



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CAMPUS ARAGÓN**

**“DISEÑO DE UNA CINTA  
TRANSPORTADORA PARA  
MINERAL DE HIERRO  
BASADO EN EL MANUAL  
CEMA”**

**TESIS**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA

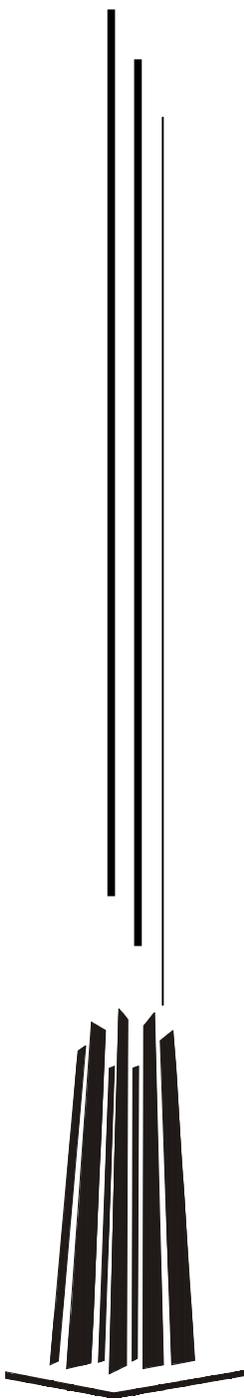
PRESENTAN:

SANCHÉZ LANGO KARLA ELENA

Y

ADÁN RODRÍGUEZ LUIS ENRIQUE

ASESOR.- ING. MONTAÑO SERRANO ALFREDO





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios y a la vida por darme esta gran oportunidad de culminar mis estudios profesionales y brindarme siempre la sabiduría de elegir las mejores opciones.*

*A mi madre Angela Lango por siempre apoyarme en todos mis sueños, y siempre estar ahí alentándome cuando más lo necesito, por ser simplemente una Gran Guerrera y demostrarme que los obstáculos NO existen. Te AMO mucho Mamá.*

*A mi Padre Carlos Sánchez, Gracias Papá por todo tu apoyo incondicional. Te quiero mucho.*

*A mis hermanos Joselyne y Gerardo, Gracias por creer en mí y apoyarme siempre.*

*A mi novio Eduardo, Gracias amor por siempre estar a mi lado, creer y contribuir en este sueño hecho realidad, no tengo como agradecerte todo esto. Te AMO gracias por ser parte siempre de mi vida.*

*A mi sobrina Karol Paola, Porque a pesar de que eres muy pequeña siempre me has enseñado mucho, y espero que esto te sirva como ejemplo para que te superes y algún día seas una gran profesionalista. Te AMO mi niña.*

*A mis amigos Stephanie, Fernanda y Geovani porque me han demostrado siempre la verdadera amistad, y a pesar de que tomamos rumbos distintos siempre contamos con ese apoyo mutuo. Los quiero.*

*A mi compañero de Tesis Luis Enrique, Gracias por confiarme en mí, e invitarme a ser parte de este gran proyecto, fue una gran experiencia. Gracias y mucho éxito.*

*A la Familia Gómez Loza por todo su apoyo brindado a lo largo de mis estudios profesionales.*

*Y por ultimo quiero agradecer a todos esos ángeles que hoy no pueden estar físicamente conmigo pero sé que están espiritualmente siempre a mi lado. Los AMO y los extraño (Abuelita Josefina<sup>†</sup> y Abuelito Rafael<sup>†</sup>)*

*Sánchez Lango Karla Elena.*

*A Dios por permitirme existir y compartir con mis seres queridos este momento.*

*A mi Padre Sr. Francisco Adán García por todo el apoyo y haber hecho posible uno de mis sueños GRACIAS por haber hecho de mí un hombre de provecho.*

*A mi Madre Sra. María Dolores Rodríguez Palacios por ser una gran mujer GRACIAS por estar siempre pendiente de mí, por cuidarme, desvelarte, por ser parte de mi vida espero poder recompensarte pronto todo lo que has hecho por mí.*

*A mi Familia por que se que de todos y cada uno de ustedes contribuyeron a lograr lo que ahora soy.*

*A mis amigos Lidia, Christopher, Alberto, Ulises, Vité y Shai son personas a las que no terminare de agradecer por formar parte de mi vida gracias por compartir conmigo increíbles e inmemorables momentos porque con ustedes una alegría compartida se convierte en una doble alegría y una pena compartida en media pena, por ello para mí su amistad es invaluable los estimo mucho.*

*A todas las personas que conocí y las cuales me brindaron su amistad ya que sin cada uno de ustedes no hubiera sido lo mismo en especial a mi compañera de Tesis Karla por formar parte de este proyecto y a quien deseo éxito en todos los proyectos,*

*A ti donde quiera que te encuentres, GRACIAS por todo el impulso, por tu forma de ser, por mostrarme lo hermosa que es la vida y sobre todo por enseñarme a conocer mi esencia, Te extraño...*

*Adán Rodríguez Luis Enrique.*

*A nuestra querida Universidad Nacional Autónoma de México por habernos aceptado como sus hijos y permitirnos aprender a aprender, aprender a ser y aprender a hacer las cosas correctamente te estaremos eternamente agradecidos.*

*A nuestro Asesor Ingeniero Alfredo Montaña Serrano por todo el apoyo y ayuda que nos proporciono en la elaboración del presente trabajo.*

*A cada uno de los profesores de la Facultad de Estudios Superiores Aragón por compartir con nosotros su tiempo, conocimientos, experiencias y enseñanzas para poder desempeñarnos en nuestra vida profesional.*

*Al jurado por el tiempo empleado en la revisión del trabajo y su asistencia al presente examen.*

*MUCHISIMAS GRACIAS.*

*“Mis pies son mi único vehículo,  
tengo que seguir dándole para adelante,  
pero mientras me voy,  
quiero decirte: Todo va a estar bien.*

*Bob Marley.*

*Sánchez Lango Karla Elena y Adán Rodríguez Luis Enrique*

## JUSTIFICACIÓN

La presente tesis se enfoca en el desarrollo de un prototipo analítico de una cinta transportadora de mineral de hierro, en la cual se utiliza un procedimiento adecuado en el cálculo de la potencia que necesita el motor para mover la cinta, con una capacidad de 1200 toneladas/hora.

Mediante gráficas, tablas y fórmulas se desarrollan dos métodos para llevar a cabo el prototipo analítico de la cinta; el gráfico y el analítico respectivamente, ambos contenidos en el manual CEMA. En el método gráfico se da un resultado conservativo de la potencia, ya que no es recomendable incorporar todos los elementos dentro de una simple solución gráfica, en base a la experiencia se sabe que se debe tener apoyo en el método analítico con el objetivo de establecer ajustes para que responda de acuerdo a las condiciones que se presentan en campo, estos métodos se aplicarán para un transportador de cinta de mineral de hierro TB-04 basándose en las características de diseño ya conocidas, se aplicaran los métodos antes dichos en una etapa crítica dentro de un sistema de transportadores, garantizando así el abastecimiento requerido y evitando exceder la capacidad de material férrico en el almacén lo cual tiene como consecuencia múltiples costos.

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un prototipo analítico en base a gráficas, fórmulas y tablas contenidas en CEMA de la cinta transportadora TB-04 para abastecer las toneladas por hora requeridas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Emplear las gráficas, fórmulas y tablas contenidas en el manual CEMA para calcular por medio de los métodos gráfico y analítico respectivamente los Hp's requeridos para la puesta en marcha de la cinta transportadora TB-04.

Determinar en base a los planos del conveyor TB-04 los factores de altura, desnivel en grados, longitud, altura, bastidores, poleas y ubicación y tipo de contrapeso.

Identificar las soluciones más viables y reales que proponen los fabricantes de cintas y motores acorde a los resultados obtenidos mediante los dos métodos.

Analizar y proponer mejoras en las áreas de montaje, operación y mantenimiento que permitan un incremento en la vida útil de la cinta transportadora.

Presentar una propuesta de seguridad de personal para prevenir accidentes.

## INDÍCE

INTRODUCCIÓN. . . . .	4
I. PROTOTIPOS. . . . .	7
1.1 DEFINICIONES DEL DISEÑO. . . . .	8
1.2 ANTECEDENTES . . . . .	10
1.3 DEFINICIONES DE PROTOTIPO . . . . .	13
1.3.1 Objetivo del prototipo . . . . .	13
1.3.2 Propósitos del prototipo. . . . .	13
1.3.2.1 Características de los prototipos . . . . .	14
1.4 EL PROTOTIPO ANALÍTICO . . . . .	14
1.4.1 Ventajas del prototipo analítico . . . . .	15
1.5 CONSIDERACIONES PARA EL PROTOTIPO DE CINTA . . . . .	15
1.5.1 Designación de componentes de la cinta transportadora . . . . .	16
1.5.2 Disposiciones constructivas esquemáticas . . . . .	17
1.5.3 Formas de carga y descarga . . . . .	19
II. DESCRIPCIÓN DE CINTA TRANSPORTADORA . . . . .	21
2.1 GENERALIDADES . . . . .	22
2.2 TRANSPORTE DE UNA AMPLIA DIVERSIDAD DE MATERIALES . . . . .	23
2.2.1 Características de los materiales a granel. . . . .	23
2.2.1.1 Ángulo de reposo del material. . . . .	24
2.2.1.2 Ángulo de sobrecarga . . . . .	24
2.2.1.3 Fluidez del material. . . . .	24
2.2.2 Rango de capacidades. . . . .	25
2.2.3 Se adapta al trayecto de recorrido. . . . .	26
2.2.4 Capacidad de carga, descarga y apilamiento. . . . .	27
2.2.4.1 Direcciones de cargado . . . . .	28
2.2.4.2 Descarga de material a partir de la cinta. . . . .	30
2.2.4.3 Trayectorias de descarga. . . . .	33
2.3 FUNCIÓN DE PROCESOS . . . . .	36
2.4 BAJO COSTO POR OPERACIÓN . . . . .	36
2.5 BAJO COSTO POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. . . . .	37
III. DISEÑO DE CINTA TRANSPORTADORA. . . . .	38
3.1 CAPACIDADES, ANCHOS Y VELOCIDADES DE CINTAS . . . . .	39
3.1.1 Ancho de las cintas. . . . .	40
3.1.2 Velocidades de la cinta . . . . .	42
3.1.3 Capacidades de cintas . . . . .	43

3.2 TENSIONES DE CINTAA, POTENCIA E INGENIERÍA DEL ACCIONAMIENTO . . . . .	45
3.2.1 Requerimientos básicos de potencia . . . . .	45
3.2.2 Cálculo de tensiones en cintas . . . . .	46
3.2.2.1 Causas de la fricción en las poleas . . . . .	53
3.2.2.2 Sumatoria de las componentes de “T <sub>e</sub> ” . . . . .	56
3.2.3 Fórmula para el cálculo de la potencia . . . . .	57
3.2.4 Relaciones de la polea de accionamiento . . . . .	58
3.2.5 Factor de Abrace Cw . . . . .	58
3.2.5.1 Ángulo de abrace theta (arco de contacto) . . . . .	59
3.2.6 Máxima tensión de cintas . . . . .	60
3.2.7 Mínima tensión de la cinta. . . . .	61
3.2.8 Tensión del lado flojo T <sub>2</sub> . . . . .	61
3.2.9 Tensión T <sub>b</sub> . . . . .	62
3.2.10 Tensión de la cinta en el trayecto de retorno Tyr . . . . .	62
3.2.11 Tensión en cualquier punto “x” en la longitud del conveyor . . . . .	62
3.2.12 Análisis de tensiones en la cinta . . . . .	63
3.2.13 Fallas de energía eléctrica . . . . .	64
3.2.14 Consideraciones para el diseño . . . . .	64
3.2.15 Cálculos . . . . .	65
3.2.15.1 Método gráfico teoría para la determinación de la potencia .66	
3.2.15.2 Método analítico teoría para la determinación de la potencia 70	
3.2.16 Restricciones de los transportadores declinados . . . . .	74
3.2.16.1 Fuerzas que actúan durante el frenado de la cinta . . . . .	74
3.3 SELECCIÓN DE LA CORREA O CINTA . . . . .	75
3.3.1 Tipos principales . . . . .	77
3.3.2 Factores que intervienen en la composición de las cintas transportadoras . . . . .	78
3.3.3 Tejidos de la cinta . . . . .	79
3.3.3.1 Tipos de textiles . . . . .	81
3.3.3.1.1 Breakers . . . . .	83
3.3.3.1.2 Grados de correaje de transportación y sus usos . . . . .	83
3.3.4 Recubrimientos . . . . .	84
3.3.4.1 Condiciones de Cargado que permiten un desgaste normal de la cubierta . . . . .	85
3.3.4.2 Condiciones de Cargado que permiten un mínimo desgaste de la cubierta . . . . .	85
3.3.4.3 Condiciones de cargado que permiten un máximo desgaste de la cubierta . . . . .	86
3.3.5 Empalmes . . . . .	86
3.4 TIPOS DE CURVAS EN UNA CINTA . . . . .	87

3.5 LIMPIEZA DE CINTAS TRANSPORTADORAS . . . . .	90
3.5.1 Incidencia económica de una mala limpieza . . . . .	90
IV. CÁLCULO DE LA CINTA TRANSPORTADORA PARA MINERAL DE HIERRO . . . . .	93
4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS PARA LLEVAR A CABO EL CÁLCULO DEL PROTOTIPO ANALÍTICO DE LA CINTA TRANSPORTADORA TB- 04 . . . . .	94
4.2 MÉTODO GRAFICO . . . . .	96
4.3 MÉTODO ANALÍTICO . . . . .	101
4.4 DIMENSIONES GENERALES DE LOS COMPONENTES . . . . .	108
4.5 PLANOS DE CONJUNTO DEL TRANSPORTADOR DE CINTA TB-04 . . . . .	116
V. ANÁLISIS Y PROPUESTAS . . . . .	123
5.1 PROPUESTA PARA EL MONTAJE . . . . .	125
5.2 ANÁLISIS Y PROPUESTA DE OPERACIÓN . . . . .	126
5.3 ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO . . . . .	128
5.4 PROPUESTA DE SEGURIDAD DE PERSONAL . . . . .	130
CONCLUSIÓN. . . . .	132
ANEXO DE TABLAS. . . . .	133
ANEXO DE GRÁFICAS. . . . .	149
NOMENCLATURA. . . . .	153
BIBLIOGRAFÍA Y MESOGRAFÍA . . . . .	156

## INTRODUCCIÓN

En el transporte de materiales, materias primas, minerales y diversos productos se han creado diversas formas de traslado; pero una de las más eficientes es el transporte por medio de cintas transportadoras, ya que estas son de gran sencillez de funcionamiento, una vez instaladas en condiciones óptimas suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento.

Las cintas transportadoras 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. Son aparatos que funcionan intercalados en las líneas de proceso y que requieren poco personal operario que manipule directamente sobre el conveyor de forma continua.

La tecnología de transporte continuo mediante cintas transportadoras se ha establecido a través de todo el mundo para el movimiento de materiales y cargas debido a su gran versatilidad y economía.

De acuerdo al tipo de materiales que van a manipularse, existen dos grandes grupos de transportadores, ellos son:

- Banda o rodillo para el manejo de productos empacados o cargas unitarias.
- Banda o rodillo para manejo de producto suelto o a granel.

Cada conveyor posee sus propias características dependiendo del tipo de empresa, pues las actividades, medio ambiente, espacio, necesidades y manejo de materiales son diferentes incluso para empresas que pertenecen a un mismo ramo de la producción, siendo esta la principal razón por la cual cobran tanta importancia los criterios de selección.

ARCELOR-MITTAL antes "MITTAL STEEL Molinos, S.A. de C.V." Construyó el proyecto minero denominado "Volcán Mine" ubicado en el estado de Sonora, México. En el cual se incluyen las fases de Explotación, Trituración-Pre concentración y Concentración a fin de proporcionar concentrado para su planta de acero localizada en Lázaro Cárdenas, Michoacán. Y con ello cancelar la importación que se realizaba de Brasil y Perú.

Dicho proyecto minero contempla después de la extracción, la trituración del material por medio de mecanismos mecánicos tolvas y bandas para obtener material de determinado tamaño el cual pueda ser utilizado en la Planta Concentradora.

En nuestro caso de estudio se desarrolla un prototipo analítico a partir de un conveyor de dicha empresa que no cumple con los requerimientos de abastecimiento establecidos por la empresa ARCELOR-MITTAL; generando con esto un problema en la capacidad del almacén, la cual es rebasada. Por lo cual nosotros proponemos un prototipo analítico de la cinta transportadora TB-04, que cumpla con la cuota de abastecimiento requerida; determinando de manera análoga una potencia mayor en el motor, para que de esta forma cumpla con las necesidades y requerimientos de abastecimiento. En base a los siguientes datos:

**Tabla 1 Datos generales para el desarrollo del prototipo analítico del transportador de cinta TB-04.**

<b>DATO</b>	<b>VALOR</b>
Mineral de hierro	Tamaño 100% finos.
Densidad del mineral de hierro	$\rho = 249.712 \left( \frac{\text{Libras}}{\text{Pies}^3} \right)$
Capacidad de la cinta	$Q = 1200 \frac{\text{Toneladas}}{\text{hr}}$
Bastidor	Abarquillados CEMA C6 a 20°
Ancho de la cinta	b= 30 pulgadas
Longitud horizontal entre poleas cabeza-cola	$L = 220.958 \text{ Pies}$
Altura entre centros poleas cabeza-cola	$\Delta = 25.2625 \text{ Pies}$
Velocidad	$V = 500 \frac{\text{Pies}}{\text{minuto}}$
Peso del material	$W_m = \frac{(Q)(2000)}{(60)(V)} = 80 \frac{\text{Libras}}{\text{Pie}}$
Peso de la cinta	$W_b = 10 \frac{\text{Libras}}{\text{Pie}}$
Área del material sobre la cinta	$A_m = 0.586 \text{ Pies}^2$

Gasto	$Ga = (V)(A_m) = 293 \frac{Pies^3}{minuto}$
Ángulo de reposo del material	35°
Ángulo de sobrecarga del material	25°

Fuente.- Ing. Ulises Zaranda Pacheco Responsable del Proyecto.

En el primer capítulo se proporciona un panorama general acerca de lo que es un prototipo analítico y sus ventajas; así como de los componentes que integran el conveyor.

En el segundo capítulo se describe más a detalle lo que es un transportador de cinta, características en los materiales transportados que influyen directamente en la selección de la cinta y al final del capítulo se hace referencia a las ventajas que tiene este medio de transporte de material a granel.

El tercer capítulo hace referencia al desarrollo del método grafico para determinar la potencia requerida por el transportador de cinta; después en el método analítico se explican las tensiones, la potencia e ingeniería del accionamiento y al final se describe como se hace la elección de una cinta para la aplicación que se desee.

Para el cuarto capítulo entramos a lo que es el cálculo del prototipo analítico del transportador de cinta TB-04, aplicando los métodos gráfico y analítico apoyándonos en tablas, gráficas y fórmulas contenidas en el manual CEMA, se obtienen los Hp's necesarios para la puesta en marcha del conveyor, cumpliendo con esto la nueva cuota de abastecimiento. Además se identifican las soluciones más viables y reales que proponen los fabricantes de cintas y motores acorde a los resultados obtenidos; por último se emplea el software *AUTOCAD* para elaborar los planos generales del transportador de cinta TB-04.

Por último se hacen propuestas de montaje, operación, mantenimiento, seguridad de personal para tener la certeza de un uso adecuado del transportador de cinta TB-04; se realizo un análisis en la operación y mantenimiento con el objetivo de que la cinta opere de manera eficiente.

# CAPÍTULO I

## PROTOTIPOS

## 1.1 DEFINICIONES DEL DISEÑO.

Varios diseñadores, ingenieros e investigadores, a partir de la observación y experiencia, tienden a expresar su punto de vista en la definición de diseño ó lo que ellos consideran que es el diseño. Algunos de estos puntos de vista se expresan a continuación:

- Feilden (19): “Diseño en ingeniería es el uso de principios científicos, información técnica e imaginación en la definición de una estructura mecánica, máquina o sistema para realizar funciones pre-especificadas con la máxima economía y eficiencia”.
- Finkelstein y Finkelstein (20): “Diseñar es un proceso creativo que inicia a partir de un requerimiento y define un invento o sistema de su realización o implementación, para satisfacer el requerimiento. Esta es la principal actividad humana y es central para ingeniería y las artes aplicadas”.
- Luckman (21): “Diseño para los hombres es el primer paso hacia el dominio de su medio ambiente... el proceso de diseño es la translación de información en la manera de requerimientos, construcciones y experiencia dentro de soluciones potenciales que son consideradas por el diseñador para satisfacer las características requeridas de rendimiento... algunos creativamente u originalmente entran al proceso de esto para ser llamado diseño”.
- Archer (22): “... diseño implica una prescripción o modelo, la intención de englobar como un “*disco duro*”, y la presencia de un paso creativo”.
- Caldecote (23): “... la función básica del diseño... para diseñar un producto con el objeto de cubrir las especificaciones, debe durar, ser confiable y de fácil mantenimiento, para diseño debe ser económico de manufacturar y agradable a la vista”.

19 FEILDEN, G. B. R. *et. al. Engenering desing (“The Feilden’s Report”)*, 1963 (HER Majesty’s Stationery Office, London).

20 Finkelstein, L. and Finkelstein, A. C. W. Review of desing methodology. IEE Proc., June 1983, 130 (Part A, No.4).

21 Luckman, J. An approach to the management of desing. In *Developments in desing methodology* (Ed. N. Cross), 1984 pp. 83-87 (John While, London).

22 Archer, L. B. Sistematic method for designer’s. In *Development in desing methodology* (Ed. N. Cross), 1984, pp. 57-82 (John While, London).

