Michigan.

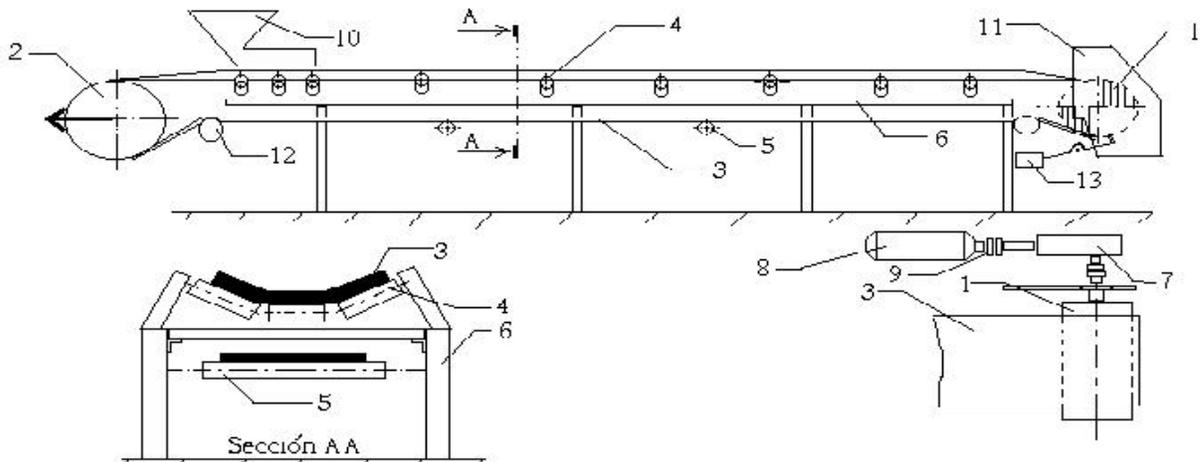
Los transportadores de banda son muy utilizados en la actualidad debido a la versatilidad de sus funciones, lo mismo se puede trabajar con bultos que con materiales a granel. Estos pueden trabajar desde pocos kilogramos hasta una alta capacidad de 20 000 toneladas por horas debido a las altas velocidades, anchos de banda y ángulos a los que puede trabajar.

Un transportador de banda consta, en general, de dos tamboras, una de ellas motriz y la otra de cola, unidas entre sí por una banda, la cual se mantiene en tensión por un sistema de atesado. Para evitar que se produzca una flecha grande en la banda, este se apoya sobre rodillos de apoyo, en la rama descargada y en la cargada, los cuales están sujetos a la estructura del transportador. El movimiento de la banda es impartido a través de la tambora motriz, por el sistema de transmisión [4].

La transportación del material se efectúa casi siempre por la rama superior, aunque existen diseños especiales que permiten la transportación por la rama inferior, e inclusive por ambos ramales a la vez.

Este transportador es el que consume menos potencia por toneladas de material manipulado. Es uniforme y silencioso, además su construcción y montaje es simple comparado con los demás transportadores [5].

A continuación se muestran las principales partes que componen este tipo de transportador:



- | | |
|--|-------------------------|
| 1- Tambora motriz. | 7- Reductor. |
| 2- Tambora de cola. | 8- Motor. |
| 3- Banda. | 9- Acoplamientos. |
| 4- Rodillo de apoyo de la rama de carga. | 10- Tambora de carga. |
| 5- Rodillo de la rama de descarga. | 11- Embudo. |
| 6- Estructura. | 12- Tambora deflectora. |
| | 13- Limpiador. |

1.1.1 Ancho de Banda

En estos transportadores la banda es el órgano portador de la carga y el de tracción al mismo tiempo. El espesor de la cubierta superior y la naturaleza del mismo dependen del grado de abrasividad del producto a transportar y del tiempo que demora la banda en completar un ciclo.

Para la selección de la banda hay que tener en cuenta su resistencia a la tracción y esta a su vez depende de la resistencia de las capas interiores.

La selección la banda es básica, pues en primer lugar su elevado costo por metro de longitud hace excesivamente caro cualquier cambio de la misma si no resistiera las tensiones aplicadas sobre ella y si se selecciona una banda mucho más resistente de lo necesario (lo cual implica un material de más calidad o un mayor número de capas internas), se encarece innecesariamente la inversión sin una necesidad justificada para hacerlo. Téngase en cuenta que el costo de la banda puede representar un 40 % del total del equipo y es un componente que es necesario importar de países desarrollados.

En el mercado mundial, según la página Web de la compañía Flexicon [6], unas de las mayores exportadoras de transportadores continuos a nivel mundial, dice que los anchos de banda se producen normalizados en la siguiente serie (en mm.): 300; 400; 500; 600; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000. Las más utilizadas están en el orden de 400 a 800. Bandas más estrechas que 400 mm., o más anchas que 2000

mm., se pueden proveer por los fabricantes pero por encargo y a un precio más elevado.

1.1.2 Longitud.

La longitud es otro parámetro fundamental a analizar pues no es lo mismo transportar una capacidad determinada pocos metros que un kilómetro.

Esta influye directamente en la potencia y a su vez en el índice de consumo puesto que el motor tiene que trabajar más. Si los transportadores de banda se colocan en serie las distancias a cubrir serían ilimitadas.

Por otra parte está presente la resistencia a la rotura de la banda, cuando más largo sea el transportador mayor posibilidad tendría de efectuarse la rotura.

1.1.3 Rodillos de apollo

Dentro de las funciones de los rodillos de apoyo figura la de sostener la banda para que la flecha de ésta no supere límites determinados, resguardar a la banda de los contactos del transportador con las partes fijas, delinear un cuerpo geométrico para formar la vena de material que es soportado por la banda. Este implemento se presenta tanto en la rama inferior como en la superior. En la inferior siempre se colocarán rodillos planos que no es más que uno solo. Para la rama superior pueden colocarse además, dos, tres o cinco rodillos denominándoseles acanalados [7]. Para el caso de uno y tres rodillos las ecuaciones de están dadas en el texto de José María Oriol, no así la de dos y cinco rodillos, que tienen la misma importancia y no vienen referidas.

1.2 Transportador de tablillas

Los transportadores de tablillas (ver anexo II) son equipos de muy amplio uso en la industria. Su mayor empleo reside en la transportación de la caña, tanto en los centrales azucareros como en varios equipos de cosecha. Se utilizan también en la industria de materiales de la construcción, minero- metalúrgica, entre otras.

Este tipo de transportadores juega un papel muy importante en instalaciones donde la estabilidad y la ausencia de vibraciones es un requisito indispensable, normalmente, al integrarse en grandes líneas de producción.

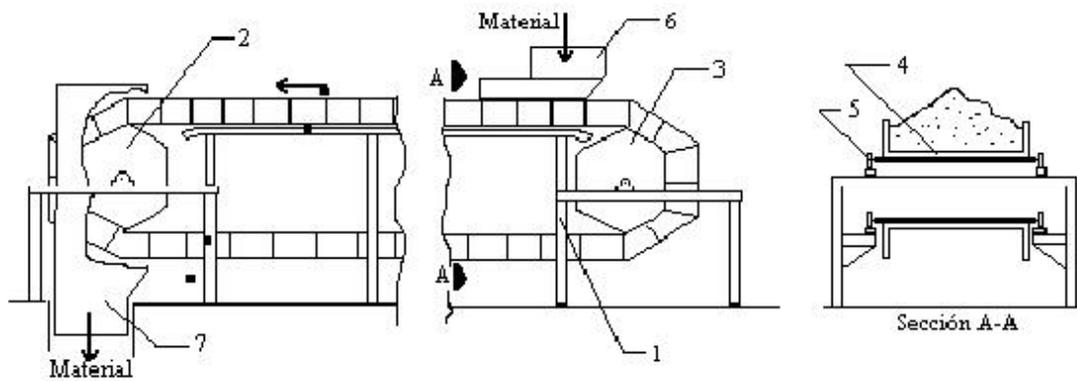
El transportador de tablillas es robusto en diseño, proporcionando un duradero y confiable rendimiento. El medio de transporte es un manto de tablillas metálicas, según las necesidades del cliente, y son ideales para el transporte de paletas, cajas e incluso grandes productos [8].

Desde el punto de vista físico se asemejan a los transportadores de banda, ya que aquí la carga también se traslada de una manera continua por la rama superior del equipo, mientras que por la rama inferior retrocede el órgano de carga vacío. También este equipo posee un órgano de tracción flexible, en este caso se trata de una o varias cadenas sobre las cuales se monta el entablillado.

Los transportadores de tablilla se componen de un estructura metálica, en cuyo extremo se coloca una catalina motriz y una catalina de cola, que forma parte del sistema de atesado. La estructura soporta al órgano portador, compuesto por tablillas que se acoplan al órgano de tracción, generalmente compuesto por dos cadenas. A la tambora motriz se acopla el resto del sistema motor [4].

El transportador de tablilla tiene uno o dos tolvas, que suministran el material al transportador y que pueden estar en cualquier punto de la rama cargada, la descarga se realiza al final de la traza mediante un embudo de descarga. Estos transportadores se emplean en la transportación de materiales a granel y en bultos, por trazas horizontales o inclinadas. Tienen un amplio uso en la industria química metalúrgica, extractiva, cañera, etc. A diferencia de los de banda estos transportadores manipulan normalmente cargas pesadas, en pedazos grandes, abrasivos y calientes.

Para una mejor comprensión a continuación se ofrece un esquema de este tipo de transportador:



- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1- Estructura metálica. | 5- Órgano de tracción. |
| 2- Catalina motriz. | 6- Tolva de carga. |
| 3- Catalina de atesado. | 7- Embudo de descarga |
| 4- Tablillas. | |

1.2.1 Características de la tablillas.

Las tablillas antiguamente se fabricaban de madera, posteriormente se utilizó el acero debido al alto costo de la madera, en la actualidad se está buscando hacerlas de materia orgánica como por ejemplo el bambú, pues si el acero se rompe acaba con parte del sistema, por ejemplo, las cadenas. Las tablillas pueden ser lisas u onduladas y se ofertan en una amplia gama de longitudes para proveer todos los anchos de entablillado necesario.

Dentro de esta gran variedad de anchos del entablillado se encuentran los siguientes anchos: 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600 mm.

1.2.2 Altura de las guarderas

La solución de colocar bordes o paredes laterales en el entablillado se utiliza cuando se desea aumentar la capacidad sin ocupar grandes espacios horizontales. Los bordes del entablillado pueden ser fijos o moverse con el mismo.

Mientras más altas sean las guarderas entonces mayor será el peso sobre el entablillado, mayor resistencia al movimiento, mayor tensión en las cadenas y mayor

capacidad a transportar, y por su puesto esto a su vez influirá sobre el índice de consumo.

Según Oriol la altura está predeterminada por el ancho del entablillado y debe estar en el rango de 100 a 320 mm.

1.2.3 Longitud

Al igual que en el transportador de banda, aquí también presenta una gran influencia directa en la potencia consumida por el motor. A diferencia de los de banda estos transportadores manipulan normalmente cargas pesadas, en grandes pedazos, abrasivos y calientes, por lo tanto no pueden presentar longitudes por encima de las calculadas sino lógicamente se romperían las cadenas que son el órgano motriz de este tipo de transportadores.

Estos tipos de transportadores presentan ventajas y desventajas frente a sus similares, las cuales se muestran a continuación.

Ventajas

- Pueden transportar cargas pesadas, en grandes pedazos, y a elevada temperatura.
- Alcanzan capacidades de 20 000 kN/h (2000t/h) o más.
- Las trazas son de gran longitud, con la posibilidad de usar accionamientos intermedios.
- Se mueven con gran suavidad y sin ruido.
- Pueden cargarse directamente sin usar alimentadores.
- Admiten una amplia gama de trazas diferentes, con radios de curvaturas menos que los transportadores de banda.

Desventajas

- Elevado peso propio de las cadenas y las tablillas.
- Elevado costo por la complejidad de su fabricación.
- Mantenimiento complejo debido al gran número de articulaciones.

1.3 Transportadores de rastrillos

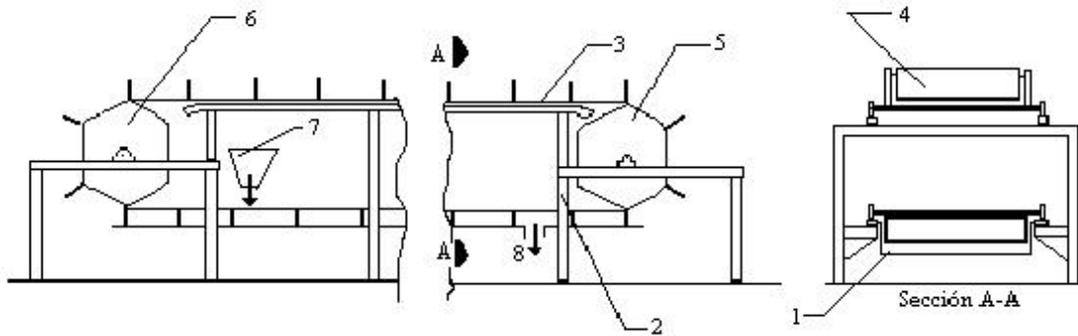
A diferencia de los transportadores de banda y tablilla en que el material se traslada colocado sobre el órgano portador, en el transportador de rastrillos (ver anexo III), la carga es arrastrada sobre una canal o un conducto. Es por esto que en ocasiones se les denomina también transportador de arrastre.