23 Caldecote, V. the desing team in relation to the individual designer. *The practice of and education for engineering desing. Proc. Instn. Mech. Engrs*, 1963-4, 178 (3B), 16-19

Las definiciones anteriores de diseño reflejan los puntos de vista de sus ponentes. En general, ciertas palabras clave y frases se pueden notar su relación respecto a diseño. Estas incluyen: necesidad, requerimientos, soluciones, especificaciones, creatividad, construcciones, principios científicos, información técnica, funciones, asignación, transformación, manufactura y económicos. La palabra del cliente, aunque ausente, tiene que incluirse representado por las palabra “necesidades”, “requerimientos” ó “mercado”. Tomando en cuenta estas palabras clave, el diseño puede ser descrito como:

El proceso de establecer requerimientos en base a necesidades humanas, transformándolo para que responda a las especificaciones y funciones, con estos se asigna y transforma (objetos para construcción) dentro de soluciones de diseño (usando creatividad, principios científicos y técnicas conocidas) este debe ser económico de manufacturar y producir.

## 1.2 ANTECEDENTES

En tiempos remotos llevar una idea a la realidad requería de una gran inversión y con cierto riesgo para los usuarios finales, lo que obligo a la industria a una mejora constante ya que también eran elevados sus costos de los procesos de fabricación, tuvo que haber una mejora en este aspecto por necesidad, empezando a desarrollar productos de prueba, los cuales tenían un elevado costo, sin embargo se incrementaba la utilidad, seguridad y eficiencia en el producto final, empero, el costo del producto final era elevado para la mayoría de la sociedad, por lo que todavía quedaban cosas por hacer.

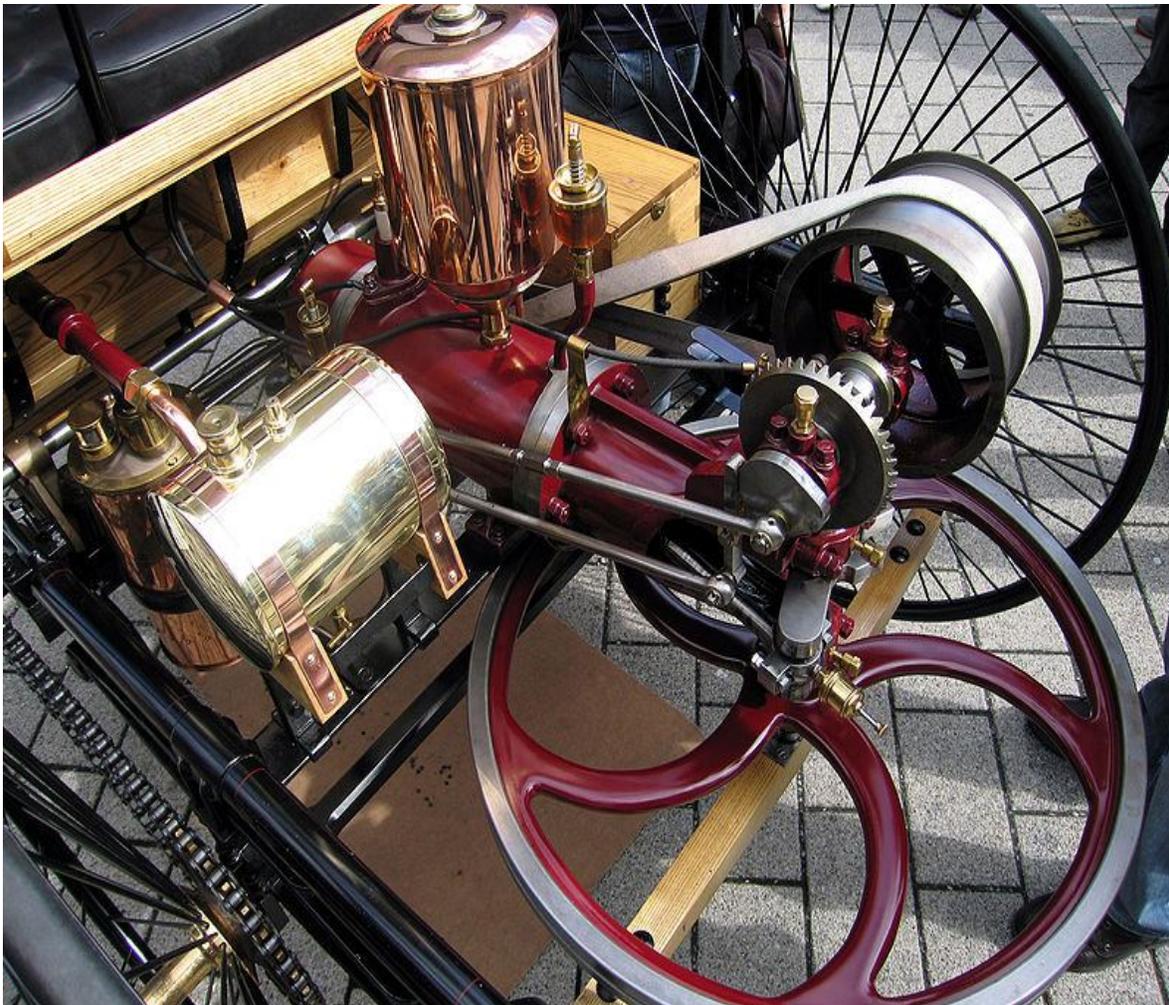


Imagen 1.1 Prototipo de motor presentado por Karl Benz en su solicitud de patente de un automóvil el 29 de junio de 1886 D.C.



**Imagen 1.2 Prototipo de avión experimental Mitsubishi “J8M”.**

Como el precio de los nuevos productos era muy elevado, se tuvo la necesidad de analizar el proceso de creación y producción de los proyectos, con el fin de hacer más accesible la adquisición del producto para una mayor cantidad de personas, al principio la elaboración de un prototipo absorbía una gran cantidad de recursos humanos, materiales y económicos.

La introducción del software como CAM (manufactura asistida por computadora) o CAD (diseño asistido por computadora), en la etapa de elaboración del prototipo disminuye de manera considerable el tiempo empleado en el proceso, sin embargo, no elimina la necesidad de llevarlo a la realidad para comprobar que funcione en condiciones óptimas, de acuerdo a las expectativas que se esperan.

En nuestra época actual, siglo XXI es muy importante para cualquier tipo de idea, cualquiera que sea su fin, utilidad e innovación, hacerla lo más viable y eficiente posible ya que de ello depende obtener los aciertos, así como también las partes o elementos en los que se necesita mejorar, adaptándose a las necesidades conforme las especificaciones que solicita el cliente o usuario.

Los prototipos se adaptan a las necesidades de acuerdo al tiempo en que se pretenda desarrollar un proyecto de corto plazo que abarca un año, mediano plazo va de 2 a 3 años o largo plazo es un lapso mayor a cinco años, por lo regular también va a definir la cantidad en costes de un proyecto de pequeña mediana o gran inversión.



Imagen 1.3 Auto Koenigsegg

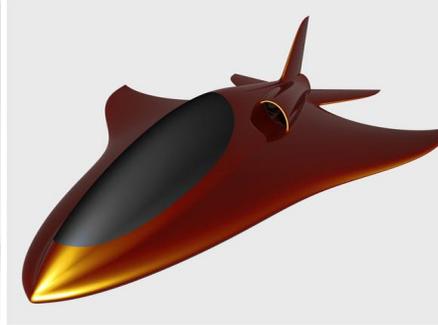


Imagen 1.4 Prototipo smartfish

A menos que el sistema sea lo más tradicional o muy básico, los usuarios no siempre podrán definir sus requerimientos en forma adecuada y precisa o simplemente no pueden especificar los requerimientos de manera previa, si no que deben descubrirlo conforme se van llevando a cabo el desarrollo del mismo se van a ir ajustando las características que han sido pedidas acorde a lo especificado.

CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) que traducido al español significa “Asociación de Fabricantes de Equipos de Conveyor”, es la principal Asociación de fabricantes de transportadores de América del Norte. Desde 1933 ofrecen una amplia gama de conocimientos, talento y capacitación en tres reuniones que realizan al año.

Los miembros afiliados son los principales fabricantes de transportadores y sistemas de transporte que diseñan, producen e instalan todo tipo de maquinaria de transporte.

CEMA aprovecha la experiencia de las empresas afiliadas y es capaz de proporcionar a la industria normas, información técnica, etiquetas de seguridad e información de seguridad de sus reuniones donde desarrollan y discuten los

estándares de la industria transportadora, publicaciones técnicas y nuevos desarrollos en diseño de transporte, tecnología, aplicaciones y seguridad.

### **1.3 DEFINICIONES DE PROTOTIPO**

Un prototipo es un modelo a escala o facsímil de lo real, pero no tan funcional para que equivalga a un producto final, ya que no lleva a cabo la totalidad de las funciones necesarias del sistema final. Proporcionando una retroalimentación temprana por parte de los usuarios acerca del sistema.

Un prototipo también se define como un modelo, representación, demostración o simulación fácilmente ampliable y modificable de una idea planificada probablemente incluyendo su interfaz y su funcionalidad de entradas y salidas en las fases de su desarrollo.

#### **1.3.1 Objetivo del prototipo**

Siempre se debe establecer cuál es el objetivo, ya que el prototipo debe ser útil en las diferentes fases del proyecto, por ello su finalidad debe ser clara. Durante la fase de análisis se usa para obtener los requerimientos del usuario.

Dependiendo de la complejidad, inversión y de los recursos, se va a determinar el coste del prototipo y de acuerdo a ello se van a seleccionar sus etapas de desarrollo para cuando se considere que este sea de baja, mediana y gran inversión.

#### **1.3.2 Propósitos del prototipo**

En la fase de análisis de un proyecto, su principal propósito es obtener y validar los requerimientos esenciales, manteniendo abiertas las opciones de implementación. Esto implica que se deben tomar los comentarios de los usuarios, pero debemos regresar a sus objetivos para no perder la atención de lo que se pretende que realice y no desviar el camino de lo que se debe cumplir.

En la fase de diseño su propósito, basándose en los requerimientos previamente obtenidos, es mostrar las ventanas, su navegación, iteración,

controles y botones a usar por el usuario y obtener una retroalimentación que nos permite mejorar el diseño de la interfaz.

### 1.3.2.1 Características de los prototipos

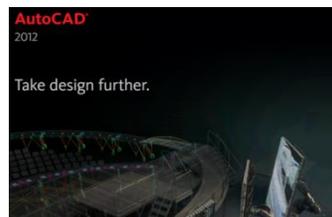
El proceso de desarrollo y empleo de prototipos tiene las siguientes características:

- El prototipo es una aplicación que funciona.
- Los prototipos se crean con rapidez.
- Los prototipos evolucionan a través de un proceso iterativo.
- Los prototipos tienen bajo costo de desarrollo.

## 1.4 EL PROTOTIPO ANALÍTICO

Para nuestro caso en específico se utiliza un prototipo analítico ya que este transforma al producto en intangible, en base de un modelo matemático posibilitando calcular, dibujar, como también visualizar aspectos importantes del producto sin llegar a construirlo. Nosotros empleamos el programa de Autocad para el croquizado general del transportador de cinta “TB-04”.

Esta clase de prototipo es más económico que los prototipos físicos, ya que se pueden variar los valores de los parámetros de interés proporcionando diversas alternativas.



**Imagen 1.5 Autocad**

Cada vez los prototipos digitales son de características más apegadas a la realidad haciendo mucho más sencillo y económico la evaluación mediante la selección de materiales, el análisis de movimiento para verificar que no hay colisión o fricción entre los elementos o partes del diseño, también, como el análisis de esfuerzos en las llamadas zonas críticas.

### 1.4.1 Ventajas del prototipo analítico.

- Modelo matemático del prototipo.
- Muestra comportamientos que surgen de fenómenos explícitamente modelados, sin embargo, no siempre se anticipa al comportamiento.
- Algún comportamiento puede ser un artefacto del método analítico.
- Permite a menudo más libertad experimental que los modelos físicos.

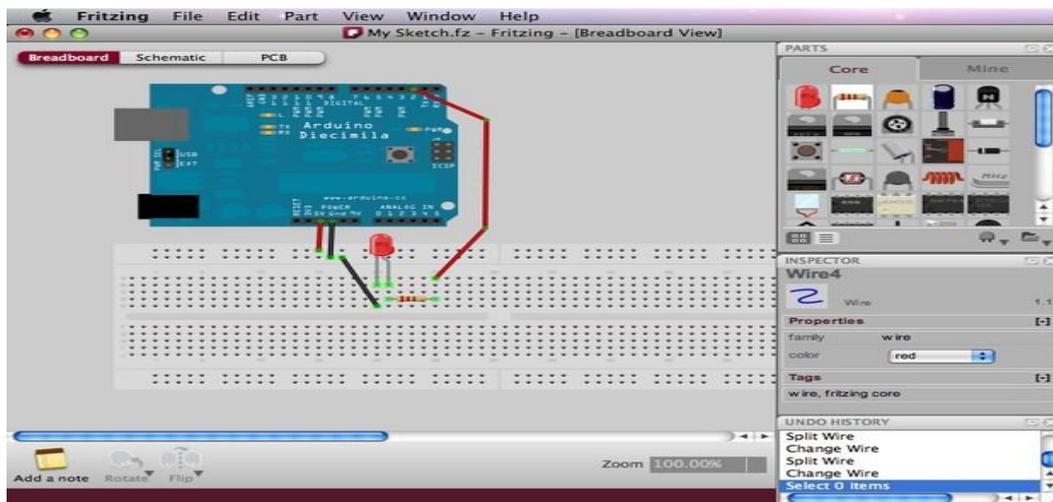


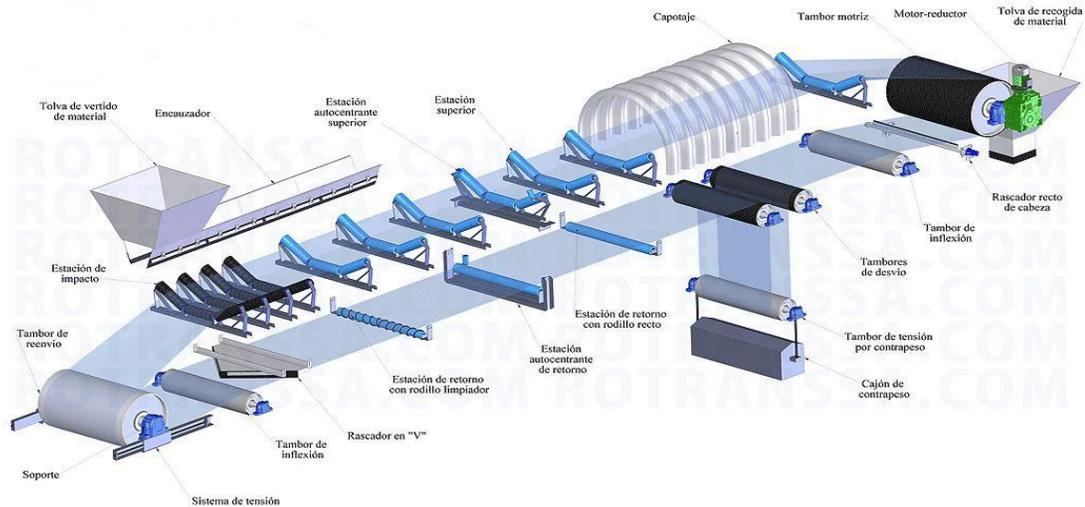
Imagen 1.6 Ejemplo de visualización del prototipo analítico de un circuito con una placa de arduino.

## 1.5 CONSIDERACIONES PARA PROTOTIPO DE CINTA.

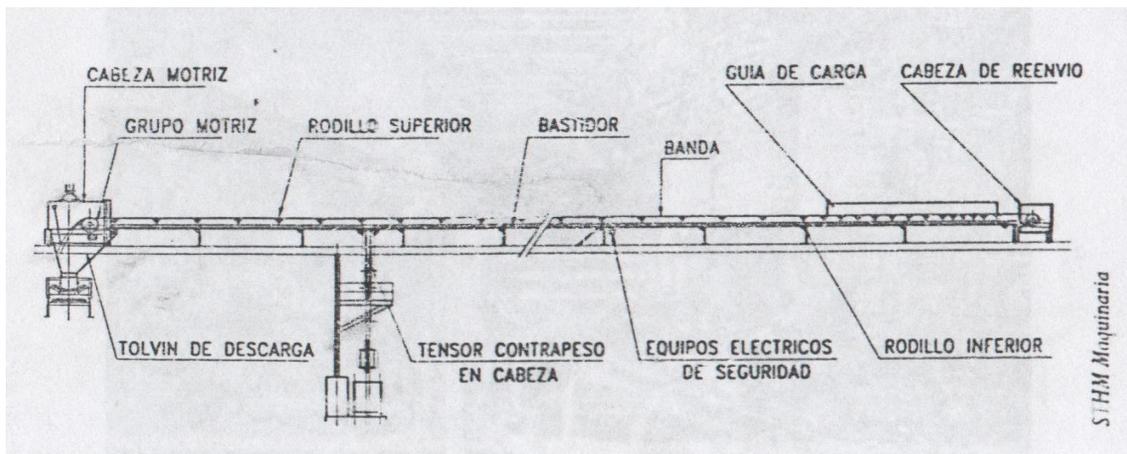
Antes de entrar en el detalle de los diversos aspectos de cálculo y diseño de una cinta transportadora es conveniente exponer y mostrar en forma gráfica, los componentes de las mismas, las disposiciones constructivas en forma esquemática, las formas de carga y descarga para de esta manera tener una visión general de la presente tesis.

### 1.5.1 Designación de componentes de una cinta transportadora.

Las imágenes siguientes muestran en forma esquemática, los componentes principales de una cinta transportadora, en las tres versiones principales: con contrapeso en cabeza, con contrapeso en cola y con tensor de husillo.



**Imagen 1.7 Partes de un transportador de cinta.**



**Imagen 1.8 Cinta con contrapeso en cabeza**

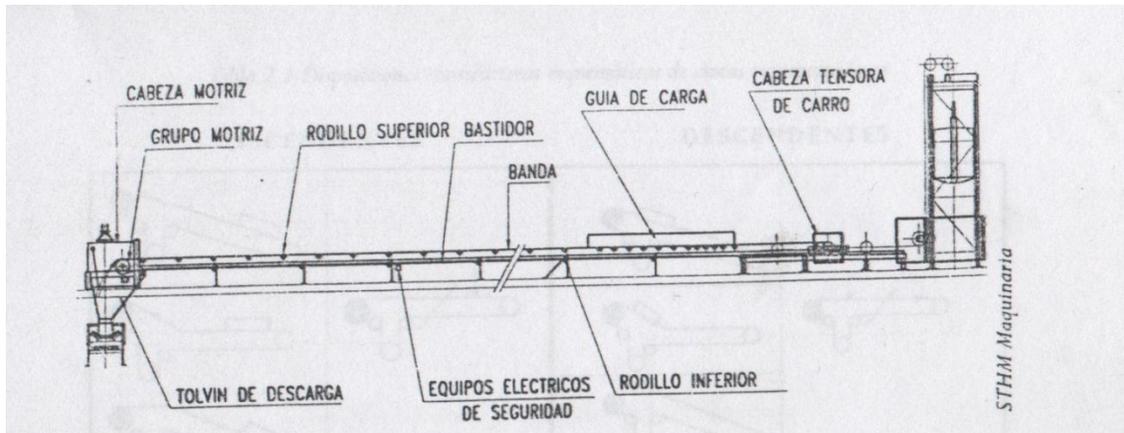


Imagen 1.9 Cinta con contrapeso en cola

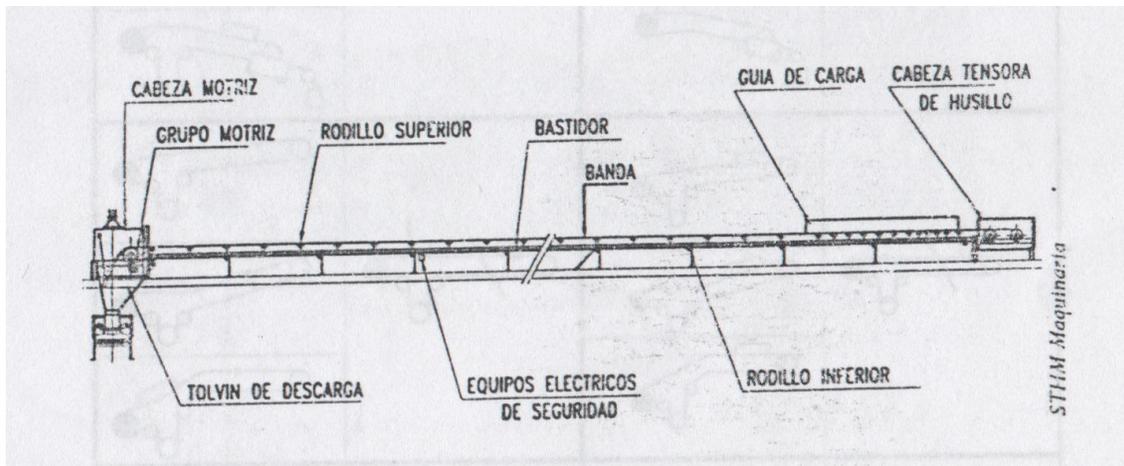


Imagen 1.10 Cinta con tensor de husillo

### 1.5.2 Disposiciones constructivas esquemáticas.

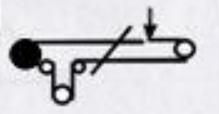
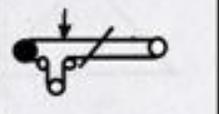
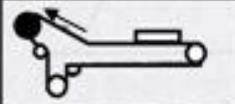
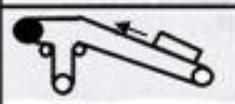
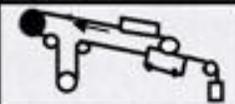
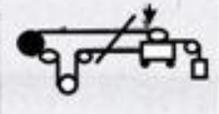
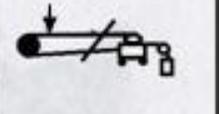
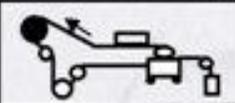
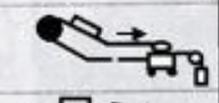
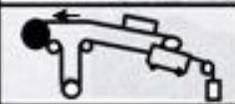
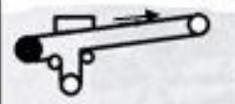
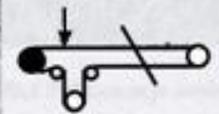
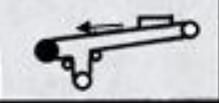
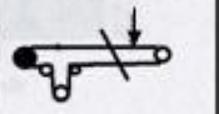
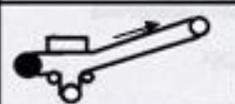
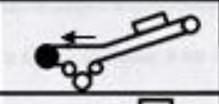
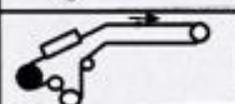
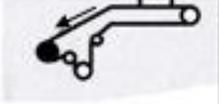
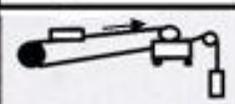
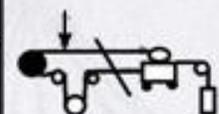
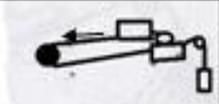
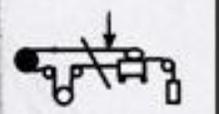
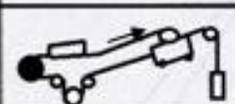
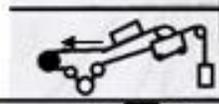
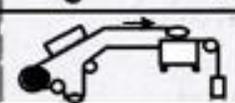
Teniendo en cuenta que la cabeza motriz, la de reenvío y la tensora pueden ocupar diversas posiciones relativas sobre la cinta, y que además de la trayectoria de transporte puede ser ascendente o descendente, el número de disposiciones constructivas que pueden presentarse es grande, las disposiciones constructivas más comunes y a las cuales tendremos dentro de la siguiente tabla:

En donde:

- El círculo negro representa la polea motriz.
- El rectángulo representa la zona de carga del material.
- La flecha sobre la dirección de la cinta representa el sentido del recorrido.
- ↓ La flecha vertical indica la zona de cargado.

-  Representa el tensor por poleas.
-  Representa el tensor por gravedad.
-  El círculo blanco representa la polea de colas.

Tabla 1.1 Disposiciones constructivas esquemáticas de cintas transportadoras

### 1.5.3 Formas de carga y descarga.

Desde el punto de vista de la carga y descarga, en las figuras siguientes pueden apreciarse las configuraciones más comunes.



Imagen 1.11 Carga de una cinta hacia otra

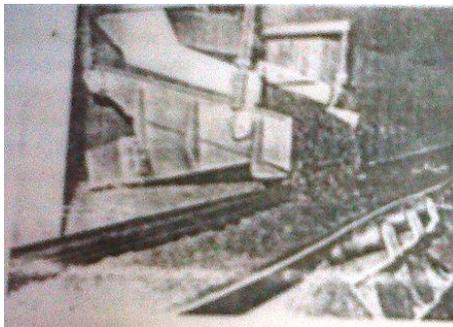


Imagen 1.12 Carga desde un alimentador vibrante

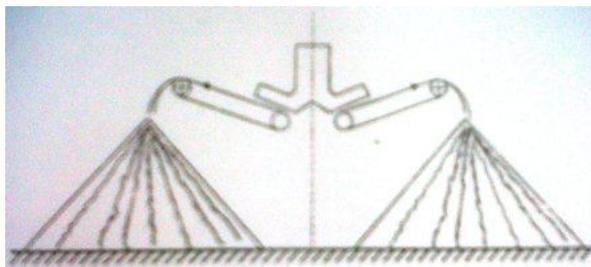


Imagen 1.13 Descarga mediante carro apilador a los dos lados

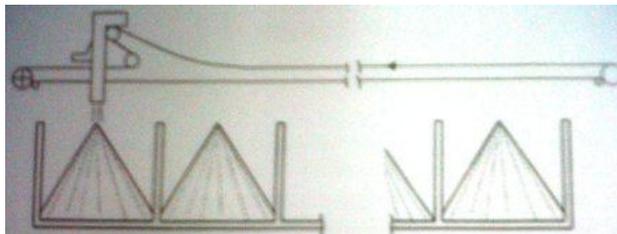


Imagen 1.14 Descarga mediante tripper sobre compartimientos fijos



**Imagen 1.15 Descarga y apilado de material a partir de la polea terminal**

**CAPÍTULO II**

**DESCRIPCIÓN DE**

**CINTA**

**TRANSPORTADORA**

## 2.1 GENERALIDADES

Cuando se lleva a cabo la elección de un transportador de cinta ó conveyer para el traslado de materiales a granel los principales involucrados por lo general son ingenieros, gerentes e industriales quienes tienen una participación fundamental en la toma de decisiones, este capítulo es relevante para a aquella persona que tenga interés en conocer acerca de los variados usos de los transportadores de cinta, sus ventajas bajo las variadas necesidades operación inherentes como su economía, confiabilidad, versatilidad, dando un panorama general y ayudando a introducirlos en el tema de lo que es un transportador de cinta.

Las exigencias de baja labor y energía son fundamentales cuando es comparado con otros medios de transporte, el dramático incremento en los costos de operación ah ubicado a estos transportadores en una posición extremadamente favorable por las tantas aplicaciones por las que no se habían considerado hasta hace algunos años. Los fabricantes han hecho innovaciones importantes en los transportadores de cinta constantemente anticipándose a las necesidades del mercado superando las expectativas de los clientes y todo requerimiento pedido.

Su confiabilidad así como la seguridad son destacables ya que reducen costos de operación sustancialmente, en su diseño se han mejorado los elementos que la componen mecánicamente, los materiales de que está hecha la cinta para hacerla más durable, los aditamentos tecnológicos que se han venido agregando como son los controles electrónicos y dispositivos de seguridad para hacer más segura, sencilla, y rápida su operación.



**Imagen 2.1 Conveyer de 54 pulgadas de ancho con inclinación**

## 2.2 TRANSPORTE DE UNA AMPLIA DIVERSIDAD DE MATERIALES

El tamaño del material a transportar únicamente se limita al ancho de la cinta, pueden ser desde muy finos como lo son polvos, químicos hasta los más grandes como mineral de hierro, piedra, carbón, o troncos de pulpa de madera, materiales que ya han sido clasificados cuidadosamente o desmenuzados son cargados y transportados con una degradación mínima.



Imagen 2.2 Conveyer de alta capacidad de transporte de carbón

Ya que este tipo de cintas de goma son altamente resistentes a la corrosión y abrasión el coste de mantenimiento es bajo comparado con otros sistemas que cumplen con la misma función, cuando se manipulan materiales altamente corrosivos o aquellos que son muy abrasivos como la alúmina y el sinter. Los materiales que pueden causar adherencia y compactamiento (en paquetes) y que se transportan por otros medios, por lo regular y continuamente son llevados con buen resultado sobre los transportadores de cinta, aun materiales calientes como el coque, sinter o pellas (masa de metal fundido).

### 2.2.1 Características de materiales a granel que son transportados por medio de la cinta.

Cuando se lleva a cabo el prototipo analítico de una cinta transportadora se deben de identificar las características del material a transportar; para ello debemos de conocer algunos conceptos que nos ayudaran a comprender y entender mejor la utilidad de la cinta y de este modo obtener una mayor vida útil de la misma.

### 2.2.1.1 Ángulo de reposo del material.

Es el ángulo que se tiene entre la superficie del material apilado libremente con respecto a la horizontal (ver tabla 2.1 en el anexo de tablas pág.133).

### 2.2.1.2 Ángulo de sobrecarga.

Hace referencia al ángulo que forma el material respecto a la horizontal cuando está montado sobre una cinta en movimiento. Por lo común este ángulo suele ser de  $5^{\circ}$  a  $15^{\circ}$  menos que el ángulo de reposo, aunque en algunos materiales puede llegar a ser de  $20^{\circ}$  (ver tabla 2.1 en el anexo de tablas pág.133).

### 2.2.1.3 Fluidez del material.

Se va a medir a partir del ángulo de reposo y el ángulo de sobrecarga del material, sirve para determinar la sección transversal de la carga para asegurarse de que el material no se caerá por los costados, también es un indicador del ángulo de seguridad de la inclinación de la cinta. La fluidez depende de las características del material como el tamaño, la forma de las partículas finas así como de los terrones, la proporcionalidad entre terrón-fino, rugosidad y contenido de humedad. En la tabla 2.1 (ver anexo de tablas pág.133) se relacionan las características del material con los ángulos de reposo, sobrecarga y su grado de fluidez.

Dentro de las características del material también deben considerarse el grado de pulverización, la humedad, adherencia, abrasividad, acción corrosiva y temperatura en la tabla 2.2 (ver anexo de tablas pág. 134) se ponen la designación para el código de los materiales. En la tabla 2.3 (ver anexo de tablas pág. 135-136) se proporciona un listado de los minerales a granel con sus principales características a considerar en este tipo de transporte, los datos en esta tabla son valores promedios que pudiesen variar en una situación específica, especialmente los ángulos de reposo y las inclinaciones máximas de la cinta. Las condiciones reales de los materiales en ciertos casos deberán ser determinados mediante pruebas establecidas, por ejemplo cuando se tiene exceso de humedad, largos periodos de almacenaje, etc.

Si se llega a tener un material que no se encuentre en la tabla 2.3 (anexo tablas pág. 135-136) se pueden buscar semejanzas con algún material en la misma. En forma general, una de las consideraciones que es de gran importancia es la influencia del movimiento, inclinación y velocidad de la cinta en las características normales del material, el tránsito continuo y sucesivo de la cinta por los rodillos genera vibración que se transmite al material provocando que las partículas finas y de menor tamaño se vayan al fondo, también tiende a disminuir el ángulo de sobrecarga, razón por la cual resulta menor que el ángulo de reposo.

Cualquier diferencia de velocidad entre la cinta y el material que se está cargando sobre ella, origina turbulencia del material. La velocidad vertical o de caída del material que está cargando la cinta debe ser absorbida por la cinta sin dañarla. Para ello se utilizan rodillos de impacto bajo los puntos de carga. En la caída también ocurre turbulencia del material; algunos materiales como la grava lavada tienden a rodar y rebotar sobre la cinta por lo que habrá que estudiarse con cuidado la caída, inclinación y velocidades.

La sección transversal nominal del material sobre un conveyor horizontal es medida en un plano normal a la cinta. En una cinta inclinada ó declinada, la fuerza de gravedad exige que la sección transversal real de la carga sea considerada en un plano vertical. Para mantener el ancho total de la carga de material sobre la cinta e invariable el ángulo de carga, la sección transversal de la posible carga en una cinta inclinada ó declinada debe ser menor que en una cinta horizontal.

En referencia al diagrama que se describe en la imagen 3.1 (ver pág. 44) empleado en la derivación de la capacidad de la cinta, el área  $A_b$  no cambia aunque el área  $A_s$  disminuya con el coseno del ángulo de inclinación de la cinta.

### 2.2.2 Rango de capacidades.

Los transportadores de cinta, son capaces de llevar de un lugar a otro capacidades horarias en exceso respondiendo eficientemente a cualquier requerimiento práctico, también es aplicado en la industria para transportar cantidades como si fuera goteo demostrando su amplia versatilidad.

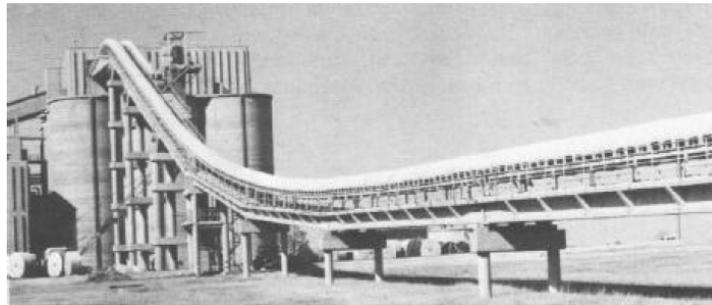
Pueden estar en operación de forma continua evitando contratiempos por cargado o descargado, comparado con otros sistemas convencionales en donde existe retorno de unidades sin carga por ejemplo camiones, trenes, etc. Se pueden pasar por alto los horarios de control y despacho, cuando el material se puede cargar y descargar eficientemente con la aplicación de este tipo de transportadores. Son capaces de transportar toneladas de material a granel, bajando el costo y haciéndolo mucho más eficiente.

### 2.2.3 Se adapta al trayecto de recorrido.

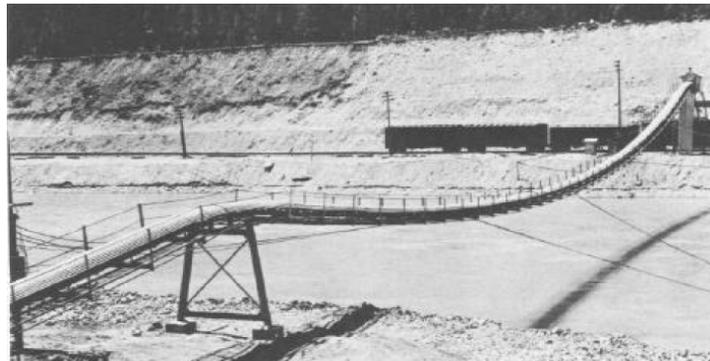
El medio de transporte como los son los transportadores de cinta da como resultado la vía más corta en distancia entre los puntos de carga y descarga. Este medio de transporte de materiales se les puede añadir estructuras para prevenir el escape de polvo al medio ambiente, al mismo tiempo que protegen al material durante su traslado del clima para que este llegue en las mejores condiciones posibles para ser procesado posteriormente. Estas estructuras se adaptan a las características requeridas y exigencias específicas que el cliente o el material transportado requiera cuales quiera que sean estas.

Con los transportadores de cinta se proporciona un caudal o transporte de material continuo evitando contratiempos, peligro de seguridad en rieles para el caso de los trenes, trafico de unidades, entre otro tipo de congestionamientos, los caminos a los que se va a adaptar este transportador como ya se dijo pueden ser muy versátiles, por decir puede ser flexible y la longitud de la ruta se puede extender como quiera, se da el caso de que en algunas operaciones en minas abiertas transportadores de miles de pies de longitud se desvían lateralmente sobre la bancada para seguir el progreso o avance de las excavaciones en frente de la mina.

Los beneficios económicos de los bajos costos de operación por energía, así como también algunas otras ventajas han liberado la diseminada adopción de los sistemas de transporte por cinta como el medio de traslado de materiales a granel por excelencia frente a grandes distancias, sin embargo, no siempre fue así pero el recientemente incremento de los costos operativos y de combustible en otros sistemas de transporte le ha encarecido grandemente a estos en su valor presente.



**Imagen 2.3 Cubierta de metal corrugado como protección contra las adversidades ambientales**



**Imagen 2.4 Transportados a través de un puente colgante**

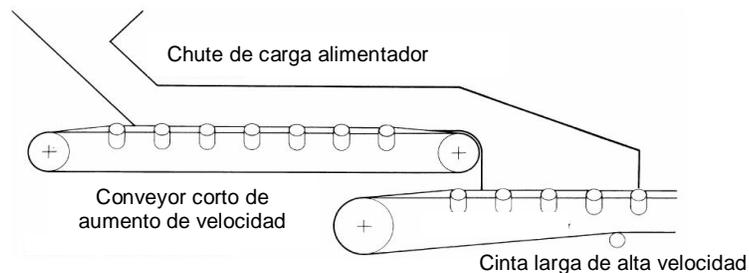
#### 2.2.4 Capacidad de carga, descarga y apilamiento

Los conveyors de cinta son muy flexibles a la hora de que se carga el material sobre ellos, en uno o en varios puntos, así como también llevar el material a los diversos puntos de descarga en donde sea requerido. Estos transportadores pueden ser la principal arteria de transporte de material a lo largo del equipamiento, siempre y cuando se provea de una alimentación uniforme a la cinta.

### 2.2.4.1 Direcciones de cargado.

Solo se habla de dos direcciones posibles para llevar a cabo el cargado de material sobre la cinta una es transversal o en dirección a la misma:

- Cargado en dirección de la cinta definitivamente es la mejor forma en la cual el material cae sobre la banda y puede alcanzar más fácilmente una velocidad cercana a la misma, el material desde el centro de la cinta va logrando un perfil simétrico. Los delantales en el punto de carga pueden ser de longitud mínima; las fluctuaciones en la rata de alimentación (material que se tiene en el chute de alimentación) no afectaría el propio cargado, la perdida de altura de una a otra seria mínima, desafortunadamente el cargado en esa dirección de la cinta receptora no es lo más usual cuando se configura un conjunto de transportador, aún en el caso en que se tenga la misma dirección hay situaciones en donde se debe cargar el material sobre una larga cinta de alta velocidad. Para evitar el desgaste que se produce sobre la cubierta y debido a la aceleración del material cargado, se ha de colocar un conveyor corto que aumente de velocidad entre el chute (ver imagen 2.5) de carga y la cinta transportadora de alta velocidad.



**Imagen 2.5 Cargado de cinta**

Hasta donde sea posible es bueno poner la zona de carga en un sector horizontal del conveyor para de esta forma resolver con facilidad la parte inclinada ya sea en subida o bajada con un diseño adecuado de la curva vertical.

El chute de carga alimentador a la cinta larga de alta velocidad usualmente disminuye las pulsaciones, ya que mecanismos retardadores suspendidos en los chutes ayudan a reducir los picos de pulsación. La elección de los chutes de carga alimentadores depende de las características del material a manejar, de manera

de cómo el material es almacenado y de la rata de tonelaje. La carga inicial se va a realizar mediante alimentadores que se ubican bajo una tolva entre los cuales se encuentran los de banda, vibrantes, tablero articulado entre otros, esto depende del material a transportar, tamaño del mismo y características (adherencia, fluidez, etc.), esta carga no suele originar problemas ya que la velocidad del material cuando sale de los alimentadores es mínima.



**Imagen 2.6 Múltiples estaciones de cargado a cielo abierto de mineral en minas**

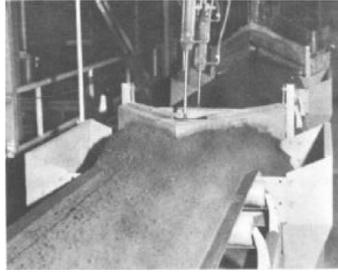
Los transportadores son particularmente provechosos en túneles debajo de pilas de almacenamiento de material, además este último puede ser mezclado a partir de varias pilas, el material se puede descargar a partir de la polea principal de cada conveyer como se muestra en la imagen 2.10 en la página 30 ó en cualquier lugar a lo largo de su longitud por medio de plows o trippers viajeros.



**Imagen 2.7 Tolva sobre rieles con alimentador cargando a lo largo de la longitud del material**



**Imagen 2.8 Alimentadores múltiples en túnel debajo de pilas de almacenamiento**



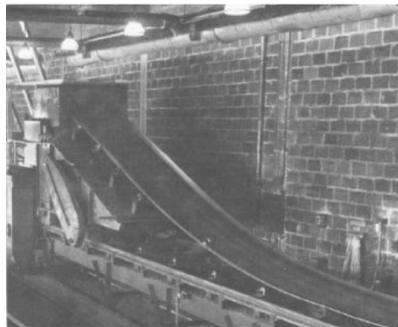
**Imagen 2.9 Plow tipo "v" desviando arena desde una cinta**

#### 2.2.4.2 Descarga de material a partir de la cinta

La flexibilidad de los arreglos que se pueden hacer para la descarga facilita el uso de grandes tolvas a ser llenadas como la creación de variadas y perfiladas pilas de almacenaje, el método de descarga más simple desde una cinta transportadora es aquel en donde el material cae desde una polea terminal a una pila, un embudo, un chute u otra cinta.



**Imagen 2.10 Material descargado desde la polea principal del conveyor**



**Imagen 2.11 Tripper motorizado con sistema anti-polvo distribuyendo carbón a la carbonera**

Este medio de transporte de material se ah convertido con sus apiladores y recuperadores, en el medio más práctico de apilamiento a gran escala de materiales a granel como es el caso de mineral de hierro, carbón, pella, etc. Otra de sus ventajas es la combinación de recuperación-apilamiento ilustra el curso en modernos rieles al terminal de embarque, también los cargadores del barco están equipados con transportadores de cinta para distribuir y controlar el flujo de material hacia sus almacenes o bodegas.



**Imagen 2.12 Apilador de doble ala descargando a pilas de almacenaje hacia ambos lados del conveyor alimentador**



**Imagen 2.13 Combinación apilador con recuperador**



**Imagen 2.14 Barco auto-descargante con transportador de 78 pulgadas de ancho**



Imagen 2.15 Transportador de cinta con 60 pulgadas de ancho.

Barcos auto-descargantes y lagunas receptoras equipadas con transportadores de cinta se pueden descargar en todos los puertos, aún en aquellos en donde no se cuenta con un equipo de descarga en muelle. La capacidad de descarga de estos sistemas es usualmente de mayor que la de varios descargadores con noria de cucharones, requiriendo menos tiempos de turnos, lo que se traduce como una reducción en horas de trabajo y costo de operación. En contraste con los sistemas de alta capacidad antes mencionados por ejemplo los camiones, trenes, entre otros, ciertos materiales, tales como arena de fundición pueden ser distribuidos con desviadores “plows” desde la cinta así como sitios específicos según sean los requerimientos.

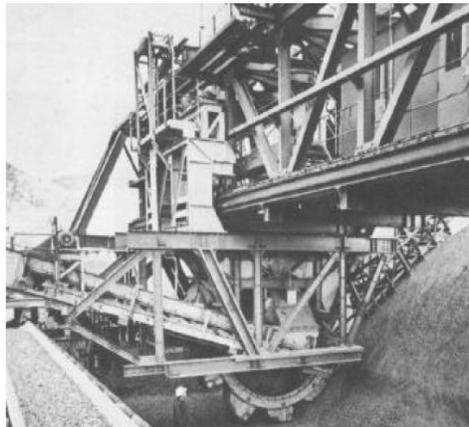


Imagen 2.16 Descargador con noria de cucharones.