Una particularidad de este equipo es que puede transportar cargas por ambas ramas a la vez o a intervalos (primero por una y después por la otra) aunque, como es lógico, cada una de las ramas traslada el material en distinto sentido. A esto puede añadirse la posibilidad de cargar y descargar el material en cualquier punto de la traza; la simplicidad del diseño y la posibilidad de hermetizar la transportación en caso que se desee [10].

Por otra parte, los transportadores de rastrillos son capaces de transportar cargas a granel con mayores ángulos de inclinación que los de tablillas y que los de banda.

Las partes componentes de un transportador de rastrillos son, generalmente, una canal o un conducto fija a la estructura, a lo largo de la cual se mueve el órgano de tracción, que casi siempre es de cadena y en la cual se acoplan los rastrillos. También constan de un sistema motor y un sistema de atesado. El material se recibe mediante una o varias tolvas alimentadoras y se cargan a través de aberturas, hechas en la canal o conducto, a lo largo de la traza.

A continuación se muestra un esquema del mismo para entenderlo mejor:



- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1- Canal. | 5- Catalina motriz. |
| 2- Estructura. | 6- Sistema de atesado. |
| 3- Órgano de tracción. | 7- Tolva de alimentación. |
| 4- Rastrillos. | 8- Abertura de descarga. |

1.3.1 Los rastrillos

Los rastrillos pueden ser de diferentes formas y tamaños, dependen por lo general de la estructura que tenga la canal. La altura de estos es de dos a cuatro veces menor que su ancho. Pueden ser redondos, rectangulares o en forma de trapecio. Posee en sus extremos un aditamento que los fija a la cadena. Se construyen por lo general de madera o de acero, pero cuando el ancho es menor de 320 mm. Se pueden construir de plástico.

Según Oriol los anchos de los rastrillos más utilizados en la industria están en el orden de 500 a 1000 mm, pero se pueden encontrar de 200, 250, 320, 400, 500, 650, 800, 1000 1200 mm mientras que otros valores se pueden consultar con el fabricante a un costo mayor que los preestablecidos anteriormente.

1.3.2 Peso de las cargas

El peso de las cargas debe tenerse muy en cuenta a la hora de comprobar un transportador puesto que este no puede ser variado. Los pesos que influyen son los de los rastrillos, las cadenas y el material a transportar. El peso de los rastrillos depende

del ancho que tengan los mismos, mientras que la carga depende de la densidad del material. Las cadenas dependen del número de las mismas a utilizar.

El peso influye directamente en la potencia pues a mayor peso, mayor tensión en las cadenas y a su vez mayor potencia tendrá que consumir la unidad motriz, influyendo directamente en el índice de consumo que no es más que la relación de la potencia entre la capacidad [11].

Ventajas

- Simpleza en el diseño y poca exigencia en el acabado de sus partes exigentes.
- Posibilidad de transportación de la carga en sentidos contrarios, empleando la rama superior e inferior.
- Fácil carga y descarga del material en cualquier punto de la traza.
- Hermeticidad de la canal lo que evita formación de polvo y pérdida del material.

Desventajas

- Rápido desgaste de la canal y las partes móviles, especialmente cuando se transportan materiales abrasivos.
- Alto consumo de energía.
- Tendencia a la trituración, lo que es inadmisibles para algunos materiales como la azúcar, coke, etc.

1.4 Transportadores de cangilón

Los elevadores de cangilones (ver anexo IV) son la solución para el transporte de las mercancías del granel donde se requiere el transporte vertical. Los elevadores de cangilones combinan transporte horizontal y vertical en una instalación. El producto se alimenta en los cangilones del ascensor. Los cangilones se aseguran de tal modo que

durante el transporte vertical se anulen o minimicen los daños, desperdicios o cambio de las composiciones posibles. Su uso está muy extendido en la industria alimenticia y química, los centrales azucareros, molinos de trigo, almacenes de granos, fundiciones, industria de los materiales de la construcción, etc.

Un elevador de cangilones está compuesto por un órgano de tracción, que puede ser de banda o de cadena, en la cual se fijan los cangilones. Todo el conjunto se mueve alrededor de la tambora motriz y la de atezado, colocadas en el extremo superior e inferior respectivamente. En el caso que se usen cadenas como órgano de tracción, en lugar de tamboras se utilizan catalinas. Todo lo anterior va encerrado en una armazón metálica compuesta por tres partes bien definidas: la parte superior, la sección intermedia y la parte inferior [6].

En la parte superior se sitúa el sistema propulsor, compuesto generalmente por el reductor, el freno y el motor eléctrico, en la parte inferior se sitúa el sistema de atezado. El material se introduce al elevador por un conducto y se descarga por otro conducto.

Este elevador permite transportar verticalmente cualquier producto a granel con bajos porcentajes de humedad y una granulometría media. El transporte se realiza mediante cangilones de chapa (acero al carbono o Inoxidable) o PVC, fijados sobre la banda con tornillos y grapas

El cabezal de carga incorpora el sistema tensor de banda así como la nariz o boca de recepción de material, permitiendo una sencilla transferencia del material.

El ancho de banda, tipo de cangilón, capacidad y velocidad de transporte, dependerán del producto y las características propias de cada instalación [6].

Para tener una imagen más exacta de este tipo de transportador se muestra a continuación un esquema del mismo:

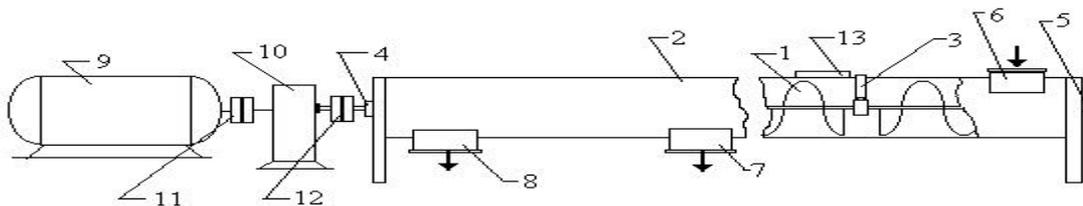
1.5 Transportadores sin fin

Los transportadores sin fines o extractores extra-pasantes (ver anexo V) han sido desarrollados para aplicaciones con temperaturas medias-altas y temperaturas altas. Por esta razón los soportes intermedios no están presentes. Están fabricados de acero al carbono o acero inoxidable con un tratamiento superficial apropiado. Consisten en un canal en U equipado a lo menos de una boca de salida, placa de extremidad a cada extremidad del canal, un espira helicoidal soldada por autógeno en el centro del tubo con acoplamiento embridado a cada extremidad, 2 soportes de extremidad con juntas, y una tapa equipada usualmente de a lo menos una boca de entrada [12]. Además, los sinfines transportadores están equipados de un motoreductor adaptado a cada aplicación. Los principales productos que se pueden utilizar mediante este sistema son azúcar, harina, granos, pulpa de remolacha, carne picada, entra otros.

Estos transportadores son un sistema capaz de mover materiales a granel, prácticamente en cualquier dirección, proporcionando variedad de opciones para su manejo de manera eficaz y confiable. Operan con el principio de un tornillo helicoidal rotatorio que hace avanzar el material hacia un canal o cilindro.

Son compactos, calculado y fabricado de acuerdo a las características granulométricas del material a transportar [8].

Para tener una idea mejor de este tipo de transportadores se presenta un esquema del mismo.



- | | | | |
|----|-----------------------|----|---------------------------------|
| 1- | Helicoide. | 5- | Chumacera trasera. |
| 2- | Artesa. | 6- | Compuerta de entrada. |
| 3- | Chumacera intermedia. | 7- | Compuerta intermedia de salida. |
| 4- | Chumacera delantera. | | |

- | | | | |
|-----|------------------------------|-----|--------------------------|
| 8- | Compuerta extrema de salida. | 11- | Acoplamiento. |
| 9- | Motor. | 12- | Acoplamiento. |
| 10- | Reductor. | 13- | Compuerta de observación |

Conclusiones parciales

- ✓ Dada la explicación de este capítulo puede deducirse que estamos en presencia de equipos similares en cuanto a materiales a transportar, sistema de movimiento y operación pero que difieren por el órgano de tracción.
- ✓ Los transportadores industriales continuos son comercializados en el mundo entero por lo que en Internet existe amplia bibliografía para la realización de otros trabajos relacionados con el tema.
- ✓ En este grupo de 5 transportadores industriales existen marcadas diferencias por lo que hay que tener un conocimiento aunque sea básico para la selección y manipulación de los mismos

CAPÍTULO 2. Adecuación de las metodologías de cálculo para el análisis del consumo energético.

La influencia de distintos parámetros constructivos y de funcionamiento en la potencia demandada e índice de consumo en los equipos transportadores, es un factor a tener en cuenta a la hora del cálculo, por lo que se debe tener cuidado al seleccionar los valores de estos parámetros.

- ✓ En transportadores de banda se analizará: ancho de banda, longitud del transportador y número de rodillos.
- ✓ En transportadores de tablillas: ancho del entablillado, longitud y altura e las guarderas.
- ✓ Para transportadores de rastrillos: ancho del transportador, altura de la canal y longitud.
- ✓ Los parámetros analizados en los de cangilón son:
- ✓ En los de tornillo sin fin están: diámetro y paso,

En este capítulo se resumen las metodologías de cálculo utilizada normalmente para el cálculo de transportadores, así como se explica las modificaciones que se le hacen a las mismas para analizar la influencia de los parámetros previstos anteriormente, en el consumo de potencia en cada uno de los transportadores abordados

2.1 Bloque de toma de datos

Para la correcta selección del tipo y parámetros de las máquinas transportadoras es necesario tener muy en cuenta las propiedades y características del material a transportar.

Este bloque es el que se dedica a la toma de datos, que en este grupo de transportadores es el mismo para todos los casos.

Dentro de este se debe encontrar el peso específico, la densidad, el grado de abrasividad y el ángulo de reposo estático del material a transportar, así como la longitud y ángulo de inclinación de los distintos tramos del transportador en cuestión.

El peso específico no es más que el peso de sus partículas secas a temperaturas de 100 a 105^o C. durante 2 o 3 horas, en relación del volumen de agua desplazado por

estas y se designa por la letra γ . El ángulo de reposo ó de talud es el que se forma con el desplazamiento de la superficie lateral sobre la horizontal cuando se deja caer el material libremente formando una pila. Este es denominado con la letra griega ϕ . La densidad está dada por el peso específico dividido entre la gravedad de la tierra, se simboliza con la letra griega ρ .

La abrasividad es la propiedad de los materiales de desgastar la superficie con la que están en contacto cuando hay movimiento relativo. El largo y ángulo de inclinación del transportador está dado por el fabricante atendiendo a la distancia y diferencia de altura a la que se quiere transportar el material, así como a las características y dimensiones del local en el cual será operado el transportador.

2.2 Bloque de capacidad.

La capacidad de una máquina de transporte continuo está dada por la cantidad de material que esta puede entregar por unidad de tiempo, transportándola en una distancia y dirección determinada.

Este bloque se dedica, como su nombre lo dice, al cálculo de la capacidad que presenta cada transportador para mover materiales a un punto determinado. Este depende de varios factores los cuales serán variados para ver su influencia sobre la misma y en el índice de consumo. Para cada tipo de transportador existe un factor por el cual es multiplicado en la ecuación [13].