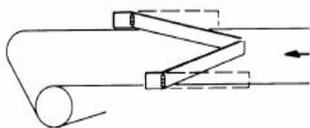


Imagen 2.17 Plow “v” horizontal

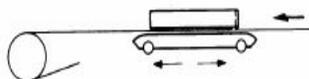


Imagen 2.18 Plow “v” viajero

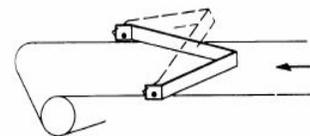


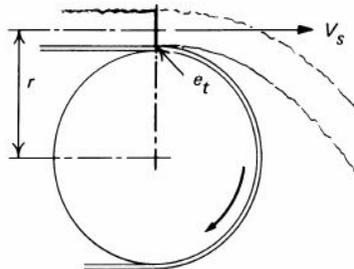
Imagen 2.19 Plow “v” vertical

### 2.2.4.3 Trayectorias de descarga.

La ruta del material descargado desde la polea terminal se conoce como trayectoria, su curvatura es determinada por la velocidad de rotación, el radio de la polea terminal y por la fuerza de gravedad, este perfil de trayectoria debe de ser determinado lo más preciso posible ya que de ello va a depender el diseño apropiado del chute de transferencia incluyendo la ubicación de sus cubiertas y la placa de desgaste.

Un número de autores y fabricantes proporcionan publicaciones en catálogos los métodos de cálculo y ploteo de la trayectoria del material. Sin embargo, las observaciones y fotografías de la trayectoria real no coinciden satisfactoriamente con las trayectorias calculadas, lo cual ah tenido como consecuencia la búsqueda de una metodología de cálculo lo más acorde posible con el verdadero comportamiento del material en la descarga. Para esto se ah tomado en cuenta el cambio de posición del material a granel sobre una cinta acanalada observándose el derrame hacia los bordes de la correa cuando este entra en la zona plana de la correa sobre la polea de descarga.

Las fuerzas que actúan en el material cuando este alcanza la polea deben ser tomadas a partir del centro de gravedad que es prácticamente el centro de gravedad de la sección transversal del perfil de la carga.



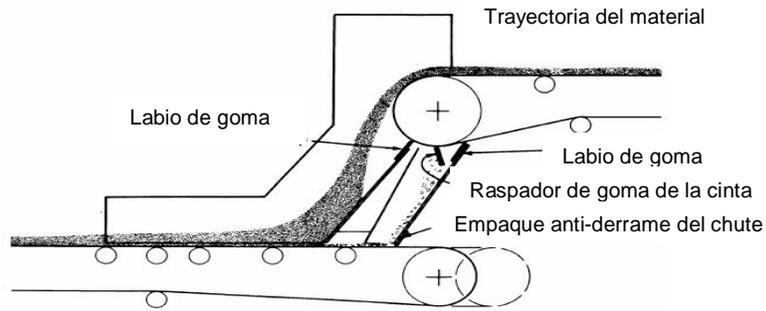
**Imagen 2.20** Cuando la velocidad de la cinta es grande, el material alcanza un punto de tangencia respecto al radio que forma la cinta con el contorno de la polea terminal. (" $r$ "- Radio a partir el centro en el eje de la polea hasta el centro de gravedad del perfil del material; " $V_s$ "- Velocidad del material; " $e_t$ "- Punto donde de tangencia del material con la cinta).

Se ha desarrollado un método para determinar la altura de este centro de gravedad por encima de la superficie de la correa para variadas capacidades considerando la carga, ancho de la correa así como bastidores de tres rodillos iguales  $20^\circ$ ,  $30^\circ$  y  $45^\circ$ . También el radio efectivo desde el centro de la polea de

descarga puede ser fácilmente determinado. La línea media mostrada en la imagen anterior 2.20 hace referencia de la trayectoria del material la cual permite una buena aproximación de los límites de la misma. Los materiales ligeros y harinosos, a una elevada velocidad así como una mezcla entre grandes terrones y finos, alteraran los mencionados límites en la ruta del material cayendo, la magnitud y dirección del viento se deben de tomar en cuenta, sobre todo con ciertos materiales.

A continuación se describen los diferentes métodos por los cuales puede ser descargado un conveyor:

- Descarga desde una polea terminal. Es la descarga más simple que se usa se deben tener claros los parámetros tales como la velocidad de la cinta, tiempo de operación, tamaño de la pila, entre otros, con el fin de evitar que en algún momento determinado se vaya a estar restregando la correa con la punta de la pila. En este tipo de descarga libre el problema es el polvo que puede levantar algún material seco.
- Chutes de descarga. Pueden diseñarse desde muy simples hasta muy complejos. La tarea más importante de este chute es que pueda recoger todo el material descargado desde la cinta, incluyendo el que se adhiere a ella y que se desprenderá luego con un raspador. Si el material manejado es abrasivo pesado o de terrones filosos, se debe contemplar en el diseño de los chutes la restauración de las superficies de desgaste. La imagen siguiente 2.19 muestra un arreglo típico de un chute de descarga donde se observan los elementos que lo conforman y la función de los mismos.



**Imagen 2.21 Chute de descarga**

El diseñador del chute debe considerar la trayectoria del material saliendo de la cinta, de tal forma que al caer lo haga contra una superficie inclinada del mismo chute y no directamente sobre la siguiente cinta. Se debe tener especial cuidado con los efectos perniciosos que puede causar la caída libre del material, por lo tanto, en cualquier situación de exceso de material que se acumule por alguna razón para luego caer debe ser advertida al operador por medio de algún dispositivo.

- Chutes de descenso. Estos tipos de chutes cumplen con la función dentro del sistema de conveyor de que exista una mínima cantidad de partículas suspendidas durante el descenso del material y por último evitar que los terrones de material se fracturen en terrones de menor tamaño, es decir, que exista desmoronamiento del mismo.
- Chute de tobogán en espiral. Este tipo se usa para un descenso en donde el material va a tener un desplazamiento suave se recomienda para materiales que tienen poca dureza o son frágiles así como para los que tienden a levantar polvo.

### 2.3 FUNCIÓN DE PROCESOS.

Aunque los transportadores de cinta son generalmente usados para trasladar y distribuir materiales, otra de sus características les permite ser empleados con equipos auxiliares para llevar a cabo diversas tareas, así como también, numerosas funciones durante varias etapas de procesamiento en una planta. Se da un alto grado de mezcla cuando los materiales son asentados y recogidos desde las pilas de almacenamiento, varios materiales pueden ser proporcionados continuamente dentro de una cinta colectora común.



**Imagen 2.22 Vertido de agregado clasificado desde la polea de una cinta inclinada.**

Pueden ser obtenidas muestras precisas del material transportado a partir de mecanismos que interceptan el flujo cuando este va de una cinta a la siguiente; objetos magnéticos pueden ser removidos desde el material, mientras se está transportando este puede ser pesado con cierta precisión y en forma continua además puede ser clasificado, escogido y regado. En muchos casos tales operaciones, no son solamente realizadas más eficientemente con cintas transportadoras sino que son el único medio práctico.

### 2.4 BAJO COSTO POR OPERACIÓN.

Las horas de labor por toneladas requeridas para operar los sistemas de transporte por cinta son usualmente menos con respecto a cualquier otro método de transporte de materiales a granel. Las operaciones altamente automatizadas tienen bajos costos de operación y proveen el más alto retorno sobre la inversión competitivamente. La mayoría de las funciones del sistema pueden ser monitoreadas desde un panel de control central o controladas por computadora,

permitiendo de esta manera un mínimo número de personal de operación para inspeccionar el equipamiento con su reporte de condiciones que posteriormente ah de ser utilizado por el departamento de mantenimiento.

El tiempo requerido por el personal de mantenimiento es también mínimo. Las actividades de reemplazo, reparaciones de elementos y partes relativamente pequeñas pueden llevarse a cabo eficientemente, en poco tiempo y en el lugar en donde se encuentre el conveyor, minimizando también los costos por concepto de mantenimiento. La mayoría de las cintas pueden ser reemplazadas en una jornada, en algunos casos han llegado a transportar cerca de cien millones de toneladas antes de ser reemplazadas por desgaste.

## **2.5 BAJO COSTO POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

El incremento en el costo de la energía hace énfasis en la importancia de la relación de energía versus costo por tonelada transportada, debido a que el motor de la cinta funciona mediante energía eléctrica, estos son los menos afectados por los precios, carestía y otras limitaciones de combustible. El conveyor consume energía eléctrica únicamente cuando están siendo usados, no hay necesidad de viajes vacíos de retorno o marcha en vacío en línea para la próxima carga.

En recorridos de transporte largos la porción declinada a menudo asiste propulsando las secciones inclinadas y horizontales siendo algunos transportadores completamente regenerativos. El costo de la energía en los transportadores siempre ha contribuido a su bajo costo de operación en términos comparativos, esta ventaja se ha incrementado substancialmente con el aumento del costo en combustible.

**CAPITULO III**  
**DISEÑO DE CINTA**  
**TRANSPORTADORA**

Lo primero que debe conocerse al emplear una cinta transportadora, son las características del material a transportar. Teniendo en cuenta la gran diversidad de materiales a granel existentes, es lógico que se hayan llevado a cabo estudios tratando de establecer una clasificación de los mismos; entre estos cabe destacar los siguientes:

- **El de Carr.-** Es un estudio referido principalmente a productos químicos o minerales, y aunque es muy amplio, no es el adecuado para los productos a transportar en las cintas, se menciona porque es el precursor de todos los demás.
- **El de la I.S.O. y F.E.M.-** Está referido a propiedades especiales, tales como cohesión, fluidez, corrosividad, abrasividad, etc. Desde el punto de vista del transporte por cinta, las propiedades especiales más importantes son la cohesión, la fluidez y la abrasividad.
- **El de la C.E.M.A. y M.H.E.A.-** Son muy semejantes entre sí, y en general consideran también las mismas propiedades que los métodos anteriormente mencionados, difiriendo solo en detalles y en los símbolos empleados para su designación. Otra diferencia consiste en que el método C.E.M.A. expresa los tamaños en pulgadas, y el M.H.E.A. lo hace en el sistema métrico (milímetros).

### **3.1 CAPACIDADES, ANCHOS Y VELOCIDADES DE CINTAS.**

El primer paso al diseñar una cinta transportadora, es la correcta elección del ancho de banda y de la velocidad en función de los datos básicos:

- Material
- Geometría de la cinta (longitud, desnivel, perfil longitudinal y planta).
- Capacidad a transportar.

Dependiendo de las características del material, es necesario elegir el ancho de banda y la velocidad de manera que no se produzcan desborde del material, también se presenta el caso elemental de tener que incrementar la capacidad de una existente lo cual por lo regular se resuelve con el aumento de la velocidad.

### 3.1.1 Anchos de cintas.

La función principal de la cinta es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto de carga hasta el de descarga, razón por lo cual se le puede considerar el componente principal de las cintas transportadoras; también en el aspecto económico es en general el componente de mayor precio.

El ancho de la cinta depende fundamentalmente del tamaño del material (granulometría); si este es uniforme como en el caso de los cereales, gránulos o piedras trituradas a un tamaño dado, no tiene influencia en la anchura, pero si el material es una mezcla de finos y gruesos, tal como sucede en los materiales obtenidos de cantera o mina, el tamaño máximo y el porcentaje de finos y gruesos determina el ancho de la cinta. Para economizar existe la tendencia de triturar el material a pie de obra, para conseguir menores granulometrías y por tanto anchos de cintas menores y velocidades de transporte mayores.

Las características de los materiales son esencialmente determinantes para el diseño del sistema de transporte, puesto que la cinta seleccionada debe cumplir con los requisitos confiables de vida útil para el tipo de material a transportar. Se debe tener en cuenta las siguientes propiedades del material a granel para realizar un buen diseño; el peso específico, el tamaño, forma, fluidez, temperatura, abrasividad, corrosividad, adhesividad, etc.

- **Peso específico a granel.-** Relaciona el peso en toneladas métricas con el volumen en metros cúbicos del material, tal como es alimentado en las cintas transportadoras, se expresa en  $T/m^3$ .
- **Tamaño.-**El tamaño del trozo de material se define por la mayor dimensión del paralelepípedo en el cual puede inscribirse. Los materiales se clasifican desde el punto de vista del tamaño para

su transporte, en clasificados (o seleccionados), y no clasificados; en los clasificados la relación de la mayor a la menor dimensión es igual o menor a 2.5, en los no clasificados es mayor esta cifra.

- **Forma.-** Se clasifican en 6 formas:
  - a) Aristas agudas con las tres dimensiones aproximadas (cubo).
  - b) Aristas agudas, con una dimensión claramente mayor que las otras dos.
  - c) Aristas agudas con una dimensión claramente menor que las otras dos.
  - d) Aristas redondeadas con las otras tres dimensiones aproximadamente iguales (esfera).
  - e) Aristas redondeadas con una dimensión claramente mayor que las otras dos.
  - f) De formas fibrosas, enlazadas, entrecruzadas.
- **Cohesión.-** La cohesión es la inversa de la fluidez, como definición de fluidez, C.E.M.A. da la siguiente:

“Propiedad de los materiales a granel, caracterizada por la libertad de la partícula o grupos de ellas para moverse libremente, cuando el material se pone en movimiento por la fuerza de la gravedad u otra cualquiera”.

Cuanto mayor es está, menor es la cohesión, se establecen diversos grados de cohesión, desde casi nula hasta completa cohesión (materiales que se entrelazan). Relacionado con el ángulo de reposo,  $\alpha$  (que por naturaleza es un ángulo estático), está el ángulo de sobrecarga,  $\beta$  que es un ángulo de reposo dinámico; este último es el que se forma en el perfil transversal de las cintas cargadas, y generalmente es igual al de reposo menos un ángulo variable entre  $5^\circ$  y  $20^\circ$ .
- **Abrasividad.-** Dependiendo de su mayor o menor grado, puede provocar el rápido desgaste de las chapas de contacto en los tolvinos de transferencia, en las bandas y en las guías de carga.

- **Temperatura.-** Se debe tener en cuenta si la temperatura del material a transportar para así seleccionar un recubrimiento adecuado.
- **Adhesión.-** Es la acción de la atracción molecular entre superficies de cuerpos o partículas distintas cuando entran en contacto.
- **Cálculo del ancho de la cinta (Material).**

El ancho de la cinta es donde se ubicará el material al ser transportado.

$$0.371 * b \quad \text{En donde:}$$

*b= Ancho de la banda (pulgadas.)*

### 3.1.2 Velocidades de cintas.

Las velocidades adecuadas dependen de las características del material a transportar, de la capacidad deseada y de las tensiones de la cinta que participan. Existen 4 propiedades de los materiales que influyen en la elección de la velocidad:

- **Fluidez.-** En la mayoría de los casos, los materiales son pulverizados y no deben transportarse a grandes velocidades por el riesgo de producción de polvo en las transferencias de cinta a cinta.
- **Abrasividad.-** Los materiales abrasivos tienen aristas agudas; por tanto, sus velocidades tampoco deben ser grandes por el riesgo de producir cortes en la cinta durante las transferencias, si no se adoptan precauciones en las mismas.
- **Friabilidad.-** Estos materiales tampoco deben transportarse a grandes velocidades por el riesgo de fraccionarse, lo cual en general reduce su precio.
- **Tamaño.-** También limita la velocidad, pues los trozos grandes y por lo tanto pesados, producen y gran impacto sobre la banda y debilitan el tejido de la misma.

A mayor velocidad de la cinta se permite menor ancho de la banda y menor tensión; sin embargo, estos beneficios hay que sopesarlos contra las posibles desventajas que traería el desgaste de la correa, la degradación del material, la fricción del viento, el impacto del terrón sobre los bastidores de carga y en forma general se tendrá una vida reducida de casi todos los componentes. En la tabla 3.1 se muestran las velocidades y anchos de banda en función de las propiedades citadas de los materiales.

**Tabla 3.1 Velocidades máximas de la banda en función del material a transportar.**

<b>MATERIAL A TRANSPORTAR</b>	<b>B (m m)</b>	<b>v (m/seg)</b>
Granos y otros materiales que fluyen bien y no son abrasivos	500	2.62
	650 y 800	3.35
	1.000 y 1.200	4.19
	1.400 a 2.400	5.24
Carbón, arcilla compactada, minerales blandos y tierras, piedras trituradas de pequeño tamaño.	500	2.09
	650 a 1.000	3.35
	1.200 a 1.600	4.19
	1.800 a 2.400	5.24
Minerales con aristas vivas, duros y pesados, piedras trituradas de pequeño tamaño.	500	1.68
	650 y 800	2.09
	1000 a 2400	3.35
Arena de fundición preparada o apelmazada.	<i>Cualquier ancho</i>	1.05 – 1.68
Materiales no abrasivos (productos de origen vegetal, fertilizantes).	<i>Cualquier ancho</i>	1.31 a 2.09
Bandas extractoras, planas o en artesa, con materiales finos no abrasivos o medianamente abrasivos (de silos o tolvas).	<i>Cualquier ancho</i>	0.3 a 0.6

### 3.1.3 Capacidades de cintas.

Para una velocidad dada, la capacidad del transportador de cinta se incrementa; si lo mismo ocurre con el ancho de la cinta también la capacidad depende del ángulo de carga y de la inclinación de los rodillos extremos de los bastidores acanalados.

La sección transversal nominal del material sobre una cinta es medida en un plano normal a ella. Sobre un conveyor inclinado ó declinado, el material tiende a conformar su ángulo de carga medido en un plano vertical, lo cual hace decrecer el área  $A_s$ , con el coseno del ángulo de la pendiente del conveyor (ver imagen 3.1 página 44) No obstante, en la mayoría de los casos la pérdida real de capacidad es muy pequeña.

Asumiendo una alimentación uniforme al conveyor, el área de la sección transversal de la carga sobre el conveyor es el factor determinante de la capacidad del transportador de cinta; el área de la sección transversal está basada sobre dos condiciones:

- Que la carga de material sobre la cinta acanalada no llegue a los bordes de la correa. La distancia aceptada desde el borde del material al borde de la correa al darle un valor de  $0.055 \cdot b + 0.9$  pulgadas.

Donde **b** es el ancho de la cinta en pulgadas, se definirá como "distancia estándar de borde". Durante todo este trabajo, la distancia estándar de borde se supondrá vigente a menos que se indique lo contrario.

- El borde superior de la carga del material será el arco de una tangente de círculo en los bordes de la carga, de donde parte el ángulo de sobrecarga.

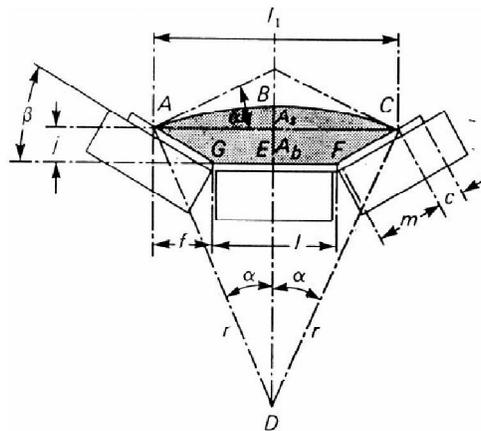


Imagen 3.1 Área de carga de la sección transversal

**α.-** ángulo de carga; **β.-** ángulo de los rodillos en el bastidor; **As.-** área de carga; **Ab.-** área trapezoidal; **l.-** base de menor longitud del trapezoido; **l<sub>1</sub>-** base de mayor longitud del trapezoido; **j.-** altura del trapezoido; **m.-** masa del material; **c.-** distancia de borde, borde de material a borde de la correa; **r.-** distancia radial desde el centro de la polea de descarga al centro de gravedad de la carga; **f.-** coeficiente de fricción entre las superficies de la correa y la polea; **b.-** ancho de la correa del conveyor.

## 3.2 TENSIONES DE CINTAS, POTENCIA E INGENIERÍA DEL ACCIONAMIENTO.

Las primeras aplicaciones de ingeniería en transportadores de cinta fueron basadas en soluciones empíricas que habrían sido desarrolladas por consultores y fabricantes en ese campo. La ingeniería en transportadores de cinta, su análisis, información y fórmulas dadas en la presente tesis representan el mejoramiento en conceptos y datos que han sido desarrollados por años, combinado con la observación real de operación del transportador de cinta y con la apropiada teoría matemática.

### 3.2.1 Requerimientos básicos de potencia.

Los  $H_p$ 's requeridos para el accionamiento de un transportador de cinta, se deriva de las libras de tensión efectiva " $T_e$ ", que se requieren en la polea de accionamiento para propulsar ó contener el transportador cargado a la velocidad de diseño de la cinta " $V$ " (en pies por minuto).

$$H_p = \frac{T_e * V}{33000} \quad (1)$$

Para determinar la tensión efectiva de la cinta " $T_e$ ", es necesario identificar y evaluar cada una de las fuerzas individuales que actúan sobre la cinta, desde la polea de accionamiento.

" $T_e$ " es la sumatoria final de las tensiones producidas por fuerzas tales como:

- a) La carga gravitacional para levantar ó bajar el material que es transportado.
- b) La resistencia a la fricción de los componentes del conveyer, accionamiento y todos los accesorios, mientras la cinta opera a la capacidad de diseño.
- c) La resistencia por fricción del material desde el momento en que está siendo transportado.
- d) La fuerza requerida para acelerar el material continuamente desde el momento en que es alimentada la cinta desde un chute ó un alimentador.

La fórmula básica para el cálculo de la tensión efectiva **Te** es:

$$\mathbf{Te} = [(L)(Ky)][Kx + ((Ky)(Wb)) + ((0.015)(Wb))] + [(Wm)((L)(Ky) + \Delta)] + Tp + Tam + Tpl + Tbc + Tsb \quad (2)$$

### 3.2.2 Cálculo de tensiones en cintas.

A continuación se describe la terminología a utilizar para los factores y las fuerzas individuales que sumadas contribuyen a la formulación de la tensión **Te** que no es más que la tensión total en la cinta para la propulsión requerida en el sistema de accionamiento.

**L.-** Longitud del conveyor; (pies).

**Ky.-** Factor usado para calcular la combinación de la resistencia de la cinta y la resistencia de la carga a flectar, desde el momento en que la carga y la cinta se mueven sobre los bastidores (fórmula 4 ver página 51, y tabla 3.3 ver anexo de tablas páginas 138) <sup>(1)</sup>.