La forma para determinar la capacidad en los transportadores de banda queda dada por la ecuación de continuidad, la cual expresa que:

$$Q_p = A * v * \rho$$

El área de la sección transversal de la vena de material depende del ancho de banda así como de la cantidad de rodillos que tenga el transportador por lo que la expresión queda:

$$Qp_{1r} = 576 * B^2 * V * \rho * C * tg \varphi_d$$

Para Un rodillo.

$$Qp_{3r} = 160 * \rho * A * V * C * B^2 [3.6tg(0.35\varphi) + 1]$$

Para tres rodillos.

$$Qp_{2r} = 100 * \rho * V * C * B^2 [5,7(0.35\varphi) + 1]$$

Para dos rodillos.

$$Qp_{5r} = 340 * \rho * A * C * V * B^2 [1,7tg(0,35\varphi) + 1]$$

Para cinco rodillos

En el caso de los rastrillos [14], se toman el ancho de los rastrillos y su altura, al multiplicarlos por la velocidad se establece un volumen por unidad de tiempo, el cual es afectado por el coeficiente de llenado, ya que el espacio entre rastrillos no está totalmente lleno y por el coeficiente de disminución por inclinación del transportador, que afecta a los equipos con pendientes muy pronunciadas de elevación y se multiplica por la densidad del material. La expresión resultante queda como:

$$Q_p = 3600.B.H.V.\rho.\psi.C_3$$

En cuanto a tablillas [15] existen dos criterios para calcular la capacidad, se basan en la existencia o no de Guarderas laterales, por consiguiente quedan expresadas:

$$Qp = 648.B^2.\rho.v.C_2.tg(0,4\varphi)$$

Sin guarderas.

$$Qp = 900.v.B.\rho [B.C_2.tg(0,4\varphi) + 4.H.\psi]$$

Con guarderas.

En los transportadores de cangilón la capacidad depende de la velocidad, la densidad, el factor de llenado, la capacidad lineal del equipo. La fórmula para su cálculo queda [16].

$$Qp = 3,6.\frac{i_0}{a}.v.\psi.\rho$$

Por último y no menos importante están los transportadores de tornillo sin fin [17], los cuales para el cálculo de capacidad están en función de su diámetro, paso, la velocidad angular, el factor de llenado y la densidad del material a transportar. La expresión es:

$$Q_c = \frac{60.\pi.D^2.S.n.\psi.\rho}{4}$$

2.3 Cálculo de los pesos de los distintos elementos que actúan sobre el transportador

Las cargas que actúan en cada transportador están determinadas por su propio peso, el de la carga que transportan y por los aditamentos (rodillos)

Para el caso de transportadores de banda, tablilla, rastrillos y cangilón el peso de la carga es determinada por:

$$q_c = \frac{Q \cdot g}{3,6V}$$

Para el de tornillo sin fin lo que se calcula es la fuerza máxima que actúa en el tornillo, que queda

$$P = \frac{M_0}{r \cdot \text{tg}(\phi_s + \theta)}$$

Donde P es Fuerza máxima que actúa sobre el tornillo, Mo es el Torque a transmitir, r el radio del tornillo, ϕ_s el ángulo de fricción del material, que es igual al arco tangente del coeficiente de fricción entre el material y el acero y θ el ángulo de la hélice del tornillo.

Este ángulo se determina por $\theta = \text{arctg.}[S/(\pi \cdot D)]$

También está presente el peso del órgano tractor, ya sea la banda las tablillas, los rastrillos, el cangilón o el tornillo.

El peso de los rodillos se puede calcular por

$q_{rs} = G_{rs}/l_{rs} \rightarrow$ De los rodillos superiores. $q_{ri} = G_{ri}/l_{ri} \rightarrow$ De los rodillos inferiores

El peso de las tablillas más las cadenas está determinado por:

$$q_0 = 600 (B + A)$$

Donde q_0 es el peso lineal de las tablillas más las cadenas, B es el ancho del entablillado y A es el coeficiente que depende del ancho y del tipo de tablilla utilizado.

En el caso de los de rastrillos el peso de la cadena y rastrillos se puede determinar por:

$$q_0 = k_q \cdot q$$

Donde k_q es el factor que depende del número de cadenas y q es el peso lineal de la carga.

Para el órgano de tracción más los cangilones se aplica la expresión:

$$q_0 = k_2 \cdot Q \cdot g$$

Donde q_0 es el peso lineal del órgano de tracción más los cangilones, k_2 es el factor que depende del tipo de cangilón y de la capacidad del conductor así como del tipo de órgano de tracción, Q es la capacidad potencial y g es la gravedad de la tierra.

Para los transportadores de tornillo sin fin lo que se calcula es el torque necesario, el cual queda determinado por:

$$M_0 = \frac{9550 N_0}{n}$$

Donde M_0 es el torque a transmitir, N_0 es la potencia demandada por el sin fin y n es la velocidad angular.

2.4 Bloque de tensiones

Las tensiones, no son más que las fuerzas que actúan en los transportadores a lo largo de la traza.

El bloque de tensiones tiene como objetivo determinar la distribución de tensiones a lo largo del recorrido del transportador. Con esta distribución se podrá conocer la ubicación y valor de la tensión máxima, para luego compararla con el valor de tensión de rotura del órgano motriz. Por otra parte, al conocer la tensión a la entrada y a la salida del sprockets o tambora motriz, se puede determinar la potencia que demanda el equipo. Muchas veces la tensión de entrada coincide con la tensión máxima.

Para determinar la diferencia de tensiones entre el inicio y el final de un tramo recto se utiliza la expresión

$$\Delta S_i = (q \cdot W_c + q_o \cdot W) L_i \cdot \cos \beta_i \pm (q + q_o) \cdot L_i \cdot \sin \beta_i$$

El signo positivo entre el primer y el segundo término de la ecuación se toma cuando el tramo es ascendente y negativo, cuando es descendente.

Para el caso de los transportadores de banda, tablilla y rastrillos, se deben seguir los siguientes pasos:

1) Se establece el número de puntos notables de tensión y se numeran como 1 a la salida del sprockets o tambora motriz (según el caso que sea), el subíndice de la tensión se incrementa cuando el transportador ha pasado por un tramo recto o por un cambio de dirección y al final se tendrá el punto n a la entrada de la tambora o sprockets de salida.

2) Se calculan las diferencias de tensiones cuando el transportador atraviesa un tramo recto. Se asume una tensión mínima en cuanto a su valor y su ubicación de modo que se garantice el atesado necesario para el correcto funcionamiento del transportador. Este valor mínimo varía según el tipo de transportador, así como su capacidad y longitud. En general se recomienda, para el caso de transportadores de banda, 500 N; para transportadores de tablillas, entre 1000 y 3000 N; para rastrillos, entre 3000 y 10000 N.

3) Si existe una parte del transportador que posee inclinación entonces será necesario determinar si el incremento de las tensiones (ΔS) en la rama de retorno de

este tramo inclinado es negativa ya que en este caso la tensión mínima pudiera estar al final de este tramo inclinado, en la rama de retorno.

El cálculo de las tensiones en los transportadores de cangilón es muy sencillo. Con los puntos de distribución de las tensiones y las resistencias distribuidas y concentradas podrán ser determinadas las tensiones en dichos puntos. Aquí puede siempre asumirse una tensión mínima a la entrada de la tambora de retorno, que sea siempre mayor de 500 N

Los otros pasos del cálculo de un transportador de cangilones son similares a los que se han desarrollado para los demás transportadores (sobre todo de los transportadores de banda). Si el órgano de tracción empleado es una banda, la resistencia a la tracción de la misma disminuye en un 10 %.

2.5 Bloque de potencia

La potencia de un transportador no es más que la energía que consume en transportar una cantidad de material en una unidad de tiempo.

La ecuación por la cual se rige, para el caso de banda, tablilla, rastrillos y cangilón es:

$$N = \frac{W_o \cdot V \cdot k_s}{1000 \eta_t}$$

Donde W_o es el tiraje efectivo, k_s es el factor de sobrecarga del motor y η_t es la eficiencia total de la transmisión.

Para los de tornillo sin fin queda determinada

$$N_m = \frac{Q \cdot L \cdot k_s (W_o + \text{sen } \beta)}{367 \cdot \eta_t}$$

Donde L es la longitud del transportador, Q es la capacidad del transportador, β es el ángulo de inclinación del transportador y η_t es la eficiencia total de la transmisión.

Para calcular la potencia demandada por la unidad motriz del equipo, se tiene que saber el valor del tiraje efectivo, o sea, la diferencia entre las tensiones de entrada y de salida de los sprockets motrices del transportador, mediante la expresión.

$$W_0 = S_n - S_1$$

Por último se calcula el índice de consumo que no es más que la relación de la potencia demandada entre la capacidad de transportación, o sea, el consumo de energía eléctrica por la cantidad de material trasladado. Queda determinado por la expresión:

$$IC = \frac{N}{Q_R}$$

Conclusiones parciales

De los análisis de las metodologías desarrollados en este capítulo se desprenden las siguientes conclusiones:

- ✓ Para calcular la capacidad potencial se aplican variantes de la ecuación de continuidad, o sea, la capacidad potencial depende de la velocidad de la vena de material, de la densidad del mismo y del área de flujo, la cual toma distintas formas para cada tipo de transportador.
- ✓ Las tensiones, en los cinco tipos de transportadores, dependen de los pesos que se mueven a lo largo de la traza, de las longitudes de los tramos, las inclinaciones de los mismos y de las resistencias locales por cambios de dirección. Sus ecuaciones son muy similares pero poseen algunas particularidades en cada caso.
- ✓ Una vez calculadas las tensiones a lo largo de la traza, y con los valores de tensión a la entrada y a la salida del órgano motriz, se puede calcular la potencia y con ella el índice de consumo. Estas expresiones son exactamente iguales todos los casos.

CAPÍTULO 3. Análisis de los resultados

Con los elementos tratados en los capítulos anteriores se analizó cada uno de los transportadores en sus particularidades y a partir de la situación actual se plantearon varios escenarios para prever qué cambios podían producir mejoras en sus resultados tecnológicos o energéticos. En todos los casos, el trabajo permite que se realicen cambios futuros. Para ello se montaron todas las expresiones de cálculo que se explicaron en el capítulo anterior en hojas de cálculo Excel.

El método empleado para desarrollar los análisis de las variables en los cinco tipos de transportadores, es el que se describió en la introducción de este trabajo, o sea, se montaron las metodologías de cálculo en hojas en Excel. Entre ellas hay muchas similitudes pero también existen diferencias que hacen que no se puedan superponer dos metodologías en un solo tipo de hoja. De aquí que fue necesario montar un sistema para cada uno de los transportadores analizados.

3.1 Transportadores de banda

Para este tipo de transportador se supusieron tres escenarios, donde solamente se varió una de estas:

- ✓ Variación del ancho de banda.
- ✓ Variación de los perfiles de los rodillos superiores.
- ✓ Variación de la longitud.

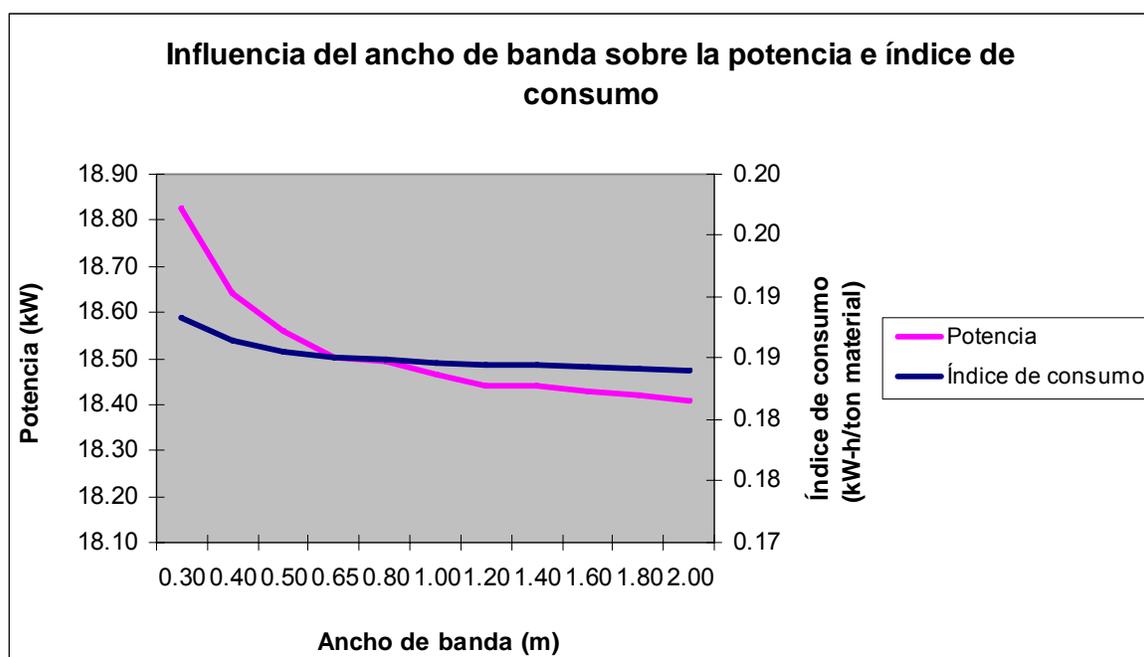
En el caso que se varía el ancho de banda, se supuso que eran rodillos planos, la capacidad de transportación era de 100 toneladas por hora, el ángulo de inclinación era de 15 grados y la densidad del material a transportar era de 1.5 toneladas por metro cúbico. En todos los casos por razones de tamaño, el Excel no se pudo copiar completo pero si se realizó una tabla donde se expresan los resultados sobre el parámetro analizado con respecto a la potencia e índice de consumo.