**Kx.-** Factor utilizado para el cálculo de la resistencia por fricción de los bastidores, y la resistencia por deslizamiento entre la cinta y los rodillos del bastidor, en libras por pie. (Ver fórmula 3 página 50).

**Wb.-** Peso de la cinta; (libras/pie de longitud).

**Wm.-** Peso del material transportado; (Libras por pie de longitud de cinta). Se calcula a partir de la fórmula siguiente:

$$\mathbf{Wm} = \frac{Q * 2000}{60 * V} = 33.33 * \frac{Q}{V}$$

En donde: **Q.-** Capacidad de la cinta; (Toneladas por hora).

**V.-** Velocidad de la cinta (pies por minuto).

**Δ:** Altura entre centros de la polea motriz y polea de colas; (pies).

**Tp:** Tensión por la flexión de la correa alrededor de las poleas mas la fricción del cojinete de la polea; (libras). Se calcula por la fórmula siguiente:

$$\mathbf{Tp} = (\#poleas\ de\ colas)(Tension\ respecto\ al\ ángulo\ de\ abrace) + (\#poleas\ motrices)(Tensión\ respecto\ al\ ángulo\ de\ abrace)$$

Ver nota <sup>(1)</sup> al final del capítulo.

Nota: Ver tabla 3.6 en el anexo de tablas página 141 para ver el rango de los grados de abrace de la cinta, la tensión que se requiere en el lado ajustado y el lado flojo.

**Tam:** Tensión resultante de la fuerza para acelerar el material continuamente desde el momento en que se alimenta la cinta; (libras). A partir de la página 54 se da una explicación más detallada de “**Tam**” la cual se puede obtener a partir de la grafica 3.2 (ver anexo gráficas pág. 149).

**Tpl:** Tensión por fricción de los plows; (libras). Se calcula por la fórmula siguiente:

$$T_{pl} = (\# \text{ de plows})(\text{Valor de la tabla 3.7})(b)$$

Nota.- Para la tabla 3.7 (ver anexo de tablas pág. 142) se da un valor general para los diferentes tipos de desviadores “plows” (libras por pulgadas de ancho de la cinta) y **b** es el ancho de la cinta (pulgadas).

**Tbc:** Tensión requerida por los mecanismos de limpieza de la cinta; (libras). Los raspadores ó barredores adicionan tensión directamente al halado de la cinta. En algunas ocasiones son empleados más de uno de estos dispositivos en una cinta simple. El halado que generalmente se requiere, es de 2 a 3 lbs. por pulgada de ancho de paleta de cada raspador utilizado. Los cepillos rotatorios y sistemas similares de limpieza, no aportan apreciable tensión de halado si se manejan independientemente y tienen su ajuste correcto; pero, si están manejados desde el eje de accionamiento del conveyor, necesitan una adecuada potencia adicional que deberá ser incorporada para la operación de dichos sistemas. Para el valor de esta fuerza se debe consultar a los especialistas. Por lo general se puede calcular a partir de la siguiente fórmula:

$$T_{bc} = 5(\# \text{ dispositivos de limpieza})(\text{ancho de la cinta en pulgadas})$$

**Tsb:** Tensión por fricción en el delantal; (libras). La fuerza requerida para vencer la fricción en los delantales, es normalmente más grande que la fuerza para mover la cinta cargada sobre los bastidores. En algunos casos, la fricción por los delantales resulta bastante significativa. Cuando la longitud total del conveyor es grande, la porción de los delantales y la potencia requerida por éstos es relativamente pequeña al grado que puede ser despreciada. De cualquier manera es necesario realizar una evaluación. Cuando el espaciamiento de los delantales son las dos terceras partes del ancho de la correa, la altura del material que roza con los delantales no deberá ser más del 10% del ancho de la correa; si el ángulo de sobrecarga no es mayor de 20° se pueden utilizar bastidores acanalados de 20°.

Una vez que la sección transversal de la carga de la cinta ha sido determinada, la fricción del delantal puede ser calculada para encontrar la presión total del material contra el delantal, y se obtiene multiplicando ese valor por el coeficiente apropiado de fricción del material manejado. Se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$Tsb = Lb[(Cs)(Hs^2) + 6]$$

En donde: **Lb.**- Longitud del delantal; (pulgadas).

**Cs.**- Puede ser obtenido a partir de la tabla 3.8 (ver anexo de tablas pág. 142) de acuerdo con el material a transportar, los términos de densidad aparente, ángulo de reposo y la constante se consideran dentro de un solo factor que se denominará “**Cs**”.

**Hs<sup>2</sup>.**- Altura del delantal elevada al cuadrado; (pulgadas).

Cabe señalar la resistencia rotacional en los bastidores y la resistencia a la flexión de la cinta se incrementan en tiempos de clima frío de operación. En fríos extremos se debe emplear el lubricante apropiado para prevenir la excesiva resistencia a la rotación en los bastidores, Para ello se utiliza “**Kt**” el cual es un factor multiplicador que incrementará el valor calculado de la tensión de la cinta para cubrir así, el aumento de la resistencia por la baja temperatura.



La resistencia al deslizamiento entre la correa y los rodillos del bastidor se genera cuando los rodillos no están a 90° con el movimiento de la cinta. Después de la instalación inicial, algo de desalineación deliberada del bastidor es una ayuda en el guiado de la cinta. Pero si existe un exceso de desalineación se incrementa la fricción, cuestión que debe evitarse.

Algunos bastidores acanalados son diseñados para operar con un pequeño grado de sesgo hacia un lado u otro en la dirección del viaje de la cinta para ayudar al guiado de la misma. Este ladeo da origen a un ligero incremento de la fricción por deslizamiento que debe ser tomada en cuenta en la fórmula del cálculo de la potencia.

Los valores de **Kx** pueden ser calculados con:

$$\mathbf{Kx} = 0.00068 * (Wb + Wm) + \frac{Ai}{Si} \quad (\text{libras por pie de longitud de la cinta}) \quad (3)$$

En donde:

**Wb.-** Peso de la cinta; (libras/pie de longitud de la cinta).

**Wm.-** Peso del material; (Libras por pie de longitud de la cinta) “ver formula de la página 52 para calcular “**Wb**”.

**Ai.-** Fuerza requerida para la rotación de los rodillos en los bastidores; (libras) toma los valores siguientes:

**Ai** = 1.5 para los rodillos de diámetro 6 pulgadas, C6, D6

**Ai** = 1.8 para los rodillos de diámetro 5 pulgadas, A5, B5, C5, D5

**Ai** = 2.3 para los rodillos de diámetro 4 pulgadas, A4, B4, C4

**Ai** = 2.4 para los rodillos de diámetro 7 pulgadas, E7

**Ai** = 2.8 para los rodillos de diámetro 6 pulgadas, E6.

Para transportadores declinados que sean regenerativos, como criterio conservador se toma

**Ai** = 0.

Los valores tabulados anteriormente son promedios. En caso de transportadores muy largos, se deberá recurrir a las asociaciones de fabricantes para valores específicos de **Ai**.

**Si.-** Espacio entre bastidor-bastidor; (pies) se obtiene para los bastidores de carga con el ancho de la cinta (pulgadas) y la densidad del material (libras/pie<sup>3</sup>) en caso

de no encontrarse el valor real se toma el valor más próximo de acuerdo con la tabla 4.1 (ver anexo de tablas página 147).

El factor para el cálculo de las fuerzas por flexión de la cinta y de la carga sobre los bastidores "**Ky**". Ambas resistencias desarrollan fuerzas de tensión en la correa, y "**Ky**" es un factor multiplicador que se usa para el cálculo de esas tensiones.

La tabla 3.3 (ver anexo de tablas pág. 138) muestra los valores de "**Ky**" para los bastidores de carga, para diferentes longitud de conveyor, que como se observa, varían con el peso de la cinta, de la carga, el espaciamento "**Sf**", y la pendiente del ángulo que el transportador tiene con la horizontal. Para otros espaciamentos no contemplados en esta tabla, se deberá utilizar la tabla 3.4 (ver anexo tablas pág. 140) la cual introduce un factor de corrección en la determinación de "**Ky**".

Los valores de "**Ky**" son aplicables a transportadores de hasta 3000 ft de longitud con una sola pendiente y una flecha máxima del 3% de la cinta entre los bastidores acanalados, y entre los de retorno. El espaciamento de los bastidores de retorno cargado de cinta uniforme y continua es nominalmente 10 pies.

La fórmula (4), que se establece al final de esta página, provee valores de **Ky** para los bastidores de carga en los transportadores de los cuales la longitud, el número de pendientes, y/o las tensiones promedios exceden las limitaciones especificadas antes cubiertas. La fórmula es aplicable para transportadores donde la tensión promedio de la cinta sea de 16000 libras ó menos. Para determinar el factor **Ky**, en transportadores de esta clase, es necesario primero, asumir un valor tentativo de la tensión promedio. (El método gráfico para la determinación de la potencia del transportador puede ser de mucha ayuda para estimar el valor tentativo inicial de la tensión promedio de la cinta). Después de estimar la tensión promedio de la cinta (libras) y seleccionar el espaciamento del bastidor (pies), se usará la tabla 3.5 (ver anexo tablas pág. 141) obteniendo los valores de **A y B**, para utilizar la fórmula siguiente:

$$Ky = (Wm + Wb) * A * 10E-4 + B * 10E-2 \quad (4)$$

En donde:

***Wm***.- Peso del material; (libras por pie de longitud de cinta).

***Wb***.- Peso de la cinta; (libras/pie de longitud)

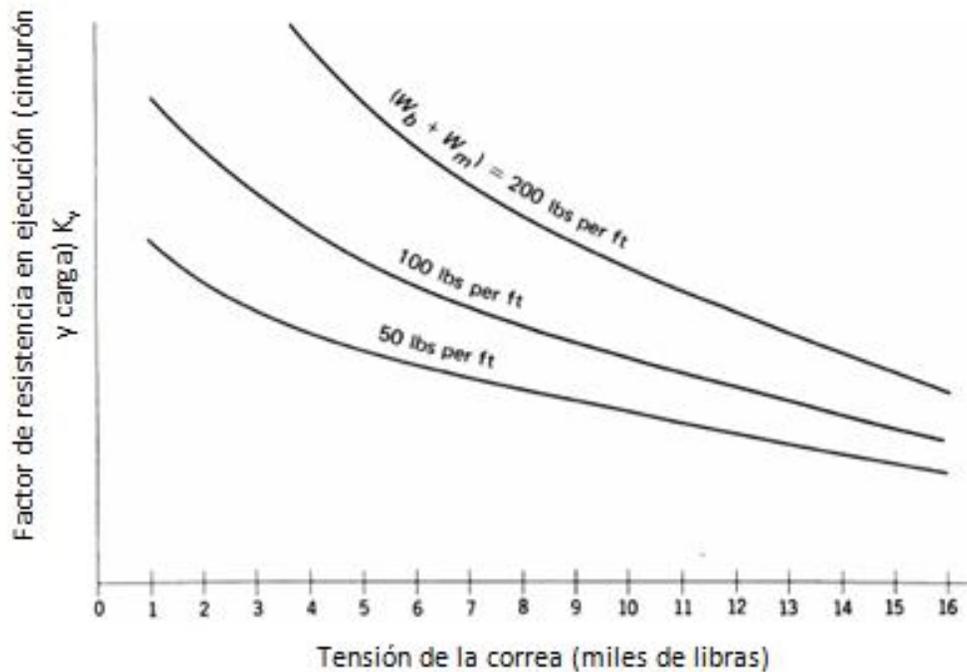
Usando la fórmula (4), un valor para “***Ky***” puede ser determinado calculándose seguidamente una tensión promedio de la cinta. La comparación de esta tensión promedio calculada con el valor tentativo original, determinará la necesidad de asumir otro valor promedio de tensión, que en caso de ser necesario, se recalcula “***Ky***” y con ello se obtiene un segundo valor de tensión promedio; esto podrá repetirse hasta conseguir que el valor de la última tensión calculada sea razonablemente cercana a la estimada.

No hay valores de “***Ky***” tabulados ó fórmula matemática para determinar “***Ky***” en transportadores que puedan tener una tensión promedio que exceda las 16000 lbs. Un valor razonable que puede ser usado en los cálculos, es tomar “***Ky***” igual a 0.016, esto sugiere que el valor de “***Ky***” es considerado mínimo.

La fuerza que resulta de la resistencia de la cinta a flexión cuando ésta se mueve sobre los bastidores de retorno, se calcula de la misma manera que con los bastidores de carga, excepto que se toma el valor constante de 0.015 (que como se observa en la fórmula de “***Te***” ya incluye el roce por deslizamiento) para “***Ky***”. La resistencia a la flexión de la cinta sobre los rodillos de los bastidores, está en función de la construcción de la cinta, del espesor de la cubierta, dentación en el rodillo del bastidor, el tipo de componente de la goma, el diámetro del rodillo y la temperatura ya que cuando esta baja la resistencia a la flexión de la cinta se incrementa.

La resistencia a la flexión del material sobre los rodillos de los bastidores, está en función de la tensión de la cinta, el tipo de material, el perfil de la sección transversal de la carga, y del espaciamiento de los bastidores. Las mediciones indican que el factor más importante es la tensión de la correa, ya que éste controla la cantidad de flexión de la carga. La gráfica 3.1 (ver pág. 53) muestra esta relación para un espaciamiento típico.

Con el incremento de la tensión decrece el peso de la cinta y carga, así como su resistencia. Con el aumento de la cantidad de carga se incrementa la tensión de cinta y la resistencia al recorrido. Sin embargo, la resistencia al recorrido no es proporcional al peso de la carga.



Gráfica 3.1 Efecto de tensión de la cinta en la resistencia del material a flexión sobre los bastidores

### 3.2.2.1 Causas de la fricción en las poleas.

Una fuente es la resistencia de la correa a flectar sobre las poleas, la está en función del diámetro de la polea y de la rigidez de la correa. La rigidez de la correa depende de la temperatura ambiente y de su misma construcción.

La otra fuente de fricción en la polea su resistencia a rotar, la cual es función de la fricción del cojinete en la chumacera, el lubricante y la fricción del sello. La fricción del cojinete en la chumacera depende de la carga sobre el mismo; pero la fricción por el lubricante y el sello generalmente son independientes de la carga.

Ya que la fricción de la polea de accionamiento no afecta la tensión de la cinta, no se toma en cuenta en el cálculo matemático de la tensión; sin embargo, debe ser incluida en la determinación de la potencia total en el eje del motor. La

tabla 3.6 (ver anexo tablas pág. 141) provee valores por libras de tensión de correa, requeridos para la rotación de cada una de las poleas sobre el conveyor.

**Tp.-** Es el valor total de las tensiones de la cinta requeridas para rotar cada una de las poleas sobre el conveyor.

**Tam.-** Tensión resultante de la fuerza para acelerar el material continuamente desde el momento en que se alimenta la cinta; (libras). La Tensión "**Tam**", se puede obtener a partir de la siguiente forma:

$$F = M * a, \quad \text{es decir} \quad Tam = F = M * a \quad \text{en donde:}$$

**M.-** masa acelerada del material

**a.-** aceleración del material, ft/s<sup>2</sup>

$$W = \frac{Q * 2000}{3600 \text{ lbs por segundo}} \quad Q \text{ "capacidad de la cinta" en (Toneladas por hora "Tph").}$$

$$g = 32.17 \text{ ft/s}^2$$

$$M = \frac{W}{g} = \frac{Q * 2000}{(3600 * 32.2)}$$

**W.-** peso del material acelerado; (libra fuerza).

$$\frac{V}{60} = \frac{Vo}{60} + a * t$$

$$a = \frac{(V - Vo)}{(60 * t)}$$

$$Tam = \left[ \frac{Q * 2000}{(3600 * 32.2)} \right] * \left[ \frac{(V - Vo)}{(60 * t)} \right]$$

$$\text{Por lo tanto:} \quad Tam = \frac{2.8755 E-4 * Q * (V - Vo)}{t}; \quad \text{En donde:}$$

**V.-** velocidad de diseño; (pies por minuto),  $\frac{V}{60}$  en (pies por segundo).

**Vo.-** velocidad del material desde el momento en que entra en la cinta; (pies por minuto),  $\frac{Vo}{60}$  en (pies por segundo).

**t.-** tiempo, en segundos

La gráfica 3.2 (ver anexo gráficas pág. 149) muestra una manera conveniente de estimar la tensión "**T<sub>am</sub>**" por la aceleración del material desde el momento en que entra en la cinta.

**T<sub>ac</sub>**.- Es la resistencia generada por los accesorios instalados en el conveyor; como trippers, plows, apiladores, dispositivos de limpieza, y tablas delantales, usualmente estos adicionan tensión a la tensión efectiva "**T<sub>e</sub>**". Esta tensión adicional puede venir de las pérdidas por fricción causadas por los accesorios.

Si los accesorios levantan el material transportado, estarán adicionando fuerzas a la tensión de la cinta, la tensión adicional de la correa para deflectar sobre la polea y hacer rotar la polea sobre sus cojinetes, puede ser tomado desde la tabla 3.6 (ver anexo tablas pág. 141).

La fuerza que se necesita para levantar el material sobre la unidad puede ser calculada por la siguiente fórmula:

$$T_m = H \cdot W_m; \text{ (libras); en donde:}$$

**H**.- distancia vertical para levantar o bajar el material; (pies).

**W<sub>m</sub>**.- Peso del material transportado; (libras por pie de longitud de la cinta).

La resistencia a la fricción de los bastidores, correa, y material debe incluirse con las del resto del conveyor.

Al utilizar un desviador "plow" en un conveyor se requiere de una tensión adicional de la cinta "**T<sub>pl</sub>**" para vencer el desvío propio y la resistencia por fricción que se desarrolla. En una cinta plana se pueden fijar varios desviadores, pero rara vez se coloca más de uno al mismo tiempo sobre el mismo camino de la cinta; sin embargo, cuando se usan plows proporcionales (con cada plow se toma una fracción de la carga desde la cinta) dos ó hasta tres plows separados, pueden estar simultáneamente en contacto con el camino de carga de la cinta.

Para aproximar la cantidad adicional de tensión que normalmente se requiere para un buen ajuste y por el uso plows con zapatas de goma, la tabla 3.7 (ver anexo tablas pág. 142) proporciona algunos valores aproximados que pueden ser usados.

$$T = Cs \cdot Lb \cdot hs^2$$

En donde:

**Cs.**- Factor para varios materiales; (ver tabla 3.8 pág. 142).

A esta fricción se le deben sumar 3 libras por cada pié lineal de cada delantal, para así vencer la fricción del bordeado de goma del delantal, cuando sea usado contra la cinta.

Así:

$$Tsb = T + 2 \cdot Lb \cdot 3$$

$$Tsb = Cs \cdot Lb \cdot Hs^2 + 2 \cdot Lb \cdot 3$$

$$Tsb = Lb \cdot (Cs \cdot Hs^2 + 6)$$

En donde:

**Tsb.**- Tensión por fricción en el delantal; (libras).

**T.**- Tensión de la cinta para vencer la fricción de dos tablas delantales; (libras).

**Cs.**- Factor para varios materiales; (ver tabla 3.8 pág. 142).

**Lb.**- Longitud de la tabla delantal; (pies).

**Hs.**- Altura de la tabla delantal; (pulgadas).

### 3.2.2.2 Sumatoria de las componentes de "Te".

La sumatoria de las fuerzas que componen la tensión efectiva "**Te**" se resume en tres grupos:

- a) Las que están relacionadas con la cinta y los bastidores (por fricción, doblez, flexión y temperatura).

- b) Las fuerzas relacionadas con el material (por flexión, subidas y bajadas).
- c) Las correspondientes a las poleas y los accesorios; se incluye aquí, la aceleración del material.

### 3.2.3 Fórmula para el cálculo de la potencia.

La potencia requerida para el transportador de cinta, teniendo una tensión efectiva “**Te**” (libras) y una velocidad de diseño “**V**” (pies por minuto), se calcula por:

$$HP = \frac{Te * V}{33000}$$

Sustituyendo a “**Te**” por las fuerzas que la componen tenemos:

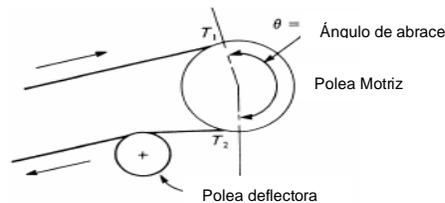
$$HP = \frac{V}{33000} * [(L)(Ky)][Kx + ((Ky)(Wb)) + ((0.015)(Wb))] + [(Wm)((L)(Ky) + \Delta)] + Tp + Tam + Tpl + Tbc + Tsb$$

El motor encargado de accionar el conveyor completamente cargado y sin llegar a sobrecalentarse puede no ser capaz de acelerar el conveyor desde el reposo hasta la velocidad de diseño “**V**”. Para asegurar una adecuada capacidad de arranque deben existir las siguientes condiciones:

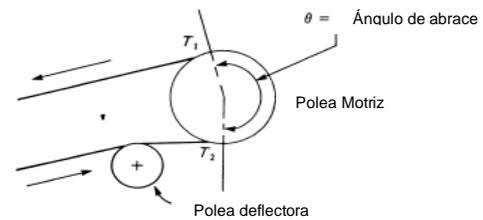
- El torque de arranque del motor debe ser aproximadamente del doble del torque necesario para vencer la fricción total del conveyor, pese a cualquier posible deficiencia de voltaje que pudiera existir durante el periodo de aceleración. Esto pudiera no ser cierto para largos transportadores horizontales ó declinados.
- La curva de velocidad-torque del motor no debe caer por debajo de la línea trazada desde el torque a rotor parado hasta la línea del torque normal de operación a toda velocidad.

### 3.2.4 Relaciones de la polea de accionamiento.

La fuerza requerida para operar un transportador de cinta debe ser transmitida desde la polea de accionamiento a la cinta por medio de la fricción entre sus dos superficies y la fuerza requerida para frenar un conveyor regenerativo “*corriente abajo*”, se ha de transmitir de la misma manera. Las imágenes 3.3 y 3.4 ilustran los arreglos típicos de accionamientos de una simple polea.



**Imagen 3.3 Polea motriz de cinta inclinada u horizontal.**



**Imagen 3.4 Polea motriz de conveyor inclinado de baja carga regenerativo.**

Se debe destacar que si la potencia es transmitida desde la polea a la cinta, la porción de entrada de la cinta a la polea tendrá una tensión “**T1**” mayor, y la porción de salida de la cinta tendrá una tensión “**T2**” menor. Ahora bien si la potencia es transmitida desde la cinta a la polea, como ocurre en un transportador regenerativo declinado, resulta entonces que la tensión de salida “**T2**” de la cinta es mayor que la de entrada “**T1**”.

### 3.2.5 Factor de abrace “**Cw**”.

El factor de abrace es el valor matemático que se usa en la determinación de la tensión efectiva “**Te**”, y su desarrollo depende de la polea de accionamiento. La “**Te**” que puede ser desarrollada está gobernada por el coeficiente de fricción existente entre la polea y la cinta, el abrace, y los valores “**T1**” y “**T2**”.

La siguiente fórmula será usada para evaluar la relación en el accionamiento de la polea.

En donde:

**$T_e$** =  $T_1 - T_2$ : tensión efectiva de la cinta; (libras).

**$T_1$** .- Tensión de “entrada” o del lado tenso; (libras).

**$T_2$** .- Tensión de “salida” o del lado flojo; (libras).

**$e$** .- Base de los logaritmos neperianos (2.718)

**$f$** .- Coeficiente de fricción entre la superficie de la polea y la de la cinta (polea sin revestir 0.25, y revestida 0.35)

**$\Theta$** .- Ángulo de abrace entre la correa y la polea, en radianes (un grado = 0.0174 radianes)

Para los valores de “ **$C_w$** ” cabe señalar que el factor de abrace no determina “ **$T_2$** ”, sino que solamente establece un valor mínimo de seguridad para una cinta seca. Con la cinta y polea mojadas se reduce sustancialmente la potencia que debe ser transmitida un bajo coeficiente de fricción entre las superficies. Algunas ventajas como revestimientos y ranurados en la polea, pueden aminorar el problema, empero, la mejor solución es mantener el lado de accionamiento de la cinta seco. Si esto resulta difícil, el incremento en el ángulo de abrace puede servir de ayuda; ó también, aumentando la tensión del lado flojo “ **$T_2$** ” por medio del compensador por gravedad.

#### 3.2.5.1 Ángulo de abrace $\Theta$ theta (arco de contacto).

Sabemos que la relación entre la tensión “ **$T_1$** ” y la tensión “ **$T_2$** ”, están relacionadas con el ángulo de abrace y el coeficiente de fricción entre las superficies de la correa y la polea. El ángulo de abrace alrededor de la polea motriz puede variar con la colocación de una pequeña polea deflectora para agrandarlo; para ángulos de abrace mayores se suplirán unidades de potencia separadas para más de una polea motriz en condiciones apropiadas. En la mayoría de los casos, la cinta tendrá un ángulo de abrace alrededor de la polea de accionamiento entre 180° y 240°.

A menudo, es necesario hacer arreglos de accionamientos con ángulos de abrace superiores a 180°. Esto se logra colocando una polea deflectora que pueda incrementar el ángulo hasta 240°, sin embargo, el uso de esta pequeña polea está sujeto a las siguientes condiciones:

- a) El diámetro de la polea deflectora está limitado por las especificaciones de la correa.
- b) El espacio adecuado que se debe dejar entre las coronas de las poleas para enhebrar el conveyor a la hora de reemplazar la cinta.
- c) La dirección de salida desde la polea deflectora (mas la luz para los sujetadores, entre otros) debe estar por debajo de la plancha de cubierta ó en la parte de abajo de los bastidores de carga. En la mayoría de los casos estas limitaciones pueden restringir el uso de accionamientos con poleas deflectoras para conseguir ángulos de abrace que no excedan los 240°.

Si se requieren de ángulos de abrace más grandes, debe recurrirse a un accionamiento de polea doble.

### 3.2.6 Máxima tensión de cintas.

Se define como la tensión que ocurre cuando la cinta está transportando la carga de diseño continuamente desde el punto de cargado hasta el punto de descarga.

La máxima tensión de operación en un transportador horizontal ocurre en el punto de descarga, mientras que un transportador declinado degenerativo ocurre en el punto de carga; en los transportadores combinados la tensión máxima se encuentra en cualquier parte.

### 3.2.7 Mínima tensión de la cinta $T_{mín}$ .

Para los transportadores que no se les sobrecarga el accionamiento, la mínima tensión sobre el camino de carga usualmente ocurre en el extremo de cola (alimentación); para los transportadores que si se les sobrecarga su accionamiento, la mínima tensión ocurrirá en el extremo principal (descarga).

La localización y magnitud de las tensiones mínimas se dan con los perfiles y accionamientos mostrados en la Tabla 1.1 (ver pág. 18) Disposiciones constructivas.

En la tensión mínima se toma el valor mayor calculado. Si la " $T_o$ " (tensión para la flecha permisible mínima en la cinta en un espaciamento definido de los bastidores), que limita la flecha es más grande que la " $T_{mín}$ " producida por " $T_2$ " que es la tensión necesaria para que no haya deslizamiento, una nueva " $T_2$ " se calculará usando " $T_o$ ", además de considerar las tensiones " $T_b$ " (tensión requerida para subir o bajar la cinta "vacía") y " $T_{yr}$ " (tensión por flexión de la cinta desde el momento en que esta cabalga sobre los bastidores de retorno).

### 3.2.8 Tensión lado flojo " $T_2$ ".

La mínima tensión requerida para accionar una cinta sin deslizamiento es el producto de la tensión efectiva " $T_e$ " por el factor de abrace " $C_w$ ". Sin embargo, el valor a usar como tensión mínima sobre el camino de carga es " $T_o$ " (tensión para la flecha permisible mínima en la cinta en un espaciamento definido de los bastidores), se cálculo antes sumándole algebraicamente " $T_b$ " (tensión requerida para subir o bajar la cinta "vacía") y " $T_{yr}$ " (tensión por flexión de la cinta desde el momento en que esta cabalga sobre los bastidores de retorno).

De cualquiera de los dos cálculos que se elija tomar, se usa el que resulte mayor en base a las siguientes dos formulas:

$$T_2 = T_o \pm T_b \pm T_{yr}$$

ó

$$T_2 = T_e * C_w$$

### 3.2.9 Tensión “ $T_b$ ”.

El peso de la cinta en un conveyor con pendiente ya sea camino de ida y/o de retorno, se carga con la polea en la cima de la pendiente, lo cual debe ser considerado en el cálculo de “ $T_2$ ”, por lo tanto “ $T_b$ ” es la tensión requerida para subir o bajar la cinta “vacía” se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$T_b = H * W_b \quad \text{En donde:}$$

**$W_b$ .**- Peso de la cinta; (libras por pie de longitud de la cinta).

**$H$ .**- Cambio de elevación neta; (pies).

### 3.2.10 Tensión de la cinta en el trayecto de retorno “ $T_{yr}$ ”.

La tensión por flexión de la cinta desde el momento en que esta cabalga sobre los bastidores de retorno, se calcula con:

$$T_{yr} = 0.015 * L * W_b * K_t \quad \text{En donde:}$$

**$L$ .**- Longitud entre centros de las poleas terminales; (pies).

**$K_t$ .**- Factor de corrección por temperatura (por encima de 32°C,  $K_t = 1.0$ ).

**$W_b$ .**- Peso de la cinta; (libras/pie de longitud).

### 3.2.11 Tensión en cualquier punto “ $x$ ” en la longitud del conveyor.

Para entender claramente las fórmulas y evaluar la tensión de la cinta en cualquier punto “ $x$ ” sobre la longitud del conveyor, es necesario establecer la siguiente nomenclatura:

**$L_x$ .**- Distancia desde la polea de cola al punto “ $x$ ” a lo largo del conveyor; (pies).

**$H_x$ .**- Distancia vertical desde la polea de cola hasta el punto “ $x$ ”; (pies).

**$W_b$ .**- Peso de la cinta; (libras/pie de longitud).

**$W_m$ .**- Peso del material transportado; (libras por pie de longitud de la cinta.)

**$K_y$ .**- Factor usado para calcular la combinación de la resistencia de la cinta y la resistencia de la carga a flectar, desde el momento en que la carga y la cinta se mueven sobre los bastidores.

***Kt***.- Factor de corrección por temperatura ambiente.

***Kx***.- Factor utilizado para el cálculo de la resistencia por fricción de los bastidores, y la resistencia por deslizamiento entre la cinta y los rodillos del bastidor.

***Tcx***.- Tensión de la cinta en el punto “x” sobre el camino de carga, lbs.

***Trx***.- Tensión de la cinta en el punto “x” sobre el camino de retorno, lbs.

***Twcx***.- Tensión, en el punto “x” sobre el camino de carga, como resultado del peso de la cinta y el material cargado, lbs.

***Tfcx***.- Tensión, en el punto “x” sobre el camino de carga, como resultado de la fricción, lbs.

***Twrx***.- Tensión, en el punto “x” sobre el camino de retorno como resultado del peso de la cinta vacía, lbs.

***Tfrx***.- Tensión, en el punto “x” sobre el camino de retorno como resultado de la fricción.

$$T_{wcx} = H_x \cdot (W_b + W_m)$$

$$T_{fcx} = L_x \cdot (K_t \cdot K_x + K_y \cdot W_b) + L_x \cdot K_y \cdot W_m$$

$$T_{wrx} = H_x \cdot W_b$$

$$T_{frx} = 0.015 \cdot L_x \cdot W_b \cdot K_t$$

Las fórmulas para “***Tcx***” y “***Trx***” son para todos los perfiles con sus accionamientos, sin embargo ah sido omitida la fricción por las poleas.

### 3.2.12 Análisis de tensiones en la cinta.

La tensión efectiva de la cinta “***Te***” ocurre en la polea de accionamiento; además de realizar este cálculo un diseñador debe considerar los valores de tensión que ocurren en otros puntos del camino del conveyor en la Tabla 1.1 (ver pág. 18) se ilustran los posibles conjuntos y perfiles de transportadores, así como el análisis apropiado de tensiones. Muchos de estos diagramas muestran la posible ubicación del compensador “***TU***” colocado en distintos lugares.

### 3.2.13 Fallas de energía.

En una eventual falla de energía, la cinta se parará debido a las inherentes fuerzas de fricción. Dependiendo del perfil y las condiciones del cargado, el tiempo requerido para que las fuerzas de fricción paren la cinta puede variar

En el caso de un conveyor declinado regenerativo, éste se descargará completamente. En un sistema de varios transportadores de cintas, es probable que se cause un sobreapilado en los puntos de transferencia. Es determinante la necesidad de controles de parado, sobre todo para cuando se dan esos cortes de energía.

### 3.2.14 Consideraciones para el diseño.

Los diseñadores de cintas transportadoras se enfrentan a dos problemas:

- a) La necesidad de proveer un poderoso impulsor principal suficiente para arrancar el conveyor, algunas veces en condiciones adversas.
- b) Asegurarse que la fuerza máxima ejercida sobre el conveyor esté dentro de los límites de seguridad.

En transportadores largos y planos de alta velocidad, un motor grande y suficiente para operaciones continuas a “*full carga*” puede no ser capaz de arrancar un transportador a carga completa, particularmente en tiempos fríos. Por otro lado, un motor capaz de operar a “*full carga*” un conveyor inclinado puede generar un esfuerzo mayor al que cinta pueda soportar durante el arranque, a menos que se tomen medidas preventivas.

La máxima fuerza de aceleración permisible se enmarca dentro de las consideraciones antes expuestas. La fuerza de aceleración mínima puede estar dictada por el tiempo que emplee el motor ejerciendo su torque de arranque sin ser dañado. Esta limitación es afectada por la frecuencia de arranque del sistema del transportador.

En el caso de la deceleración, la fuerza máxima se deberá regir por las mismas consideraciones. Una deceleración mínima puede estar dictada por razones de seguridad ó por la necesidad de controlar el flujo de material en los puntos de transferencia. En todos los cálculos de deceleración están involucrados los frenos siendo la capacidad de disipar energía del freno un factor importante a considerar.

### 3.2.15 Cálculos.

Mientras los cálculos son relativamente simples para un transportador con una sola pendiente, estos se van tornando complejos para cintas que presentan varios cambios de pendientes, y que son cargadas y descargadas en diferentes puntos, ò que operan con trippers.

Aunque teóricamente basta con investigar solo la peor combinación de condiciones, aún al diseñador experimentado le será muy complicado decir cual combinación de factores liderara el caso extremo. En los casos más complicados, será necesario dividir el conveyor en secciones ó porciones e ir trabajando con las propiedades que físicamente se presenten en cada porción.

Dos métodos son incluidos para los requisitos de potencia a utilizar, ambos son exactos dentro de sus límites definidos, estos son el Método Gráfico y el Método Analítico.

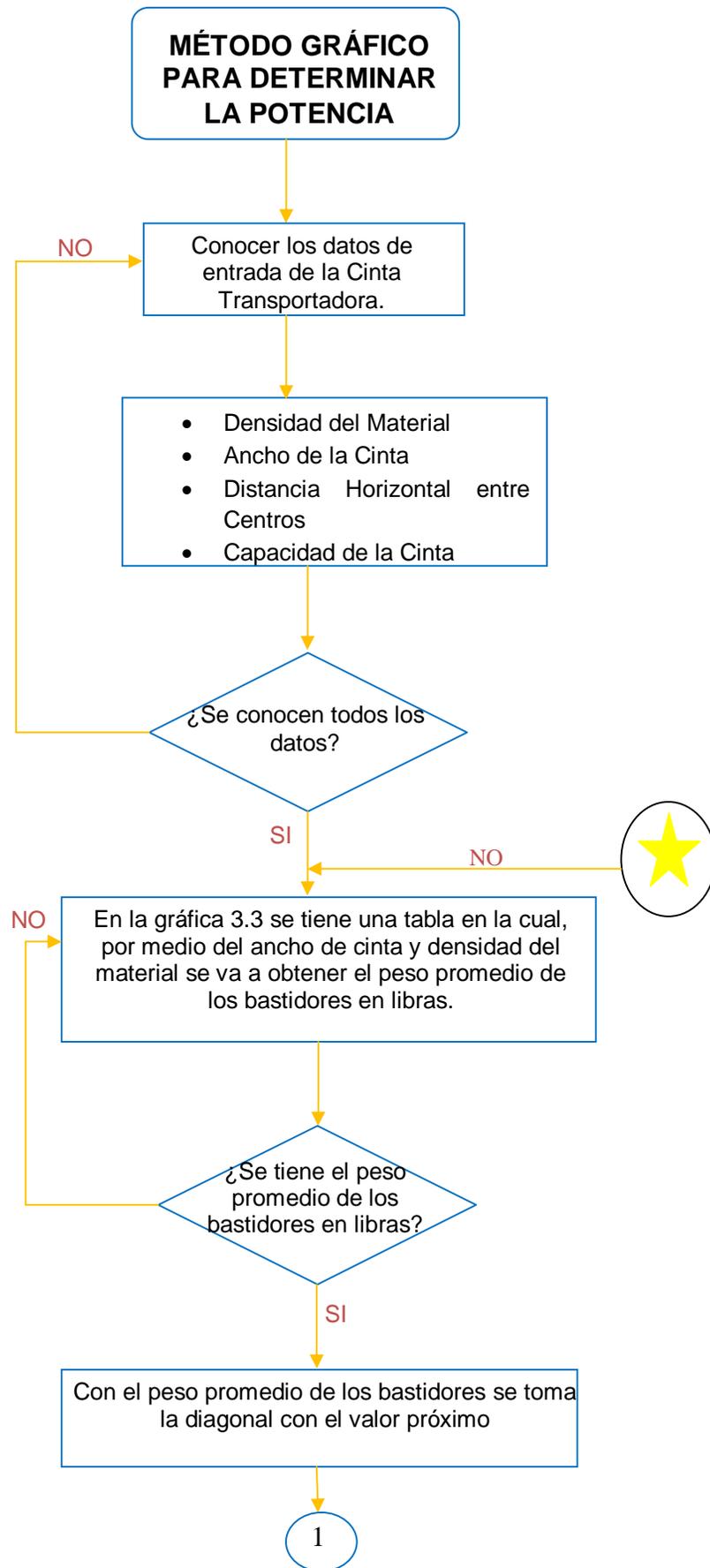
### 3.2.15.1 Método gráfico teoría para la determinación de la potencia.

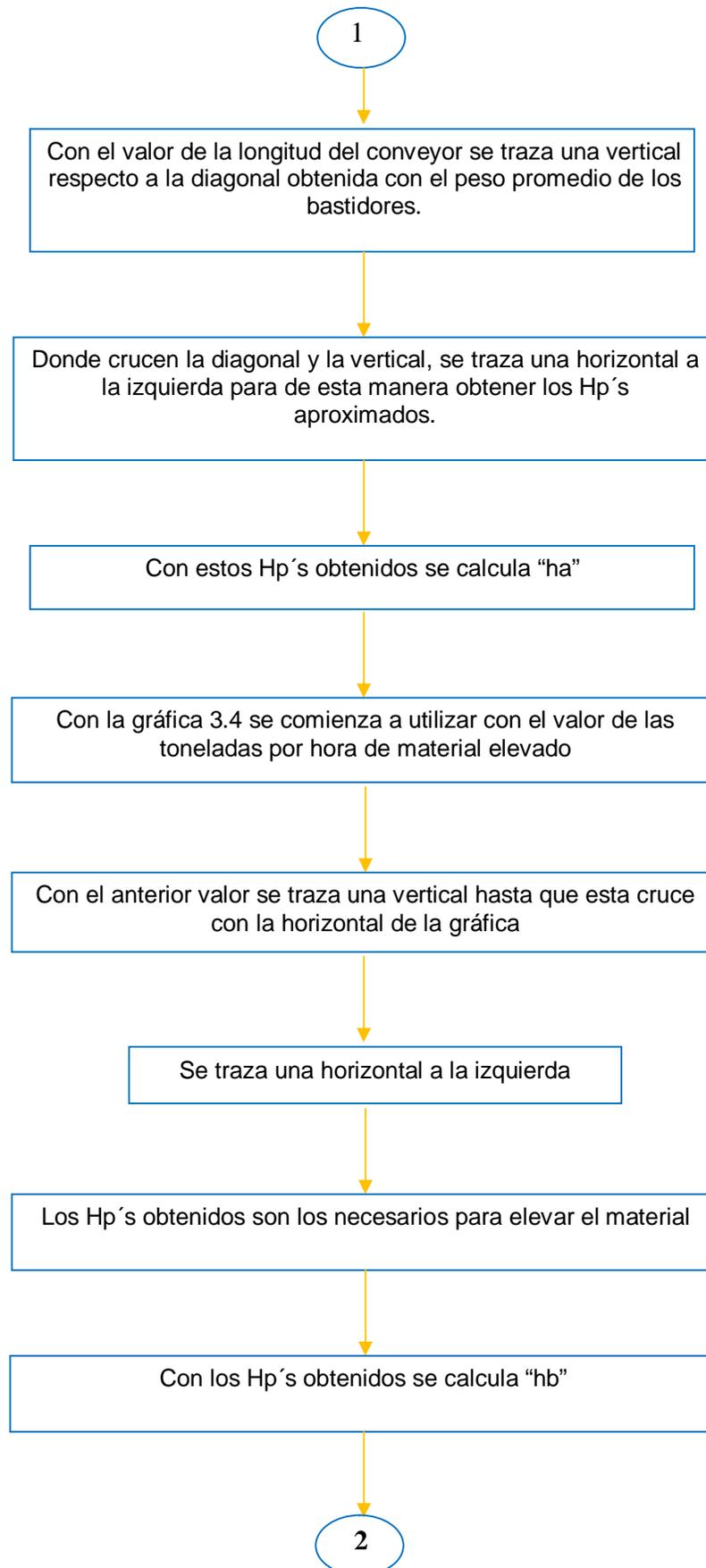
El método gráfico utilizando las gráficas 3.3, 3.4 y 3.5 (ver anexo gráficas págs. 150-152) proveen los medios para estimar la potencia (horse-power). Este método es adecuado para transportadores de capacidad moderada que tienen caminos relativamente rectos. La gráfica 3.3 da buena precisión para establecer la potencia con los pesos reales de la cinta y las partes rotatorias, por la cantidad de pies entre centros de conveyor, para determinar una tentativa aproximación de la potencia, una tabla conveniente con pesos típicos es incorporada dentro de la gráfica 3.3.

El método gráfico no es adecuado para transportadores que tienen porciones declinadas, alta capacidad, ó complejos arreglos de terminales, ni tampoco para las cintas con uso extendido de delantales de goma y plows que sustancialmente incrementen la fricción de arrastre. El método grafico para la determinación de la potencia del transportador puede ser de mucha ayuda para estimar el valor tentativo inicial de la tensión promedio de la cinta.

El método gráfico debe ser empleado apoyándose del método analítico, a objeto de que se puedan establecer ajustes que den cuenta a situaciones inusuales. En todo caso, se recomienda que el diseño final se base en el método analítico.

En el diagrama 3.1 se muestra la metodología para la obtención de la potencia que requiere el conveyor para transportar la carga.