Para el caso del ancho de banda se tiene:

Transportadores de banda.			
Variación del ancho de banda.	Caso # 1	Caso # 2	Caso # 3
Ancho de la banda (m)	0.30	0.40	0.50
Peso de la banda (Kg./m ²)	8.00	8.00	8.00
Peso lineal de la banda (N/m)	23.54	31.39	39.24
Peso de una estación de rodillos superiores (N)	70.00	70.00	80.00
Separación entre rodillos superiores (m)	1.40	1.40	1.40
Peso lineal de rodillos superiores (N/m)	50.00	50.00	57.14
Peso de un rodillo inferior (lb.)	18.00	18.00	18.00
Peso de un rodillo inferior (N)	80.06	80.06	80.06
Separación entre rodillos inferiores (N)	2.80	2.80	2.80
Peso lineal de los rodillos inferiores (N/m)	28.59	28.59	28.59
Distancia entre los puntos 1 y 2 (m)	90.00	90.00	90.00
Distancia entre los puntos 3 y 4 (m)	90.00	90.00	90.00
Ángulo de inclinación entre los puntos 1 y 2 (grados)	-15.00	-15.00	-15.00
Ángulo de inclinación entre los puntos 3 y 4 (grados)	15.00	15.00	15.00
Densidad del material a transportar (t/m ³)	1.50	1.50	1.50
Ángulo de talud estático (grados)	35.00	35.00	35.00
Velocidad lineal de la banda (m/s)	0.52	0.29	0.19
Coeficiente de disminución de la capacidad	0.93	0.93	0.93
Capacidad de trabajo real (t/h)	100.00	100.00	100.00
Peso lineal de la carga (N/m)	528.18	938.99	1467.17
Factor de resistencia al movimiento rama inferior	0.04	0.04	0.04
Factor de resistencia al movimiento rama superior	0.04	0.04	0.04
Incremento de la resistencia entre puntos 1 y 2 (N)	-389.79	-548.72	-707.65
Incremento de la resistencia entre puntos 3 y 4 (N)	14944.16	26152.04	40526.97
Factor de aumento de la tensión en los puntos 2 a 3	1.10	1.10	1.10
Coeficiente de tracción de tambora motriz	2.56	2.56	2.56
Tensión en el punto 1 (N)	9942.05	17498.94	27225.04
Tensión en el punto 2 (N)	9552.25	16950.22	26517.39
Tensión en el punto 3 (N)	10507.48	18645.24	29169.13
Tensión en el punto 4 (N)	25451.64	44797.27	69696.10
Tiraje efectivo (N)	15509.59	27298.34	42471.06
Factor de sobrecarga	2.00	2.00	2.00
Eficiencia de total del sistema de transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia (kW)	18.83	18.64	18.56
Índice de consumo (kW-h/t de material)	0.19	0.19	0.19

Luego la tabla resumen y el gráfico correspondiente quedan determinados por:

Ancho de banda	0.3	0.4	0.5	0.65	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
Potencia	18.8	18.6	18.5	18.5	18.4	18.60	18.51	18.47	18.44	18.43	18.3
Índ. con	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18



Cuando lo que varía es el perfil de los rodillos superiores, la hoja queda de la siguiente manera:

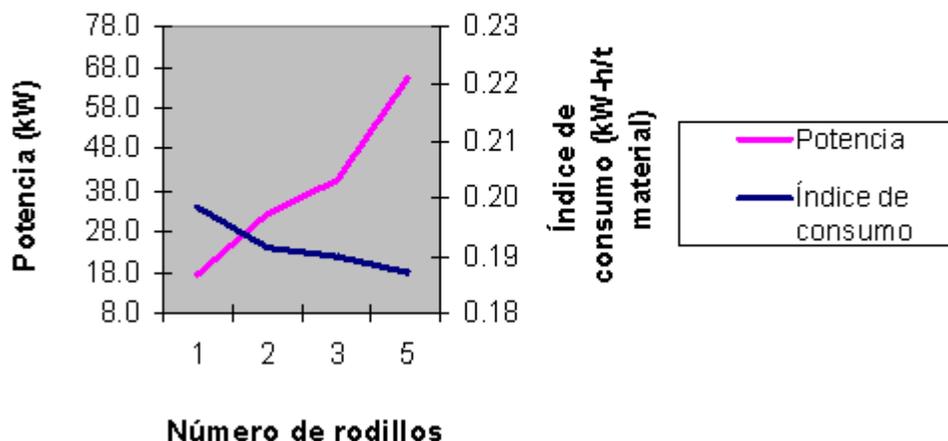
Variación del perfil superior	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Cantidad de rodillos superiores	1	2	3
Ancho de la banda (m)	1	1	1
Peso de la banda (Kg./m ²)	8	8	8
Peso lineal de la banda (N/m)	78.48	78.48	78.48
Peso de una estación de rodillos superiores (N)	205.00	210.00	210.00
Separación entre rodillos superiores (m)	1.2	1.2	1.2
Peso lineal de rodillos superiores (N/m)	170.83	175.00	175.00
Peso de un rodillo inferior (lb.)	18	18	18

Peso de un rodillo inferior (N)	80.06	80.06	80.06
Separación entre rodillos inferiores (N)	2.4	2.4	2.4
Peso lineal de rodillos inferiores (N/m)	33.36	33.36	33.36
Distancia entre los puntos 1 y 2 (m)	90	90	90
Distancia entre los puntos 3 y 4 (m)	90	90	90
Ángulo de inclinación entre los puntos 1 y 2 (grados)	-15	-15	-15
Ángulo de inclinación entre los puntos 3 y 4 (grados)	15	15	15
Densidad del material a transportar (t/m ³)	1.5	1.5	1.5
Ángulo de talud estático del material (grados)	35	35	35
Velocidad lineal de la banda (m/s)	0.50	0.50	0.50
Coefficiente de disminución de la capacidad	0.93	0.93	0.93
Capacidad a transportar (t/h)	87.19	167.77	213.75
Peso lineal de la carga (N/m)	475.16	914.35	1164.92
Factor de resistencia al movimiento rama inferior	0.035	0.035	0.035
Factor de resistencia al movimiento rama superior	0.04	0.04	0.04
Incremento de la resistencia en puntos 1 y 2 (N)	-1487.80	-1487.80	-1487.80
Incremento de la resistencia en puntos 3 y 4 (N)	15415.56	27187.71	33895.80
Factor de aumento de la tensión en los puntos 2 a 3	1.1	1.1	1.1
Coefficiente de tracción de tambora motriz	2.56	2.56	2.56
Tensión en el punto 1(N)	9437.65	17500.77	22095.36
Tensión en el punto 2 (N)	7949.85	16012.97	20607.55
Tensión en el punto 3 (N)	8744.83	17614.27	22668.31
Tensión en el punto 4 (N)	24160.39	44801.98	56564.11
Tiraje efectivo (N)	14722.74	27301.21	34468.75
Factor de sobrecarga	2	2	2
Eficiencia de total del sistema de transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia (kW)	17.3	32.1	40.6
Índice de consumo (kW-h/t de material)	0.20	0.19	0.19

Luego se puede presentar la tabla resumen y el gráfico para este caso:

Cantidad de rodillos	1	2	3	5
Potencia	17.3	32.1	40.6	65.4
Índice de consumo	0.20	0.19	0.19	0.19
Capacidad	87.1	167.6	213.7	349.0

Influencia del perfil superior sobre la Potencia e Índice de consumo



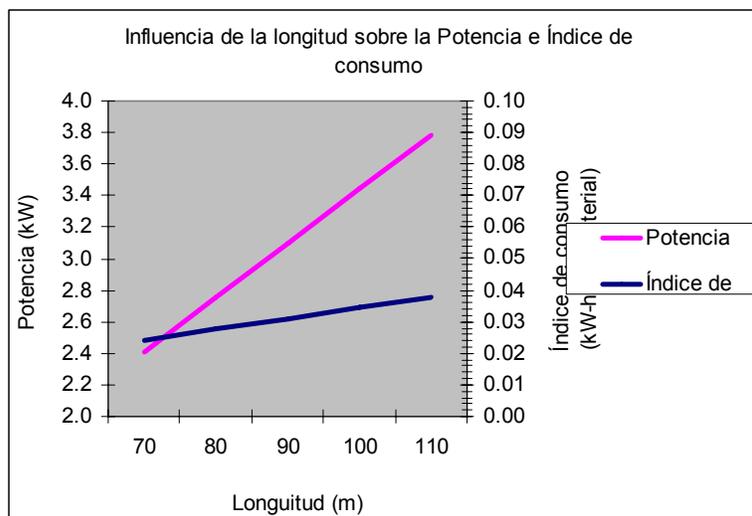
Para la variación de la longitud se tiene:

Variación de la longitud del transportador.	Caso # 1	Caso # 2	Caso # 3
Ancho de la banda (m)	0.4	0.4	0.4
Peso de la banda (Kg. /m ²)	8	8	8
Peso lineal de la banda (N/m)	31.39	31.39	31.39
Resistencia de la banda (Kg./cm de ancho)	250	250	250
Peso de una estación de rodillos superiores (N)	70.00	70.00	70.00
Separación de rodillos superiores (m)	1.4	1.4	1.4
Peso lineal de rodillos superiores (N/m)	50	50	50
Peso de un rodillo inferior (lb.)	18	18	18
Peso de un rodillo inferior (N)	80.06	80.06	80.06
Separación entre rodillos inferiores (m)	2.8	2.8	2.8
Peso lineal de rodillos inferiores (N/m)	28.59	28.59	28.59
Distancia entre los puntos 1 y 2 (m)	70	80	90
Distancia entre los puntos 3 y 4 (m)	70	80	90
Ángulo de inclinación entre los puntos 1 y 2 (grados)	-15	-15	-15
Ángulo de inclinación entre los puntos 3 y 4 (grados)	15	15	15
Densidad del material a transportar (ton/m ³)	1.5	1.5	1.5
Ángulo de talud estático del material (grados)	35	35	35
Velocidad lineal de la banda (m/s)	3.33	3.33	3.33

Capacidad de trabajo real (t/h)	100	100	100
Peso lineal de la carga (N/m)	81.75	81.75	81.75
Factor de resistencia al movimiento rama inferior	0.035	0.035	0.035
Factor de resistencia al movimiento rama superior	0.04	0.04	0.04
Incremento de la resistencia entre puntos 1 y 2 (N)	-426.78	-487.75	-548.72
Incremento de la resistencia entre puntos 3 y 4 (N)	2491.02	2846.88	3202.74
Factor de aumento de la tensión entre los puntos 2 a 3	1.1	1.1	1.1
Coefficiente de tracción de tambora motriz	2.56	2.56	2.56
Tensión en el punto 1 (N)	1384.63	1582.43	1780.24
Tensión en el punto 2 (N)	957.85	1094.68	1231.52
Tensión en el punto 3 (N)	1053.63	1204.15	1354.67
Tensión en el punto 4 (N)	3544.65	4051.03	4557.41
Tiraje efectivo (N)	2160.02	2468.60	2777.17
Factor de sobrecarga	2	2	2
Eficiencia de total del sistema de transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia (kW)	16.94	19.36	21.78
Índice de consumo (kW-h/t de material)	0.17	0.19	0.22

Dado esto la tabla resumen y el gráfico para esta variable quedan determinado de la siguiente forma:

Longitud	70	80	90	100	110
Potencia	2.4	2.8	3.1	3.4	3.8
Índice de Consumo	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04



Resumen de resultados.

- Cuando se varía el ancho de banda y se mantiene constante la capacidad, el consumo de potencia de la unidad motriz tiende a mantenerse constante para todos los anchos de banda al igual que el índice de consumo.
- Al variar la longitud en los transportadores de banda, la potencia varía linealmente. El índice de consumo no varía apenas aunque valores pequeños en este si influyen, si se presenta una variación de 0.2, esto significa que son 2 toneladas en una hora y si este trabaja 24 horas entonces si es significativo.
- Si se comparan los resultados entre los transportadores que poseen perfiles superiores de cinco, tres, dos y un rodillo, se verifica que la capacidad es mucho mayor en el primer caso. El consumo de potencia también aumenta pero no en la misma proporción en que lo hace la capacidad y por tanto el índice de consumo se mantiene casi constante.

3.2 Transportadores de tablilla

Para el caso de los transportadores de tablillas se establecieron consideraciones similares a las que se emplearon en los transportadores de banda.

Aquí los parámetros a analizar son:

- Longitud del transportador.
- Altura de las guarderas.

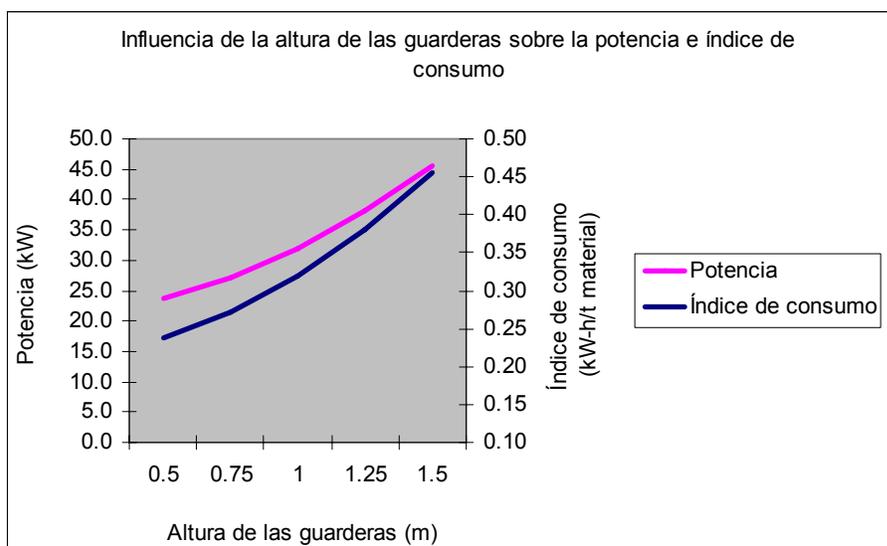
Cuando varía la altura de las guarderas, en los transportadores se comporta de la siguiente manera:

Transportador de tablillas	Caso # 1	Caso # 2	Caso # 3
Ancho del entablillado (m)	2.15	2.15	2.15
Altura de la guardera (m)	0.5	0.75	1
Factor de llenado asumido	0.7	0.7	0.7
Velocidad lineal del transportador	0.30	0.30	0.30
Material a transportar	caña	caña	caña

Densidad del material (t/m ³)	0.2	0.2	0.2
Ángulo de talud estático (grados)	10	10	10
Coefficiente de fricción con el acero	0.4	0.4	0.4
Coefficiente disminución capacidad por inclinación	1	1	1
Capacidad real (t/h)	100	100	100
Peso del entablillado (N/m)	2500	2500	2500
Peso del material (N/m)	908	908	908
Resistencia por fricción con las guarderas (N/m)	96	216	385
Longitud del transportador (m)	40	40	40
Factor de resistencia al movimiento rama inferior	0.12	0.12	0.12
Incremento de tensión rama inferior (N)	12000	12000	12000
Factor de resistencia al movimiento rama superior	0.12	0.12	0.12
Incremento de tensión rama superior (N)	20206	25012	31742
Incremento de tensión al paso por los sprockets	1.1	1.1	1.1
Tensión en el punto 1 (N)	3000	3000	3000
Tensión en el punto 2 (N)	15000	15000	15000
Tensión en el punto 3 (N)	16500	16500	16500
Tensión en el punto 4 (N)	36706	41512	48242
Tiraje efectivo (N)	33706	38512	45242
Factor de sobrecarga	2	2	2
Eficiencia de la transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia del motor en kW	23.8	27.2	31.9
Índice de consumo	0.24	0.27	0.32

Al igual que en los transportadores de banda, se realizó una tabla resumen y el gráfico para este caso, quedando de la siguiente manera:

Altura de las guarderas	0.5	0.75	1	1.25	1.5
Potencia	23.8	27.2	31.9	38.0	45.5
Índice de consumo	0.24	0.27	0.32	0.38	0.46



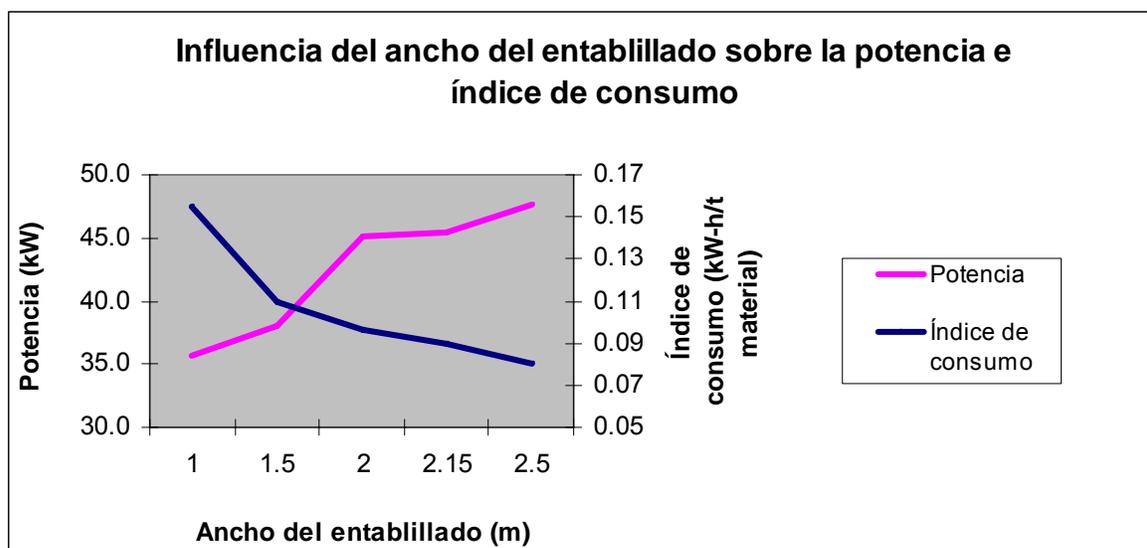
El ancho del entablillado es otro parámetro el cual variamos. El resultado fue el siguiente:

	Caso # 1	Caso # 2	Caso # 3
Transportador de tablillas			
Ancho del entablillado (m)	2.15	2.15	2.15
Altura de la guardera (m)	0.5	0.75	1
Factor de llenado asumido	0.7	0.7	0.7
Velocidad lineal del transportador	0.30	0.30	0.30
Ángulo de inclinación	caña	caña	caña
Densidad del material (t/m ³)	0.2	0.2	0.2
Ángulo de talud estático (grados)	10	10	10
Coefficiente de fricción con el acero	0.4	0.4	0.4
Coefficiente disminución de la capacidad por inclinación	1	1	1
Capacidad real (t/h)	20	20	20
Peso del entablillado (N/m)	2500	2500	2500
Peso del material (N/m)	182	182	182
Resistencias por fricción con las Guarderas (N/m)	96	216	385
Longitud del transportador (m)	40	40	40
Factor de resistencia al movimiento rama inferior	0.12	0.12	0.12
Incremento de tensiones rama inferior (N)	12000	12000	12000
Factor de resistencia al movimiento rama superior	0.12	0.12	0.12
Incremento de tensiones rama superior (N)	16718	21524	28254
Incremento de tensiones al paso por los sprockets	1.1	1.1	1.1
Tensión en el punto 1 (N)	3000	3000	3000
Tensión en el punto 2 (N)	15000	15000	15000
Tensión en el punto 3 (N)	16500	16500	16500
Tensión en el punto 4 (N)	33218	38024	44754

Tiraje efectivo (N)	30218	35024	41754
Factor de sobrecarga	2	2	2
Eficiencia de la transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia del motor (kW)	21.3	24.7	29.5
Índice de consumo	1.07	1.24	1.47

La tabla de resumen y el gráfico queda de la siguiente manera:

Ancho del entablillado	1	1.5	2	2.15	2.5
Potencia	35.7	38.0	45.2	45.5	47.6
Índice de consumo	0.15	0.11	0.10	0.09	0.08



Por último se realizaron los cálculos correspondientes a la variación de la longitud.

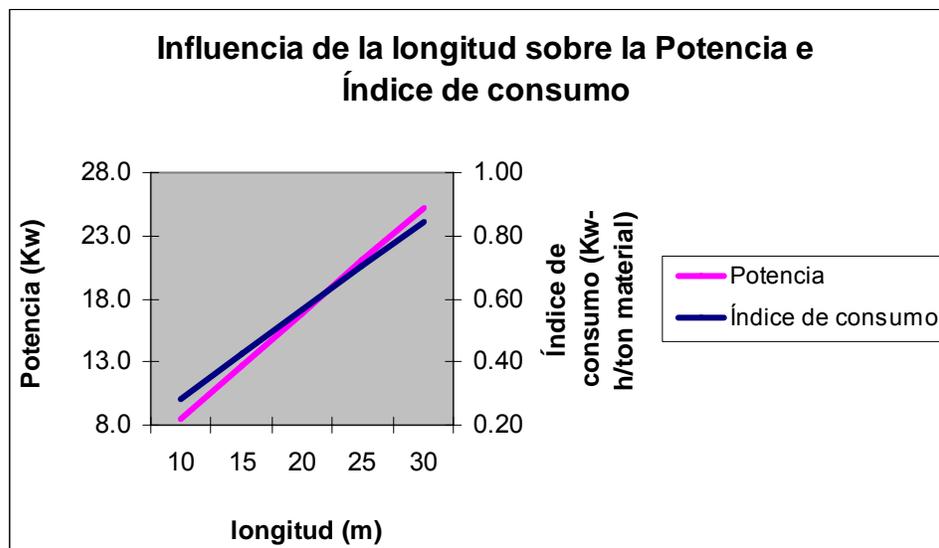
Para este caso se tiene:

Transportador de tablas	Caso # 1	Caso # 2	Caso # 3
Ancho del entablillado (m)	1	1	1
Altura de la guardera (m)	1.5	1.5	1.5
Factor de llenado asumido	0.7	0.7	0.7
Velocidad lineal del transportador (m/s)	0.30	0.30	0.30
Densidad del material (t/m ³)	0.2	0.2	0.2
Ángulo de talud estático (grados)	10	10	10
Coefficiente de fricción con el acero	0.4	0.4	0.4
Coefficiente disminución capacidad por inclinación	1	1	1
Capacidad real (t/h)	30	30	30
Peso del entablillado (N/m)	1122	1122	1122
Peso del material (N/m)	273	273	273
Resistencia por fricción con las guarderas (N/m)	865	865	865
Longitud del transportador (m)	10	15	20

Factor de resistencia al movimiento rama inferior	0.12	0.12	0.12
Incremento de tensiones rama inferior (N)	1346.4	2019.6	2692.8
Factor de resistencia al movimiento rama superior	0.12	0.12	0.12
Incremento de tensiones rama superior (N)	10326	15489	20652
Incremento de tensiones al paso por los sprockets	1.1	1.1	1.1
Tensión en el punto 1 (N)	3000	3000	3000
Tensión en el punto 2 (N)	4346.4	5019.6	5692.8
Tensión en el punto 3 (N)	4781.04	5521.56	6262.08
Tensión en el punto 4 (N)	15107	21010	26914
Tiraje efectivo (N)	12107	18010	23914
Factor de sobrecarga	2	2	2
Eficiencia de la transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia del motor (kW)	8.55	12.71	16.88
Índice de consumo	0.28	0.42	0.56

De aquí se realiza la tabla resumen para luego realizar el gráfico correspondiente:

Longitud	10	15	20	25	30
Potencia	8.5	12.7	16.9	21.0	25.2
Índice de consumo	0.28	0.42	0.56	0.70	0.84



Resumen de resultados.

- Al variar la longitud la potencia aumenta proporcionalmente, al igual que el índice de consumo. Esto se debe a que la longitud influye directamente en las tensiones, y esta a la vez en la potencia.

- Cuando se varía el ancho del entablillado, la potencia y el índice de consumo disminuyen aunque a partir de 2 m la pendiente tiende a mantenerse constante por lo que se recomienda no utilizar longitudes mayores a la antes señalada.
- Cuando se varía la altura de las guarderas el índice de consumo disminuye considerablemente pero a partir de los 1.25 m de altura tiende a la horizontalidad e incluso a adoptar una pendiente positiva por lo que se recomienda no emplear mayores alturas que esta o por lo menos tener en cuenta esta situación.

3.3 Transportadores de rastrillos

En este tipo de transportador se realizó lo mismo que en los anteriores, en lo único que difieren es en los parámetros analizados que en este caso son:

- ✓ Influencia de la longitud del transportador.
- ✓ Influencia del ancho del transportador.
- ✓ Influencia de la velocidad.