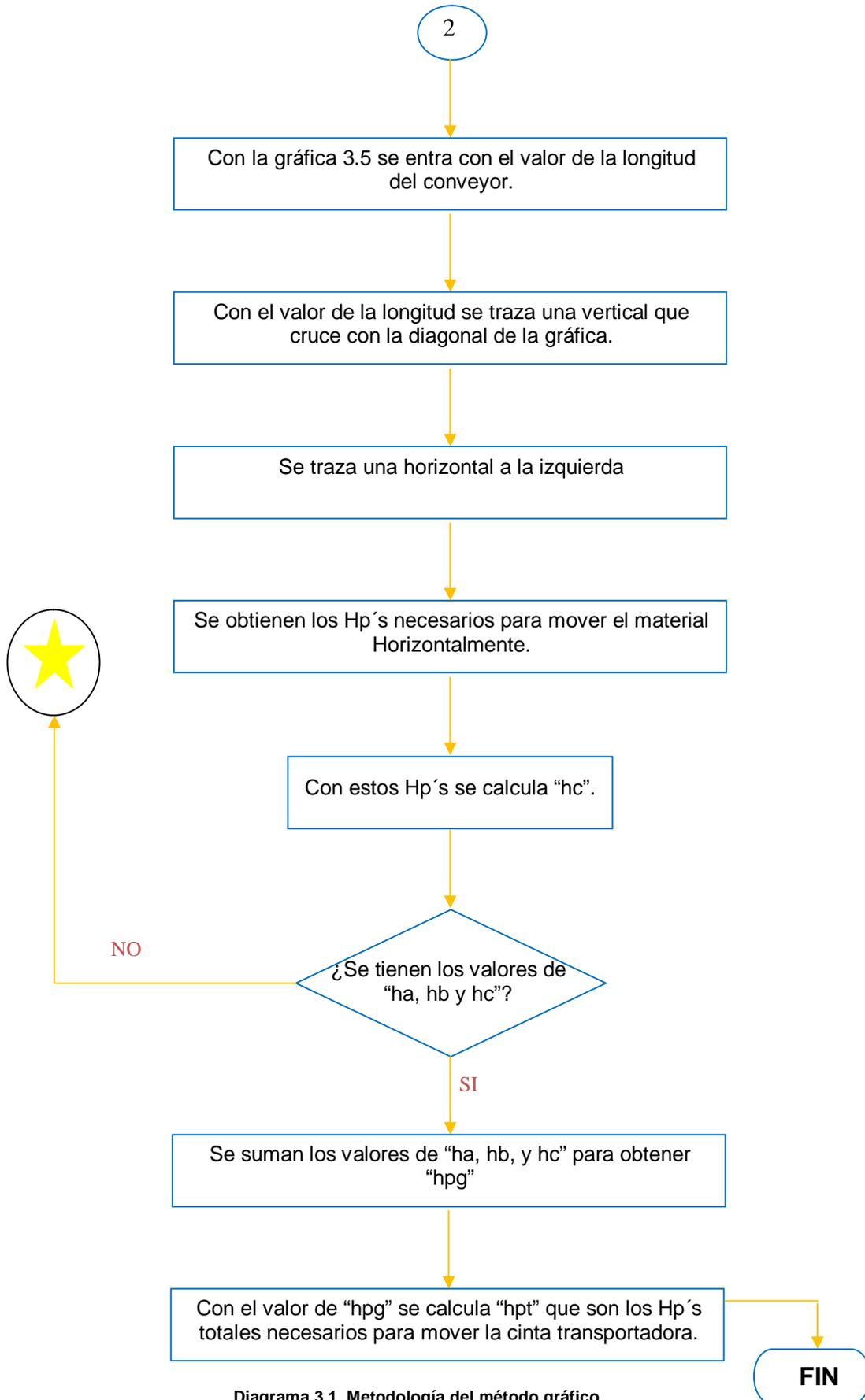


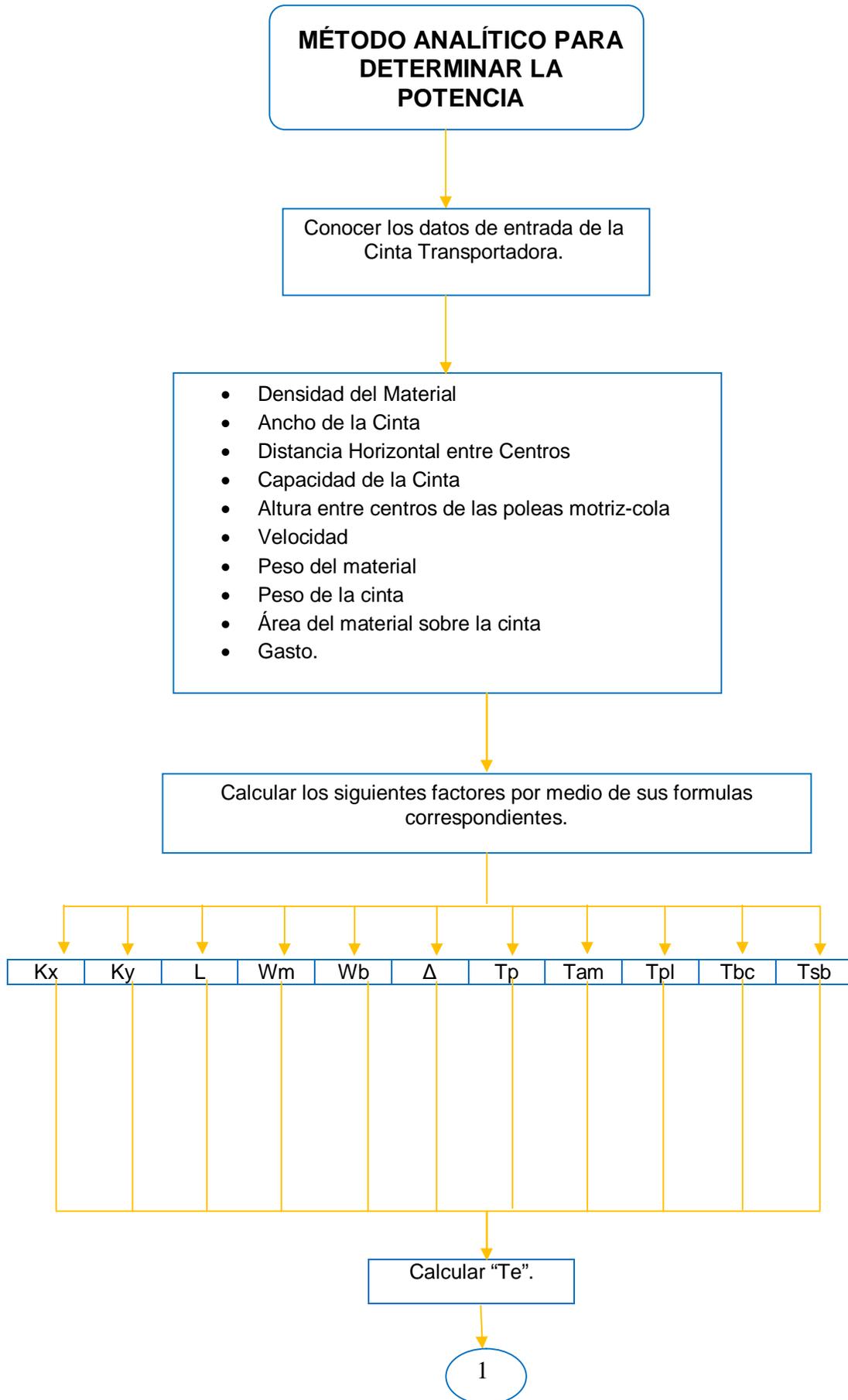
Diagrama 3.1. Metodología del método gráfico.

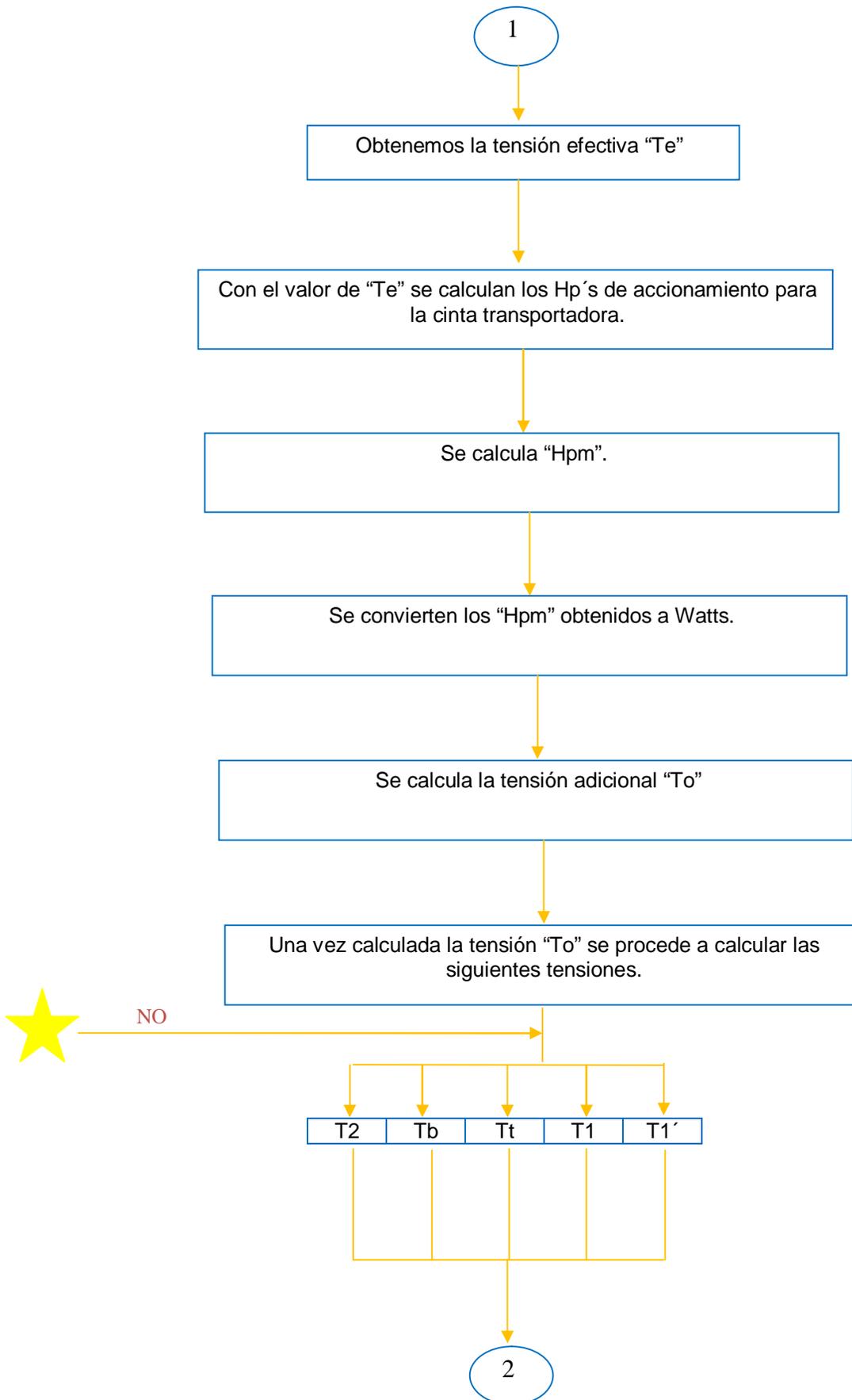
### 3.2.15.2 Método analítico teoría para la determinación de la potencia.

El Método analítico consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

Este método analítico tiene relevancia en el desarrollo de este prototipo analítico; ya que en él se contienen las formulas para calcular diversos factores que son de gran importancia para obtener la potencia del motor de la cinta y seleccionar el tipo de cinta.

El siguiente diagrama 3.2 contiene los pasos a seguir para cumplir con el método analítico.





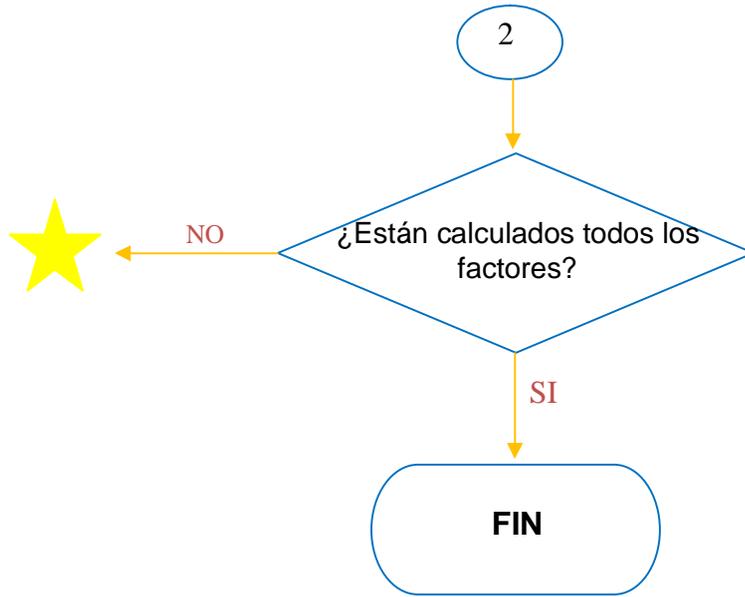


Diagrama 3.2 Metodología del método analítico.

### 3.2.16 Restricciones de los transportadores declinados.

Los transportadores declinados de tipo regenerativo, restringen su operación normal por el motor de accionamiento, que actúa como un generador cuando la cinta y su carga llegan a forzar el motor a girar más rápido de su velocidad síncrona.

El motor puede fallar al restringir la operación normal, produciéndose el desboque de la cinta y la carga cuando es forzado a una velocidad donde su corriente de salida es excesiva; teniendo entonces un dispositivo de protección contra la sobrecarga. La apropiada selección del motor y los controles evitará esta contingencia, no obstante, un freno se debe suplir para actuar cuando el circuito de la energía esté roto.

Un suiche centrífugo es a menudo usado en transportadores declinados para abrir los circuitos de control eléctrico a exceso de velocidad predeterminadas, y también para accionar el freno. El suiche es de seguridad contra fallas mecánicas en la maquinaria de accionamiento.

Un freno es usualmente ubicado en el extremo de cola de un transportador declinado. En la tabla 3.11 (ver anexo tablas pág. 144) se dan algunas consideraciones para el uso de frenos y backstops en transportadores horizontales, inclinados y declinados.

#### 3.2.16.1 Fuerzas que actúan durante el frenado de la cinta.

Las fuerzas que actúan sobre el conveyor durante una parada de frenado son:

- La inercia.
- La resistencia por fricción.
- La fuerza de gravedad del material en inclinación ó declinación.
- La fuerza del freno.

Las fuerzas de resistencia por fricción y la de gravedad por carga del material son existentes y con su respectivo signo se agrupan en  **$T_e$** . La de frenado es la suma algebraica de la de inercia y la tensión efectiva, por lo tanto para transportadores horizontales, inclinados y declinados no regenerativos, la fuerza

de frenado es igual a las fuerzas de inercia menos la tensión efectiva, ó sea que aplicando la segunda ley de Newton.

$$F = M \cdot a \quad \text{se tiene:}$$

$$F_d + T_e = \frac{M_e \cdot V}{60 \cdot t_m} \quad \text{Luego,}$$

$$F_d = \frac{W_e \cdot V}{(60 \cdot g \cdot t_m) - T_e}$$

Para un declinado regenerativo sería:

$$F_d - T_e = \frac{M_e \cdot V}{(60 \cdot t_m) \cdot F_d} = \frac{W_e \cdot V}{(60 \cdot g \cdot t_m) + T_e} \quad \text{En donde:}$$

***F<sub>d</sub>***: Fuerza de frenado en la línea de la cinta, en lbs.

***M<sub>e</sub>***: Masa en movimiento (equivalente), slugs.

***g***: Aceleración de la gravedad, 32.2 ft/s<sup>2</sup>.

***W<sub>e</sub>***: Peso equivalente de las partes en movimiento del conveyor y su carga, lbs.

***V***: Velocidad de la cinta, fpm.

***t<sub>m</sub>***: Tiempo máximo permisible de parada, segundos (frenado ó intervalo de deceleración).

***T<sub>e</sub>***: Tensión efectiva ó tensión de la potencia de accionamiento, lbs.

### 3.3 SELECCIÓN DE LA CORREA Ó CINTA.

Para la selección de la cinta adecuada se debe tener claro conocimiento de los requerimientos del transportador, es decir, para determinar las especificaciones de la cinta se deben conocer los siguientes detalles:

- a) Material a transportar
  - Densidad
  - Tamaño del terrón
  - Presencia de aceite ó químicos (si hay)
  - Temperatura máxima (si el material es caliente)
  - Resistencia al fuego
- b) Máxima rata de carga (capacidad)
- c) Ancho de cinta

- d) Velocidad
- e) Perfil del conveyor
  - Distancia, elevación, inclinaciones, localización y radio de las curvas verticales
- f) Tipos de accionamiento
  - Simple o doble
  - Poleas (superficie, diámetros)
  - Tipo de arranque
- g) Compensador
  - Tipo
  - Localización
- h) Bastidores
  - Tipos
  - Rodillos
  - Angulo del canal
  - Espaciamiento
- i) Cargas y descargas
- j) Tipos de empalmes
- k) Condiciones ambientales (Temperatura más baja de operación, etc.)

La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto de carga hasta el de descarga, razón por la cual se le considera el componente principal de las cintas transportadoras; también en el aspecto económico es, en general, el componente de mayor precio tal como se indica en la tabla 3.12 , en donde se muestra el porcentaje del costo de la banda respecto del total de la cinta, para varios anchos de banda; puede observarse que conforme aumenta la longitud, también crece el porcentaje del costo de la banda, respecto al neto.

Tabla 3.12 Costo de las cintas respecto al total de la banda.

B (mm)	L (m)	Costo de la Banda (% del total)
650	30	13
650	79	18
800	300	23
800	380	33
1000	100	16
1000	124	18

### 3.3.1 Tipos principales.

Pueden llevarse a cabo las siguientes clasificaciones de las bandas:

- 1) **Según el tipo de tejido:**
  - De algodón
  - De tejidos sintéticos
  - De cables de acero
- 2) **Según la disposición del tejido:**
  - De varias telas o capas
  - De tejido sólido (solid woven)
- 3) **Según el aspecto de la superficie portante de la carga:**
  - Lisas (aspecto más corriente)
  - Rugosas
  - Con nervios, tacos o bordes laterales vulcanizados

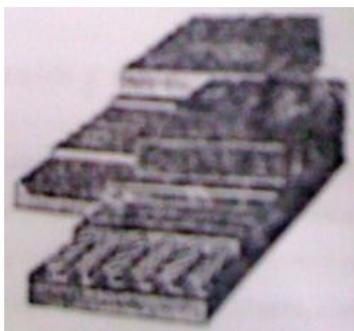


Imagen 3.5 Cinta con tejidos sintéticos (EP) y con cables de acero (St)

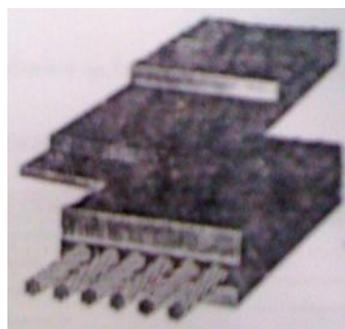


Imagen 3.6 Cinta con tejidos sintéticos (EP) y con cables de acero (St), reforzadas transversalmente.

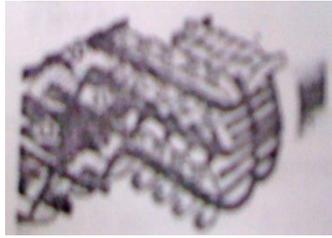


Imagen 3.7 Cintas de tejido sólido (solid woven)

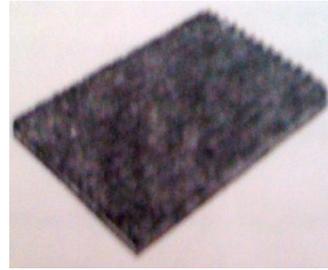


Imagen 3.8 Cinta con perfil rugoso.

### 3.3.2 Factores que intervienen en la composición de las cintas transportadoras.

Al cumplir la función de transportar, la banda está sometida a la acción de las siguientes influencias:

- De las fuerzas longitudinales, que producen alargamientos.
- Del peso del material entre las ternas de rodillos portantes, que producen flexiones locales, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal, y ello a consecuencia de la adaptación de la banda a la terna de rodillos.
- De los impactos del material sobre la cara superior de la banda, que producen erosiones sobre la misma.

Para soportar adecuadamente las influencias anteriores, la banda está formada por dos componentes básicos:

- **Tejido que transmite los esfuerzos.-** Consta de la urdimbre o hilos longitudinales, y de la trama o hilos transversales.
- **Los recubrimientos, que soportan los impactos y erosiones.-** Están formados por elastómeros (caucho natural), elastómeros (PVC), u otros materiales.

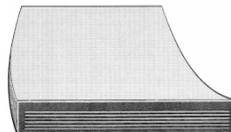


Imagen 3.9 Sección transversal de una cinta reforzada.

### 3.3.3 Tejidos de las cintas.

El tejido de la cinta es el elemento que soporta la tensión de la cinta transportadora. Es el principal refuerzo para la resistencia al desgarramiento de la correa, la resistencia al impacto, soportar la carga y la habilidad para el sostenimiento de los sujetadores mecánicos.

Los tejidos empleados en la actualidad, son los que se indican en la tabla 3.13. La mayoría de los tejidos son hechos de uno ó más pliegues de malla de tela. Algunos tejidos para alta tracción emplean una simple capa de cables de acero paralelos. El tejido es hecho de pabilo o hilo grueso acombado que corre a lo largo y es entrelazado transversalmente también con pabilo u otro material de relleno.

Tabla 3.13 Tejidos de las bandas y su designación abreviada.

NOMBRE COMÚN	DESIGNACION ABREVIADA
Algodón	B
Rayón	Z
Poliéster	E
Poliamida	P
Cables de acero	St

Cuatro tipos de patrones de entretejido son comúnmente usados:

- **Plain Weave.-** Es de los más viejos pero de los tipos más comunes de tejido de correa en que la fibra combada y el hilo de relleno se cruzan alternativamente (imagen 3.10). En algunos casos fibra combada ó hilos de relleno aparecen cruzados en pares.



Imagen 3.10 Tejido plano (espiras relleno)

- **Straight-warp Weave.-** Este tipo de tejido tiene una fibra recta que entrecruza la fibra combada y el hilo transversal de relleno, siendo en este caso la fibra recta el elemento primario de tensión (imagen 3.11).

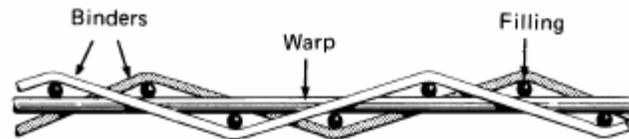


Imagen 3.11 tejido de espira recta (sujetadores)

- **Solid-Woven Weave.-** Puede decirse que es de multi-onda, ó sea que puede presentar más de dos tejidos superpuestos entrelazados con sus fibras de relleno; cada tejido con la malla de hilo se unen asumiendo gran parte de la tensión (imagen 3.12).