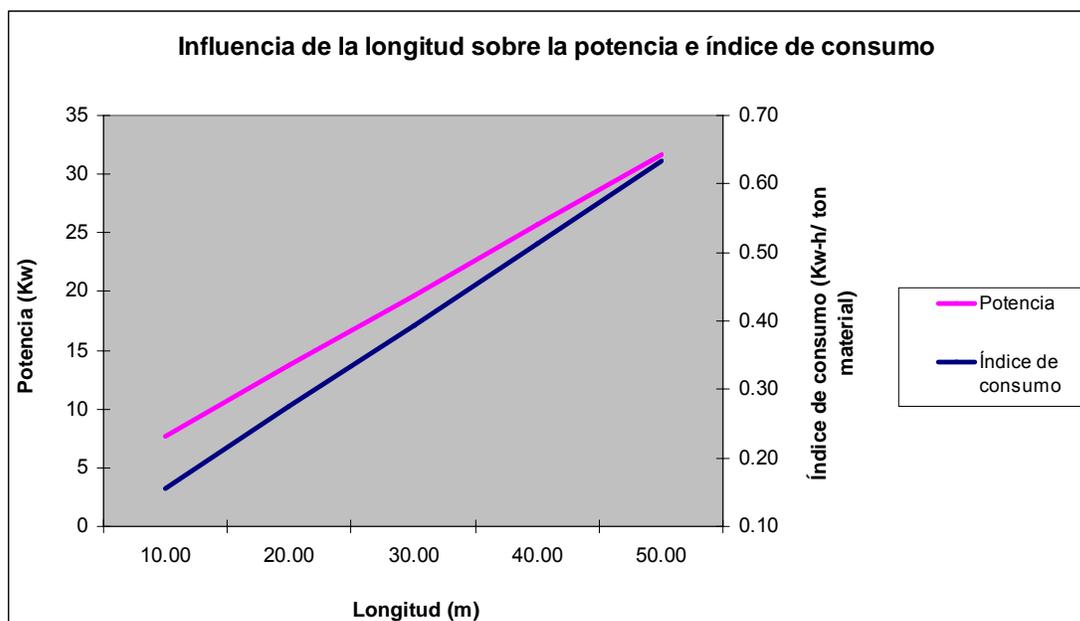
Cuando lo que se varía es la longitud del transportador la tabla queda de la siguiente manera:

Variación de la longitud	Caso # 1	Caso # 2	Caso # 3
Ancho del transportador	1.2	1.2	1.2
Altura de la canal (m)	0.13	0.13	0.13
Densidad del bagazo (t/m ³)	0.16	0.16	0.16
Coefficiente de fricción del bagazo con el acero	0.75	0.75	0.75
Peso lineal de una cadena (N/m)	220	220	220
Peso de un rastrillo (lb.)	10	10	10
Velocidad lineal del transportador (m/s)	0.93	0.93	0.93
Ángulo de inclinación (grados)	20	20	20
Factor de llenado	0.6	0.6	0.6
Capacidad real (t/h)	50	50	50
Pesos lineales			
De la carga (N/m)	147	147	147

Del órgano de tracción (N/m)	489	489	489
Factor de resistencia al movimiento del rastrillo	0.12	0.12	0.12
Factor de resistencia al movimiento de la carga	0.83	0.83	0.83
Longitud del transportador (m)	10.00	20.00	30.00
Resistencia distribuida rama inferior (N)	3864	7729	11593
Resistencia distribuida rama superior (N)	-1121	-2241	-3362
Resistencia concentrada de 2 a 3	1.1	1.1	1.1
Tensión en el punto 2 (N)	8000	8000	8000
Tensión en el punto 1 (N)	9121	10241	11362
Tensión en el punto 3 (N)	8800	8800	8800
Tensión en el punto 4 (N)	12664	16529	20393
Tiraje efectivo (N)	3544	6287	9031
Factor de sobrecarga	2	2	2
Eficiencia de la transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia necesaria (kW)	7.7	13.7	19.7
Índice de consumo. (kW-h/t de material)	0.15	0.27	0.39

La tabla resumen y el gráfico son los siguientes:

Longitud	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00
Potencia	7.7	13.7	19.7	22.2	25
Índice de consumo	0.15	0.27	0.39	0.51	0.63



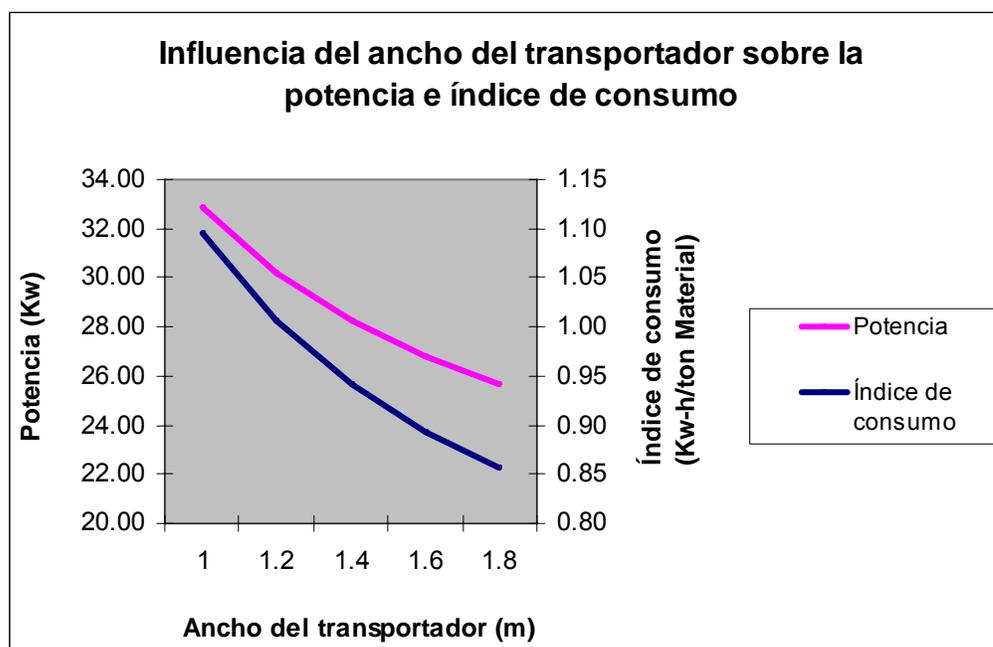
Para el caso en que solo se varía el ancho del transportador la tabla queda determinada de la siguiente forma:

	Caso # 1	Caso # 2	Caso # 3
Variación del ancho del transportador			
Ancho del transportador (m)	1	1.2	1.4
Altura de la canal (m)	0.13	0.13	0.13
Densidad del bagazo (t/m ³)	0.16	0.16	0.16
Coefficiente de fricción bagazo con el acero	0.75	0.75	0.75
Peso lineal de una cadena (N/m)	220	220	220
Peso de un rastrillo (lb.)	10	12	14
Velocidad lineal del transportador (m/s)	0.89	0.74	0.64
Ángulo de inclinación del transportador (grados)	20	20	20
Factor de disminución por inclinación	0.75	0.75	0.75
Factor de llenado	0.6	0.6	0.6
Capacidad real (t/h)	30	30	30
Pesos lineales			
De la carga (N/m)	92	110	129
Del órgano de tracción (N/m)	488.77	498.53	508.28
Factor de resistencia al movimiento del rastrillo	0.12	0.12	0.12
Factor de resistencia al movimiento carga	0.83	0.83	0.83
Longitud del transportador (m)	70	70	70
Resistencia distribuida en la rama inferior (N)	22741.21	24487.99	26234.77
Resistencia distribuida en la rama superior (N)	-7843.81	-8000.35	-8156.88
Resistencia concentrada de 2 a 3	1.1	1.1	1.1

Tensión en el punto 2 (N)	8000	8000	8000
Tensión en el punto 1 (N)	15843.81	16000.35	16156.88
Tensión en el punto 3 (N)	8800	8800	8800
Tensión en el punto 4 (N)	31541.21	33287.99	35034.77
Tiraje efectivo (N)	15697.41	17287.65	18877.89
Factor de seg. del motor	2	2	2
Eficiencia de la transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia necesaria (kW)	32.9	30.2	28.2
Índice de consumo (kW-h/t de material)	1.10	1.01	0.94

La tabla resumen y el gráfico quedan expresado por:

Ancho	1	1.2	1.4	1.6	1.8
Potencia	32.88	30.18	28.25	26.80	25.67
Índice de consumo	1.10	1.01	0.94	0.89	0.86



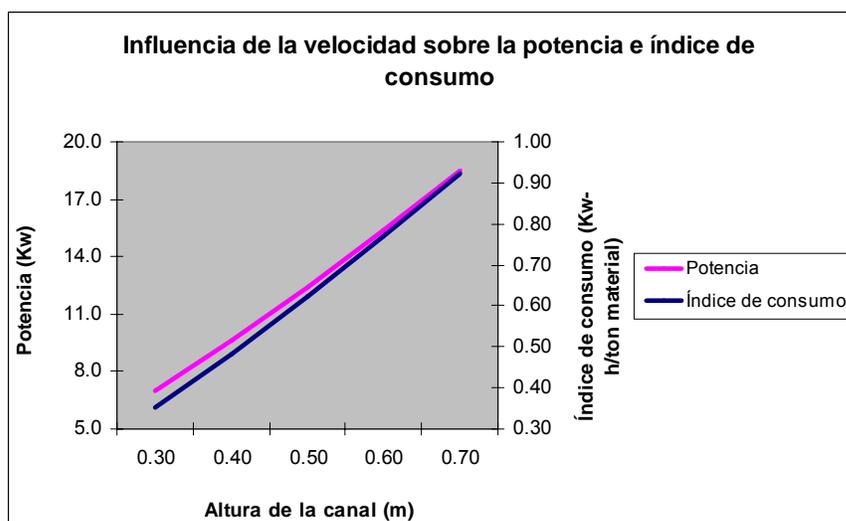
Cuando lo que se varía es la velocidad de transportación se tiene:

Variación de la altura de canal.	Caso # 1	Caso # 2	Caso # 3
Altura de la canal (m)	0.1	0.1	0.1
Ancho del transportador	1.2	1.2	1.2
Densidad del bagazo (t/m3)	0.16	0.16	0.16
Coefficiente de fricción bagazo contra el acero	0.75	0.75	0.75
Peso lineal de una cadena (N/m)	220	220	220
Peso de un rastrillo (lb.)	10	10	10

Velocidad lineal del transportador (m/s)	0.30	0.40	0.50
Factor de llenado	0.60	0.60	0.60
Ángulo de inclinación del transportador (grados)	0	0	0
Capacidad real asumida (t/h)	20	20	20
Pesos lineales			
De la carga (N/m)	16	22	27
Del órgano de tracción (N/m)	489	489	489
Factor de resistencia al movimiento del rastrillo	0.12	0.12	0.12
Factor de resistencia al movimiento de la carga	0.83	0.83	0.83
Longitud del transportador (m)	70.00	70.00	70.00
Resistencias distribuidas rama inferior (N)	5050	5365	5679
Resistencias distribuidas en la rama superior (N)	4106	4106	4106
Resistencia concentrada de 2 a 3	1.1	1.1	1.1
Tensión en el punto 2 (N)	8000	8000	8000
Tensión en el punto 1 (N)	3894	3894	3894
Tensión en el punto 3 (N)	8800	8800	8800
Tensión en el punto 4 (N)	13850	14165	14479
Tiraje efectivo (N)	9956	10270	10585
Factor de sobrecarga	2	2	2
Eficiencia de la transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia (kW)	7.0	9.7	12.5
Índice de consumo (kW-h/t de material)	0.35	0.48	0.62

La tabla resumen y el gráfico correspondiente queda:

Velocidad	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
Potencia	7.0	9.7	12.5	15.4	18.5
Índice de consumo	0.35	0.48	0.62	0.77	0.92



Resumen de resultados.

- Cuando se varía la longitud, la potencia y el índice de consumo varían linealmente como en el caso anterior, se aprecia a las claras el aumento. Esto está dado porque mientras mayor sea la longitud, mayor será la potencia a consumir por la unidad motriz.
- Cuando aumenta el ancho del transportador, disminuye el consumo de potencia y a su vez el índice de consumo. Si se va a aumentar este se tiene que tener en cuenta que se hace indispensable aumentar la resistencia del material del rastrillo lo cual trae un aumento del peso propio y del costo inicial del mismo.
- En el caso de la velocidad, hasta los valores explorados, se manifestó una tendencia al aumento para la potencia y el índice de consumo. Esto está dado porque si se mantiene constante la capacidad, es decir la cantidad de material a manipular, y la velocidad va en aumento entonces se está dejando de aprovechar potencia y por ende el índice de consumo aumenta.

3.4 Transportadores de cangilón.

En los transportadores de cangilón los parámetros a variar son los siguientes:

- ✓ Altura del transportador.
- ✓ Velocidad del transportador.

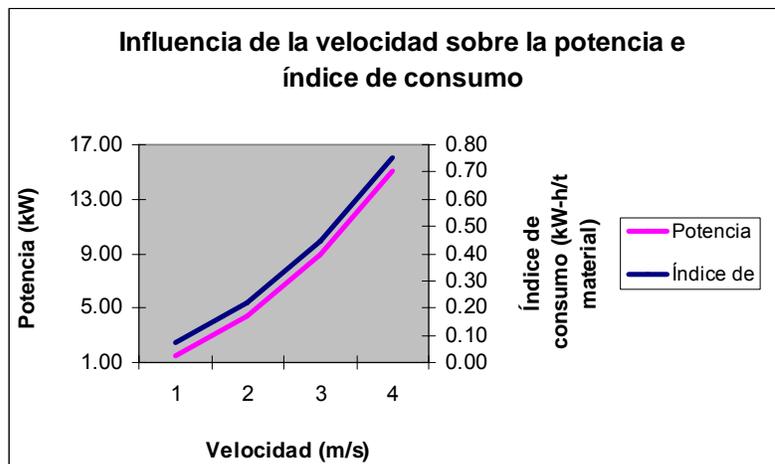
Cuando se varía la velocidad en los transportadores de cangilón, el cálculo queda de la siguiente manera:

Variación de la velocidad			
Tipo de cangilón	P	P	P
Material a transportar	Arina de maiz	Arina de maiz	Arina de maiz

Velocidad de transportación (m/s)	1	2	3
Altura del transportador (m)	6	6	6
Capacidad del transportador (t/h)	20.00	20.00	20.00
Peso de las partes móviles (N/m)	54.50	109.00	163.50
Peso del órgano de tracción (N/m)	117.72	117.72	117.72
Factor que depende del cangilón	0.60	0.60	0.60
Factor que depende de las características del material	2.00	2.00	2.00
Incremento de tensión de 1 a 2 (kN)	-706.32	-706.32	-706.32
Incremento de tensión de 3 a 4 (kN)	1033.32	1360.32	1687.32
Factor de aumento de tenciones entre los puntos 2 a 3	1.1	1.1	1.1
Trabajo de paleado (kN)	235.44	235.44	235.44
Tensión en el punto 1 (N)	1206.32	1206.32	1206.32
Tención en el punto 2 (N)	500	500	500
Tención en el punto 3 (N)	785.44	785.44	785.44
Tención en el punto 4 (N)	1818.76	2145.76	2472.76
Tiraje efectivo (N)	612.44	939.44	1266.44
Factor de sobrecarga	2	2	2
Eficiencia de la transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia	1.44	4.42	8.94
Índice de consumo	0.07	0.22	0.45

De aquí se establece la tabla resumen y el gráfico, dando como resultado:

Velocidad	1	2	3	4
Potencia	1.44	4.42	8.94	15.00
Índice de consumo	0.07	0.22	0.45	0.75

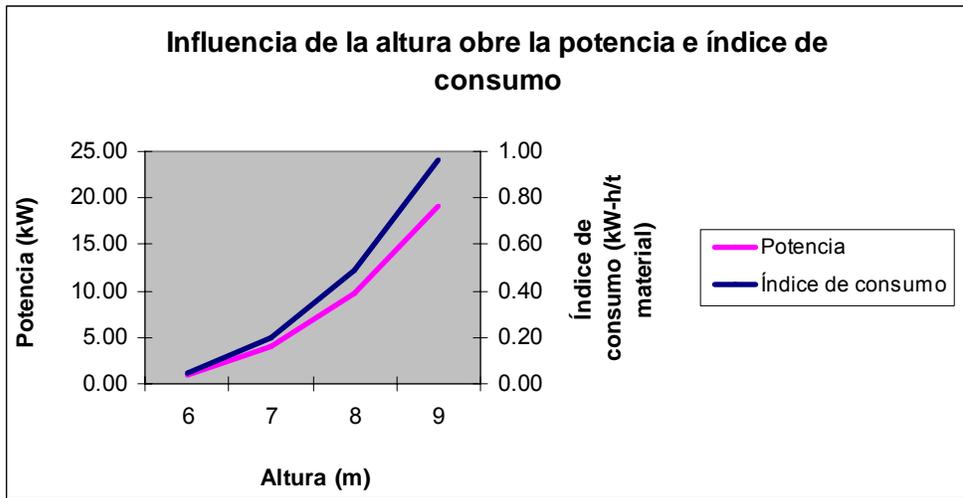


Para el caso en que varía la altura el cálculo queda determinado por:

Variación de la velocidad			
Tipo de cangilón	P	L	O
Ancho del cangilón (m)	320	320	320
Altura del cangilón (m)	0.19	0.19	0.245
Material a transportar	Arina de maiz	Arina de maiz	Arina de maiz
Capacidad del cangilón (t/h)	1.3	1.3	1.3
Distancia entre los cangilones (m)	0.4	0.4	0.4
Velocidad de transportación (m/s)	1	2	3
Densidad del material (t/m ³)	1.53	1.53	1.53
Coeficiente de llenado	0.8	0.8	0.8
Factor io/a (L/m)	3.25	3.25	3.25
Ancho de la banda (m)	0.22	0.22	0.22
peso del material t/ m ³	6.2	1.5	1.5
Altura del transportador (m)	6	7	8
Capacidad del transportador (t/h)	20.00	20.00	20.00
Peso de las partes móviles)N/m)	54.50	109.00	163.50
Peso del órgano de tracción (N/m)	12.00	12.00	12.00
Factor que depende del cangilón	0.60	0.60	0.60
Factor que depende de las características del material	2.00	2.00	2.00
Incremento de tensión de 1 a 2 (kN)	-72.00	-84.00	-96.00
Incremento de tensión de 3 a 4 (kN)	399.00	847.00	1404.00
Factor de aumento de tenciones entre los puntos 2 a 3	1.1	1.1	1.1
Trabajo de paleado (kN)	24.00	24.00	24.00
Tensión en el punto 1 (N)	572.00	584.00	596.00
Tención en el punto 2 (N)	500	500	500
Tención en el punto 3 (N)	574.00	574.00	574.00
Tención en el punto 4 (N)	973.00	1421.00	1978.00
Tiraje efectivo	401.00	837.00	1382.00
Factor de sobrecarga	2	2	2
Eficiencia de la transmisión	0.85	0.85	0.85
Potencia	0.94	3.94	9.76
Índice de consumo	0.05	0.20	0.49

La tabla resumen y el gráfico queda:

Velocidad	6	7	8	9
Potencia	0.94	3.94	9.76	19.16
Índice de consumo	0.05	0.20	0.49	0.96



Resumen de resultados.

- Para el caso en que se varía la velocidad la gráfica presenta una tendencia al aumento la potencia y el índice de consumo.
- Cuando lo que se varía es la altura del transportador como tal, claramente se observa el aumento de la potencia al igual que el índice de consumo. Esto está dado porque es mayor el tramo a elevar el material a transportar.

3.5 Transportadores sin fin

En los transportadores de tornillo sin fin, al igual que los demás las variables a analizar fueron:

- ✓ El diámetro y el paso.
- ✓ Longitud del transportador.

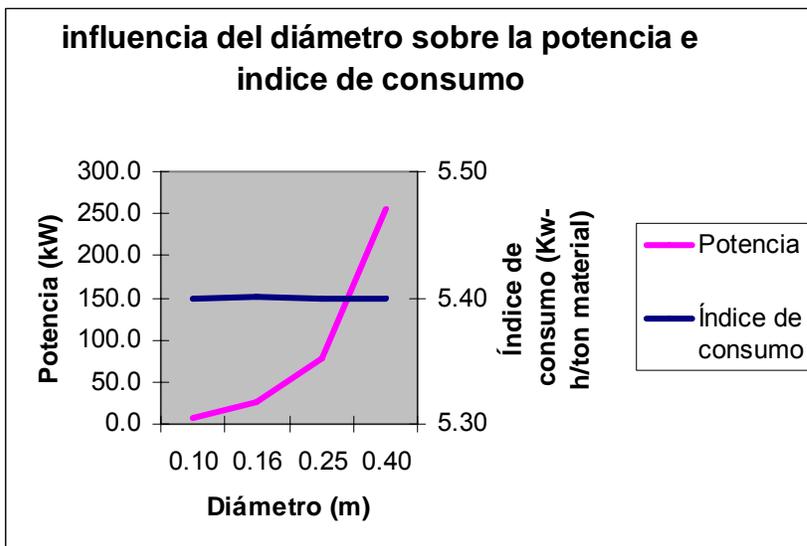
Al variar el diámetro y el paso en este tipo de transportadores la hoja Excel queda de la siguiente manera:

Transportador Sin fin.	Caso # 1	Caso # 2	Caso # 3
------------------------	-------------	-------------	-------------

Diámetro del helicoide en m.	0.10	0.16	0.25
Paso del helicoide en m.	0.08	0.13	0.20
Longitud del transportador en m.	3.00	3.00	3.00
Densidad del material a transportar en ton/m ³	1.53	1.53	1.53
Coefficiente de fricción del material a transportar con el acero.	0.80	0.80	0.80
Ángulo de talud estático del material en grados.	30.00	30.00	30.00
Coefficiente de llenado del transportador.	0.13	0.13	0.13
Factor de resistencia al movimiento total (wo).	1.20	1.20	1.20
Característica de abrasividad del material (A).	65.00	65.00	65.00
Velocidad angular del helicoide en rpm.	205.55	162.50	130.00
Coefficiente de disminución de capacidad.	1.00	1.00	1.00
Capacidad del transportador en ton/horas.	1.48	4.80	14.64
Factor de sobrecarga del transportador.	1.50	1.50	1.50
Angulo de inclinación del transportador en grados.	0.00	0.00	0.00
Eficiencia del sistema de transmisión.	0.85	0.85	0.85
Potencia necesaria en el transportador en kW.	8.00	25.90	79.04
Índice de consumo en kW-h/toneladas de material	5.40	5.40	5.40
Momento en el tornillo en N.m.	371.59	1522.02	5806.05
Angulo de rozamiento del material con el acero en radianes.	0.67	0.67	0.67
Angulo de la hélice del tornillo en radianes.	3.84	3.84	3.84
Fuerza máxima que actúa sobre el tornillo en N.	1474.86	3775.65	9217.89

La tabla resumen con su gráfico quedan del siguiente modo:

Diámetro	0.10	0.16	0.25	0.40
Potencia	8.0	25.9	79.0	255.9
Índice de consumo	5.40	5.40	5.40	5.40

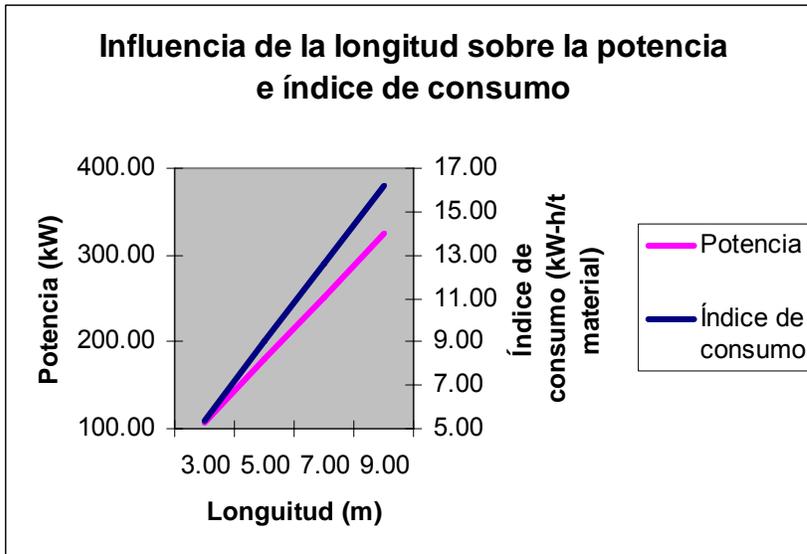


Para el caso en que se varía la longitud el cálculo queda de la siguiente forma:

Diámetro del helicoide en m.	0.10	0.10	0.10
Paso del helicoide en m.	0.08	0.08	0.08
Longitud del transportador en m.	3.00	5.00	7.00
Densidad del material a transportar en ton/m ³	1.53	1.53	1.53
Coefficiente de fricción del material a transportar con el acero.	0.80	0.80	0.80
Ángulo de talud estático del material en grados.	30.00	30.00	30.00
Coefficiente de llenado del transportador.	0.13	0.13	0.13
Factor de resistencia al movimiento total (wo).	1.20	1.20	1.20
Característica de abrasividad del material (A).	65.00	65.00	65.00
Velocidad angular del helicoide en rpm.	205.55	205.55	205.55
Coefficiente de disminución de capacidad.	1.00	1.00	1.00
Capacidad del transportador en t/h.	20.00	20.00	20.00
Factor de sobrecarga del transportador.	1.50	1.50	1.50
Angulo de inclinación del transportador en grados.	0.00	0.00	0.00
Eficiencia del sistema de transmisión.	0.85	0.85	0.85
Potencia necesaria en el transportador en kW.	108.00	180.00	252.00
Índice de consumo en kW-h/t de material	5.40	9.00	12.60
Momento en el tornillo en KN.m.	5.02	8.36	11.71
Angulo de rozamiento del material con el acero en radianes.	0.67	0.67	0.67
Angulo de la hélice del tornillo en radianes.	3.84	3.84	3.84
Fuerza máxima que actúa sobre el tornillo en N.	19.92	33.19	46.47

La tabla resumen y el gráfico con los resultados obtenidos quedan determinado por:

Longitud	3.00	5.00	7.00	9.00
Potencia	108.00	180.00	252.00	324.00
Índice de consumo	5.40	9.00	12.60	16.20



Resumen de resultados.

- Cuando lo que se varía es la longitud la potencia aumenta considerablemente, al igual que el índice de consumo. Para mover una determinada cantidad de material se necesita mucha energía, siendo este, uno de los principales problemas de este tipo de transportador.
- Al variar el diámetro, varía el paso, debido a que es dependiente del mismo. La potencia aumenta al igual que en el caso anterior. El índice de consumo se mantiene constante pues la capacidad de transportación también aumenta.

Conclusiones parciales

Mediante la realización de este capítulo se puede llegar a las siguientes conclusiones

- De todos los transportadores analizados, cuando se mantiene constante la capacidad de transportación, la potencia y el índice de consumo varían linealmente, puesto que este último depende directamente de la potencia.
- En el caso de los transportadores de banda la potencia aumenta considerablemente para las variables son el perfil superior y la longitud, no así para cuando es el ancho de banda.
- En los transportadores de tablillas pasa lo mismo, lo único que varían son las variables analizadas. En el caso en que varía el ancho del entablillado y la altura de las guarderas la potencia consumida disminuye al aumentar estos parámetros., en cambio cuando es la longitud e todo lo contrario.
- Los transportadores de rastrillos se comportan de igual manera que en los de tablillas. Cuando la potencia aumenta es porque aumentó la longitud, mientras que cuando crece el valor de la altura de la canal y el ancho del transportador la potencia tiende a decrecer.
- Para los transportadores de cangilón la potencia si aumenta en los dos casos, o sea cuando o que se varía es la velocidad de transportación y la altura del transportador.
- Cuando estamos en presencia de transportadores que usan tornillos sin fin para trasladar carga la potencia siempre va en aumento. Para no así el índice de consumo, que por lo general ser mantiene constante.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Después del estudio realizado con respecto a los transportadores industriales continuos, las condiciones de los transportadores, se llega a las siguientes conclusiones:

1. Los transportadores continuos presentan similitudes en su totalidad, por lo que se tiene que tener un conocimiento previo del funcionamiento y operación de los mismos para tener un aprovechamiento óptimo de los mismos.
2. Tratar de utilizar en primera instancia transportadores de banda debido a la poca potencia consumida con una alta capacidad, pues el índice de consumo no presenta casi variación a partir de 0.65 m de ancho de banda.

Recomendaciones

1. Presentar el trabajo a todos los trabajadores de la industria cubana para que así tengan conocimiento y no siga el problema de los transportadores.
2. Continuar co los otros tipos de transportador, ya sean los de techo como los discontinuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Miravete, A. and E. Larrode, *Transportadores y Elevadores*. 2005. I.
2. [cited; Available from:
<http://fim.uo.edu.cu/wwwroot/Pregrado/Transporweb/Fotoweb/Transporweb.htm>.
3. Ruz, F.C., *Intervención en la Clausura del VII Forum de Piezas de Repuesto y de Tecnología de Avanzada*. 1992.
4. Guerra, J.M.O., *Máquinas de Transporte Continuo*. 1988. I(Educación).
5. Castellanos, E.P., *Curso de Transportadores Industriales*. 1997.
6. Corporation, F. *Materiales utilizados 2007* [cited; Available from:
<http://www.flexicon.es/index.asp>.
7. transall, *Catálogo de transportadores de banda*.
8. Martín, P.B. and B. Rebollo, *MATERIALES PARA TRANSPORTE*. 2004.
9. Guerra, J.M.O., *Conferencia de Máquinas Transportadoras*. (Editorial Félix Varela).
10. Trujillo, R.R., *Diseño, Construcción y Montaje de transportadores y Tolvas* 2008.
11. Corporation, F. *Transportadores sin fin 2007* [cited; Available from:
<http://www.flexicon.es/Products/FlexibleScrewConveyors/index.asp>.
12. Castellanos, E.P. and P.p.H. Reina. Perez Castellanos, E. E. ; Hidalgo Reina, P.P., *Metodología de calculo transportadores de banda*. [cited; Available from:
http://docs.fim.uclv.edu.cu/asig_crd/eti/md/Materiales./Metcalc./metban..doc/view.
14. Castellanos, E.P. and P.p.H. Reina. *Metodología de cálculo de transportadores de rastrillo*. [cited; Available from:
http://docs.fim.uclv.edu.cu/asig_crd/eti/md/Materiales./Metcalc./metrast.doc/view.

15. Castellanos, E.P. and P.p.H. Reina. *Metodología de cálculo de transportadores tablillas*. [cited; Available from:

http://docs.fim.uclv.edu.cu/asig_crd/eti/md/Materiales./Metcalc./mettab.doc/view.

16. Castellanos, E.P. and P.p.H. Reina. *Metodología de cálculo de transportadores de cangilón* [cited; Available from:

http://docs.fim.uclv.edu.cu/asig_crd/eti/md/Materiales./Metcalc./metcang..rtf/view.

17. Castellanos, E.P. and P.p.H. Reina. *Metodología de transportadores sin fin*. [cited; Available from:

http://docs.fim.uclv.edu.cu/asig_crd/eti/md/Materiales./Metcalc./metsinf.doc/view.

18. http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info16/transporte_materiales.htm

19. <http://www.barana.com.br/espanhol/transpor.htm>

20. <http://www.fao.org/docrep/t0269s/t0269S09.htm>

21

<http://www.ing.unne.edu.ar/mecanica/07/Proyecto%20y%20C%20E1lculo%20de%20Instalaciones%2>

22.

http://books.google.com.cu/books?id=dSCnjifbKg4C&dq=transportadores&printsec=frontcover&source=bl&ots=1yavDWhPP_&sig=P0x9uEIgQ4ss8h8XgzfRmG4PkTg&hl=es&ei=p4mwSZ-hlpyOmQfj8r30BQ&sa=X&oi=book_result&resnum=2&ct=result#PPA22,M1

23. <http://www.monografias.com/trabajos14/trmnpot/trmnpot.shtml#INTRO>

ANEXOS

Anexo I Transportadores de banda



Fig. 1 Diferentes transportadores de banda.

Anexo II Transportadores de tablillas



Fig. 2 Distintos tipos de transportadores de tablillas.

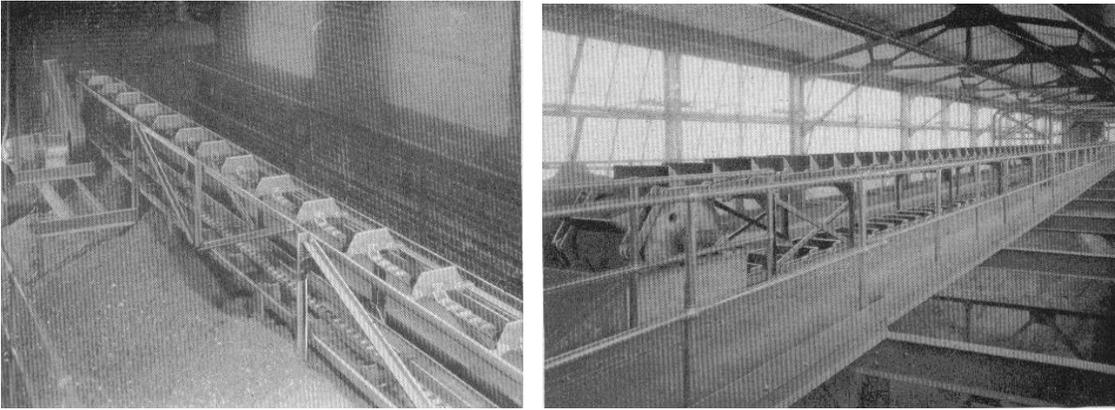
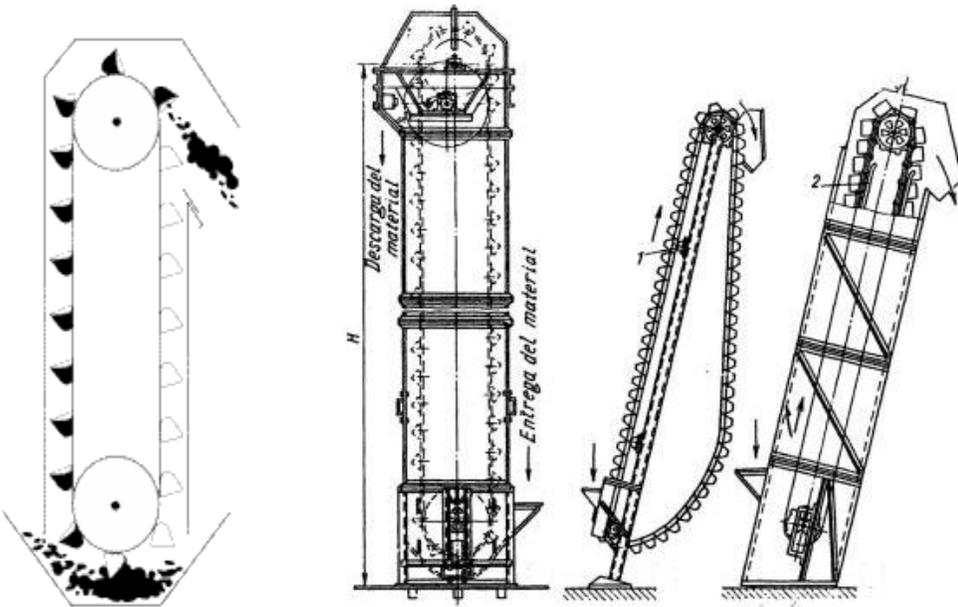
Anexo III Transportadores de rastrillos**Anexo IV Transportadores de cangilón**

Fig.4 Ejemplos de transportadores de cangilón

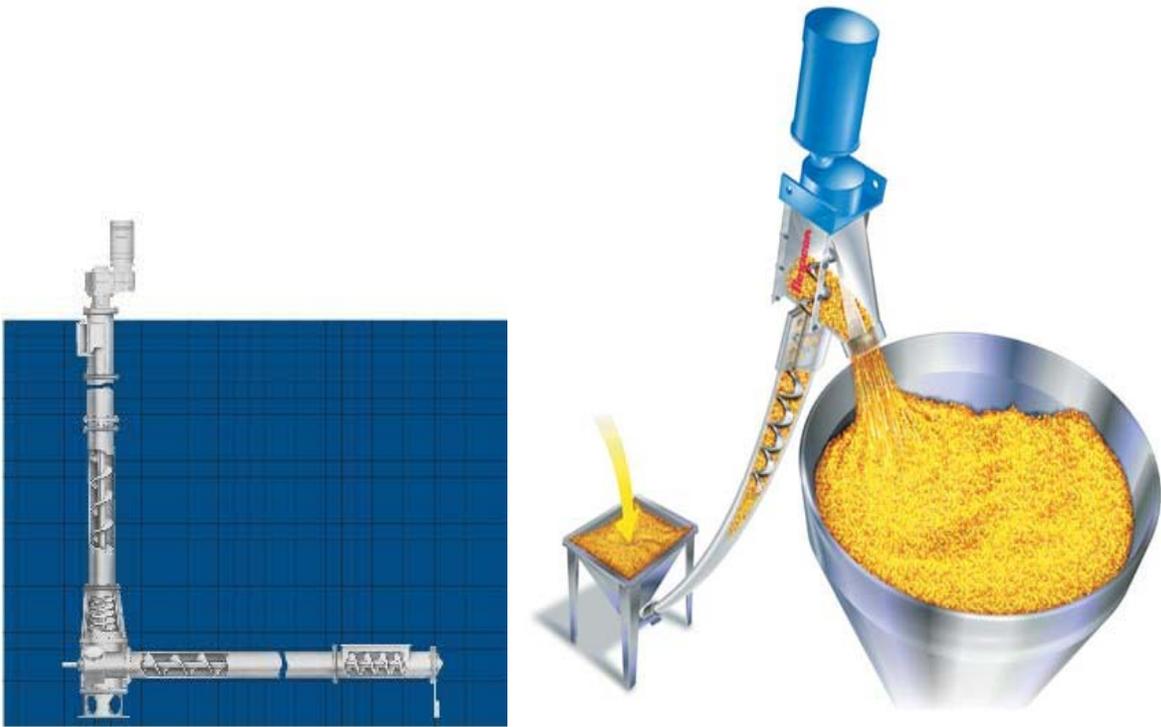
Anexo V Transportadores de tornillo sin fin

Fig.5 Ejemplo de elevadores de tornillo sin fin.