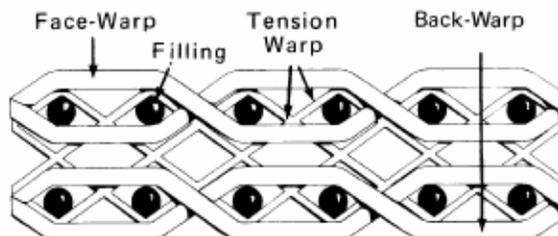


Imagen 3.12 Tejido sólido.

- **Woven-Cord Weave.-** Este tipo de tejido tiene una fuerte fibra de hilo bastante ligera de peso y es entrelazada con hilos de relleno, los cuales sirven solo para mantener la estructura junta durante la fabricación de la cinta. El tejido woven-cord es usado en combinación con los pliegues de los tejidos plain weave para formar el tejido total de la correa transportadora.

### 3.3.3.1 Tipos de Textiles.

El algodón o tejido natural es empleado muy poco en la actualidad, al haber sido sustituido por los tejidos sintéticos, (Rayón, Poliéster, Poliamida), y también por los cables de acero. De los tejidos sintéticos, los más empleados son el poliéster (E) para la urdimbre, y la poliamida (P) para la trama, dando origen a los tejidos llamados EP.

El conjunto de telas que soportan los esfuerzos, suele llamarse “carcasa”, palabra derivada del inglés carcass; el número mínimo de telas empleado en las bandas utilizadas para el transporte de materiales a granel es de tres. El tejido de las telas esta embebido en goma virgen, y a su vez el conjunto de las telas se unen entre sí con la misma goma virgen.

Finalmente el conjunto de telas se recubre con los propiamente llamados recubrimientos, siendo estos, el superior que es el que soporta el material, (parte externa de la banda), y el inferior o parte interna de la banda que es el que está en contacto con los rodillos superiores, como es de esperarse el espesor del recubrimiento superior es mayor que el recubrimiento inferior.

A continuación se presentan las cintas más comunes:

- **Tejido de cinta multiple-ply (multi-plegüe).**- Este tejido es usualmente hecho de tres ó más pliegues, ó capas de malla de fibra intercalada con compuesto de elastómero. Las características de soporte de carga y resistencia de la cinta varían de acuerdo al número de pliegues y tejido usado; las consideraciones en la práctica limitan el número de pliegues a un máximo de ocho. Estas correas fueron las más usadas a mitad de los 60, pero hoy en día a menudo tienden a ser suplantadas por las correas tipo *Reduced-ply*.
- **Cinta reduced-ply (plegüe-reducido).**- Estas correas constan de tejidos ó de menos pliegues que las correas *multi-plegues*, ó pueden ser representadas con un ondulamiento especial que se sale del concepto de plegue. La imagen 3.13 muestra una cinta *reduce-ply*. El tejido textil de estas cintas comprende fibra sintética

de alta resistencia (usualmente nylon, poliéster, ó combinación) en *plain weave* o en diseño de tejidos especiales.

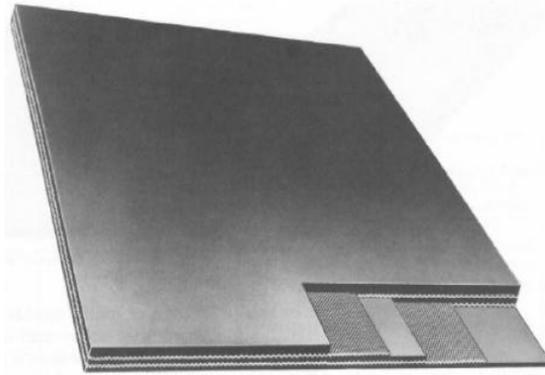


Imagen 3.13 Cinta de pliegues reducidos.

- **Cintas de cable de acero.-** Son fabricadas con una simple capa de cables paralelos completamente embebidos en la goma que vienen a ser el elemento de tensión. Los tejidos de las correas de cable de acero están disponibles en dos tipos de construcción, dependiendo del fabricante y las condiciones de servicio. La construcción "*todo-goma*" usa solamente cables y goma para cable, como se muestra en la imagen 3.14. La construcción de tejido reforzado tiene uno ó más pliegues de malla arriba y debajo de los cables, pero separada de los cables por la goma para cable (ver imagen 3.15).

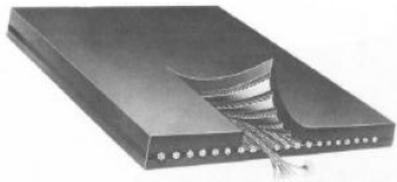
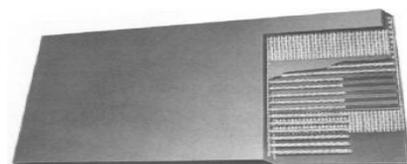


Imagen 3.15 Cinta de cable de acero construcción malla reforzada.

Imagen 3.14 Cinta de cable de acero construcción todo-goma.



- **Cinta solid-woven.-** Consiste en un simple pliegue de mallado *solid-woven*, es usualmente impregnado y cubierto con PVC con relativo espesor de cubierta y de fondo. La resistencia a la abrasión está dada por la combinación del PVC y la superficie de hilos del tejido. Algunas correas son producidas con cubiertas más pesadas, por lo que su resistencia a la abrasión no depende del mallado de hilo.

#### 3.3.3.1.1 Breakers.

Los breakers son capas de mallado de hilo usados principalmente para incrementar la adhesión entre la cubierta y el tejido bajo condiciones de impacto, ayudando a distribuir la fuerza que ejerce el terrón cuando choca contra la cinta. Los breakers pueden ser hechos del mismo algodón y fibra sintética que se usa para el hilo del tejido.

Existen dos tipos generales de hilo utilizados como breakers:

- *woven cord.*
- *leno weave.*

Los breakers son generalmente recomendados para ser usados debajo de la cubierta de la cinta *multiple -ply* cuando los terrones a manejar son de 2 pulgadas ó más. No son usualmente requeridos en cintas *reduced-ply*.

#### 3.3.3.1.2 Grados de corraje de transportación y sus usos.

Varios grados de corraje son cubiertos en esta sección con sus aplicaciones de servicio definidas. La tabla 3.14 (ver anexo tablas pág. 145) provee información concisa para determinar la selección de la calidad de la cubierta de la cinta.

### 3.3.4 Recubrimientos.

La goma es el elemento básico de los recubrimientos, tomando en consideración las propiedades mecánicas de resistencia, alargamiento y abrasión, las Normas DIN 22102 y 22131, has establecido las categorías W, X, Y, y Z, las cuales se indican en la tabla 3.15

**Tabla 3.15 Propiedades de los recubrimientos W, X, Y y Z.**

<b>Calidad de los recubrimientos</b>	<b>W</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Resistencia a la tracción longitudinal (N/mm <sup>2</sup> ) min.	18	25	20	15
Alargamiento de rotura longitudinal (%).	400	450	400	350
Abrasión mm <sup>3</sup>	90	120	150	250

En el caso de correas de transportadores, el término es extendido para referirse a todos los materiales endurecidos por calor que requieren tiempos definidos y temperaturas para la cura; tal como las gomas naturales y sintéticas, además de los materiales termoplásticos como el PVC.

Cada cubierta tiene características tales que cuando es usada apropiadamente pueden proporcionar el más bajo costo por unidad de material cargado bajo condiciones específicas de servicio. Ya que la función primordial de la cubierta es proteger el tejido, ésta debe resistir a los efectos de la abrasión y el ranurado debido al uso, que varían de acuerdo al tipo de material transportado.

La cubierta superior generalmente es más grande en espesor que la de fondo ya que estará sometida a mayor desgaste por pertenecer al lado de carga. No obstante, dependiendo de las características específicas del material a transportar y las condiciones de operación, puede requerirse una correa con igual espesor en sus cubiertas superior y de fondo. El peso medio de los recubrimientos es de 1.2 Kg/m<sup>2</sup>. Para el transporte de materiales especiales, se fabrican recubrimientos con propiedades específicas.

#### 3.3.4.1 Condiciones de cargado que permiten un desgaste normal de la cubierta.

- La alimentación del material debe ir en la misma dirección de la cinta.
- El término caída libre equivalente, dentro de la cinta en el conveyor no sea mayor de 4 ft (ver anexo tablas 3.16 y 3.17 págs. 145-146).
- El área de carga del transportador sea horizontal o tenga una pendiente no mayor de 8 grados.
- Los chutes y delantales sean diseñados apropiadamente para moldear, centrar, y asentar la carga sobre la cinta.
- La temperatura del material esté en un rango de 30 °F a 150 °F.
- El material manejado no contenga nada que deteriore la cubierta o el tejido de la correa (ver anexo tablas 3.20 pág. 147).

#### 3.3.4.2 Condiciones de cargado que permiten un mínimo desgaste en la cubierta.

- En el proceso de cargado el material viaja aproximadamente a la misma velocidad de la cinta.
- Poner atención especial al diseño de los elementos en el área de carga para reducir el impacto sobre la correa a un mínimo; es decir que la caída-libre equivalente ha de estar por debajo de 3 Pies, los chutes cuidadosamente diseñados y los espacios entre los rodillos de impacto más cerrados.
- Formación de cama de finos en los chutes de carga para colocar grandes terrones.

Con estas condiciones a veces la cubierta superior (lado carga) puede ser reducida de  $\frac{1}{16}$  a  $\frac{1}{32}$  de pulgada de los valores de las tablas 3.18 y 3.19 (ver anexo tablas pág. 146).

### 3.3.4.3 Condiciones de cargado que ocasionan un máximo desgaste de la cubierta.

- Material cargado transversalmente a 90 grados, y a más en la cinta.
- La caída-libre equivalente mayor de 4 ft (ver anexo tablas 3.16 y 3.17 págs. 143-144).
- El área de cargado con pendiente que excede los 8 grados con la horizontal.
- El cargado del material sin velocidad en la dirección de la cinta, e incluso con velocidad contraria (negativa).

### 3.3.5 Empalmes.

Las uniones o empalmes en las cintas pueden ser vulcanizados o engrapados. Para bandas cortas (del orden de 20 o 30 m), se suministran cerradas, es decir en sin-fin, efectuándose por lo tanto la vulcanización en fábrica; por el contrario, en bandas largas la unión se hace normalmente vulcanizando en obra o mediante grapas metálicas; este es el caso de las bandas de interior de mina, en la que por razones de seguridad o falta de espacio no es posible la vulcanización.

Las condiciones que deben cumplir una unión mediante grapas, son:

- Garantizar igual resistencia en el empalme que en la propia banda.
- Facilidad de adaptación a los tambores.
- Posibilidad de adaptación en los dos sentidos.
- Poseer flexibilidad transversal.
- No deteriorar las telas de la banda.

Los defectos que poseen son:

- Posibilidad de penetración de la humedad y el polvo en la carcasa, con el siguiente ataque de productos químicos; al quedar las telas al descubierto.
- No poder emplearse en cintas para el transporte de personal, por el riesgo de producir heridas en las personas.



Imagen 3.16 Empalme de tejido vulcanizado.

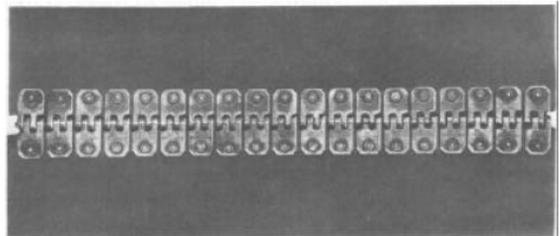


Imagen 3.17 Empalme mecánico del tipo placa articulada”.

### 3.4 TIPOS DE CURVAS EN CINTAS.

Las curvas verticales en transportadores de cinta se emplean para conectar tangencialmente dos tramos con pendiente diferente, comercialmente es satisfactorio considerarlas arcos de círculos, las curvas se pueden presentar tanto en el trayecto de carga como en el de retorno. En las cintas transportadoras con trayectoria recta en planta, pueden presentarse los siguientes casos de trayectorias en el plano vertical, que necesitan ser enlazadas por tramos curvos:

- **Curvas verticales cóncavas.-** Se denominan así las que enlazan dos tramos rectos con diferentes inclinaciones, mediante una

curva cuyo centro de curvatura está situado hacia arriba de las rectas; la banda tiene la posibilidad de elevarse por ser mayor en determinadas circunstancias la resultante de la tensión hacia arriba de la banda es mayor que la resultante hacia abajo del peso de la banda y el material.

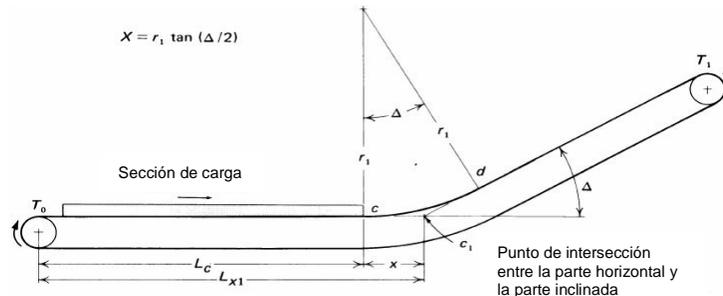


Diagrama 3.3 de curva vertical cóncava

- **Curvas verticales convexas.-** Son las que enlazan dos tramos con diferentes inclinaciones, mediante una curva cuyo centro se encuentra en dirección por debajo de las rectas; en este caso la banda es soportada por los rodillos al estar dirigida hacia abajo la resultante de las tensiones de la banda, los pesos de la propia banda y el material.



3.18 Imagen de curva convexa

- **Curvas horizontales.-** Enlazan tramos rectos que no se encuentren alineados en planta; estas cintas comenzaron a emplearse como casos excepcionales, pero en la actualidad se utilizan con más frecuencia por las ventajas que presentan.



3.19 Imagen de curvas horizontales

- **Inversiones de cinta.-** Tienen por objeto dar la vuelta a la cinta en el ramal inferior de la misma, para impedir que la cara sucia de la cinta entre en contacto con los rodillos de retorno; las inversiones de cinta se llevan a cabo generalmente cuando estas son de gran longitud.

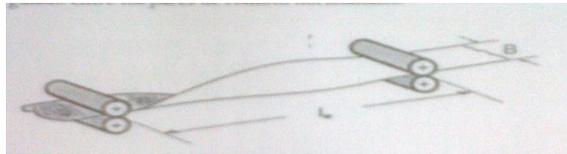


Imagen 3.20 Inversión libre.

Tal como se aprecia en la imagen 3.20 en la cual no hay elemento alguno de guiado entre los pares de rodillos horizontales se conoce como inversión libre.

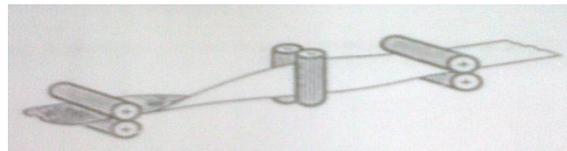


Imagen 3.21 Inversión guiada.

En la inversión guiada como se muestra en la imagen 3.21, la cinta se soporta en el centro de los pares de rodillos horizontales mediante otro par situado verticalmente.

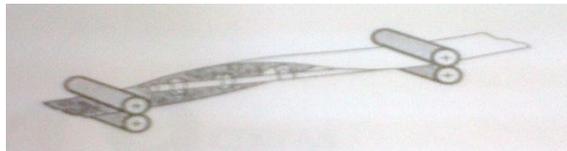


Imagen 3.22 Inversión soportada.

En la imagen 3.22 en la cual la cinta se apoya en el eje longitudinal de la misma mediante rodillos se conoce como inversión soportada.

### 3.5 LIMPIEZA DE CINTAS TRANSPORTADORAS.

La limpieza en las cintas transportadoras aún siendo un problema de gran importancia económica durante el funcionamiento de las mismas, sigue estando sin resolverse totalmente cuando la resolución del problema genera ahorrar en términos económicos así como también incrementa la vida útil de la cinta, no obstante hay que reconocer que es difícil conseguir una buena limpieza en cintas transportadoras.

**Fugitividad.-** Se produce por dos estados opuestos del material; por ser polvoriento o pegajoso; ya que el material tiende a escaparse de la vena principal.

**Ensuciamiento.-** Es una consecuencia de la Fugitividad, es decir, a mayor Fugitividad mayor ensuciamiento. Los lugares en donde se produce son aquellos en los que cambia la dirección del flujo o vena del material en las transferencias (tolvines y guías de carga).

#### 3.5.1 Incidencia económica de una mala limpieza.

La incidencia económica de la mala limpieza tiene los siguientes aspectos:

- Pérdida de capacidad transportada cuyo valor es en general reducido, salvo en el caso de materiales de gran valor como mineral de oro.
- Costo de la mano de obra empleada en la limpieza del material fugitivo, depositado en bastidores y suelo, mantenimiento de los equipos de limpieza y principalmente atención al desvío de cintas.
- En cintas de gran capacidad, y cuando se ha visto la imposibilidad de la limpieza de la cinta en el ramal inferior, se instalan debajo de este y en las proximidades de la cabeza motriz, transportadores especiales de corta longitud que recogen el material desprendido y lo incorporan en la vena principal.

Lo recomendable para llevar a cabo una limpieza eficaz de la cinta inicia en la etapa de diseño, en donde se debe poner atención en los puntos en donde sea probable un derrame de material, ya que dedicándole el tiempo suficiente para que se tenga una buena solución a este problema, estará más que compensado por los ahorros que se obtienen de manera posterior.

**\*NOTA 1:** La tabla de pesos incorporada en la gráfica 3.3 (ver anexo gráficas) es representativa de los pesos promedios de las partes rotativas del bastidor, y los pesos de la correa estimados, listados en la tabla 3.2 (ver anexo tablas). Cuando se tienen los pesos reales, estos deben usarse en la solución gráfica, las gráficas 3.4 y 3.5 (ver anexo gráficas) sirven para determinar los caballos de fuerza necesarios para elevar el material y caballos de fuerza requeridos por el conveyor para mover el material horizontalmente respectivamente.

**CAPITULO IV  
CÁLCULO DE LA CINTA  
TRANSPORTADORA  
PARA MINERAL DE  
HIERRO.**

#### 4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS PARA LLEVAR A CABO EL CÁLCULO DEL PROTOTIPO ANÁLITICO DE LA CINTA TRANSPORTADORA TB 04.

Como se vio en los capítulos anteriores se deben tener en cuenta ciertos criterios para llevar a cabo el cálculo en una cinta transportadora para que esta cumpla de una manera eficiente con su función, el cálculo de la potencia del motor para una cinta transportadora es crítico realizarlo ya que por medio de este se conocen las diversas tensiones a las que se tiene que someter la potencia total como la define CEMA depende directamente de la tensión efectiva.

Para poder iniciar el diseño de una cinta transportadora es preferible que la mayor parte de los datos conocidos sean obtenidos de campo, con el objeto de obtener resultados lo más apegado a la realidad y de este modo tener en el prototipo analítico una solución fiable.

Entonces tenemos conocimiento de los siguientes datos previos para hacer el cálculo de la potencia:

Mineral de hierro 100% finos.

La densidad del material mineral de hierro:

$$\rho = 249.712 \left( \frac{\text{Libras}}{\text{Pies}^3} \right)$$

Capacidad requerida:

$$Q = 1200 \frac{\text{Toneladas}}{\text{hr}}$$

Se emplean rodillos abarquillados a 20° o bastidores a 20° de a cuerdo a la clasificación manejada en CEMA tiene C6- quiere decir que tiene un diámetro de 6 pulgadas esta inclinación es favorable para trabajos normales y tipos de bandas comunes respecto a la horizontal

Ancho de la cinta:

$$b = 30 \text{ pulgadas}$$

Longitud horizontal entre centros polea motriz y polea de colas

$$L = 220.958 \text{ Pies}$$

Altura entre centros polea motriz y polea de colas

$$\Delta = 25.2625 \text{ Pies}$$

Velocidad:

$$V = 500 \frac{\text{Pies}}{\text{minuto}}$$

De acuerdo con la clasificación de los rodillos tenemos un  $A_f=1.5$ .

El peso del material se obtiene a partir de la formula siguiente:

$$W_m = \frac{(Q)(2000)}{(60)(V)} = 80 \frac{\text{Libras}}{\text{Pie}}$$

Con el ancho de la cinta 30 (pulgadas) en nuestro caso en específico y la densidad del material 249.712 (libras/pies cu.) podemos obtener a partir de la tabla 4.1 (ver anexo de tablas pág.147), el espacio entre bastidor-bastidor en la celda de intersección de estos dos valores representado por  $S_f=4\text{ft}$  en los de carga y para los de retorno tenemos un  $S_r=10\text{ft}$ , en el caso de no encontrarse el valor de la densidad de nuestro material se toma el valor más próximo, en la tabla 4.1 se enlistan algunos espaciamentos normales sugeridos para bastidores acanalados de uso general en la práctica ingenieril.

El peso de la cinta:  $W_b = 10 \frac{\text{Libras}}{\text{Pie}}$  (1)

Área del material sobre la cinta:

$$A_m = 0.586 \text{Pies}^2$$

Gasto:

$$G_a = (V)(A_m) = 293 \frac{\text{Pies}^3}{\text{minuto}}$$

Con la tabla 2.3 (ver anexo tablas págs. 135-136) obtenemos un ángulo de reposo de  $35^\circ$  y un ángulo de sobrecarga de  $25^\circ$  con la tabla 2.1 (ver anexo tablas pág. 133), para nuestro de material a transportar mineral de hierro.

La potencia requerida para dar puesta en marcha depende su configuración o disposición constructiva, ya que a partir de ello podemos desarrollar el cálculo de la potencia total requerida la cual depende de los factores siguientes:

- Potencia necesaria para dar puesta en marcha de la cinta sin carga.
- Potencia necesaria para dar puesta en marcha con carga en la parte horizontal de la cinta.
- Potencia necesaria para elevar la cinta con carga en la zona inclinada, siendo este valor positivo y cero en el caso de que la banda no cuente con tal inclinación.

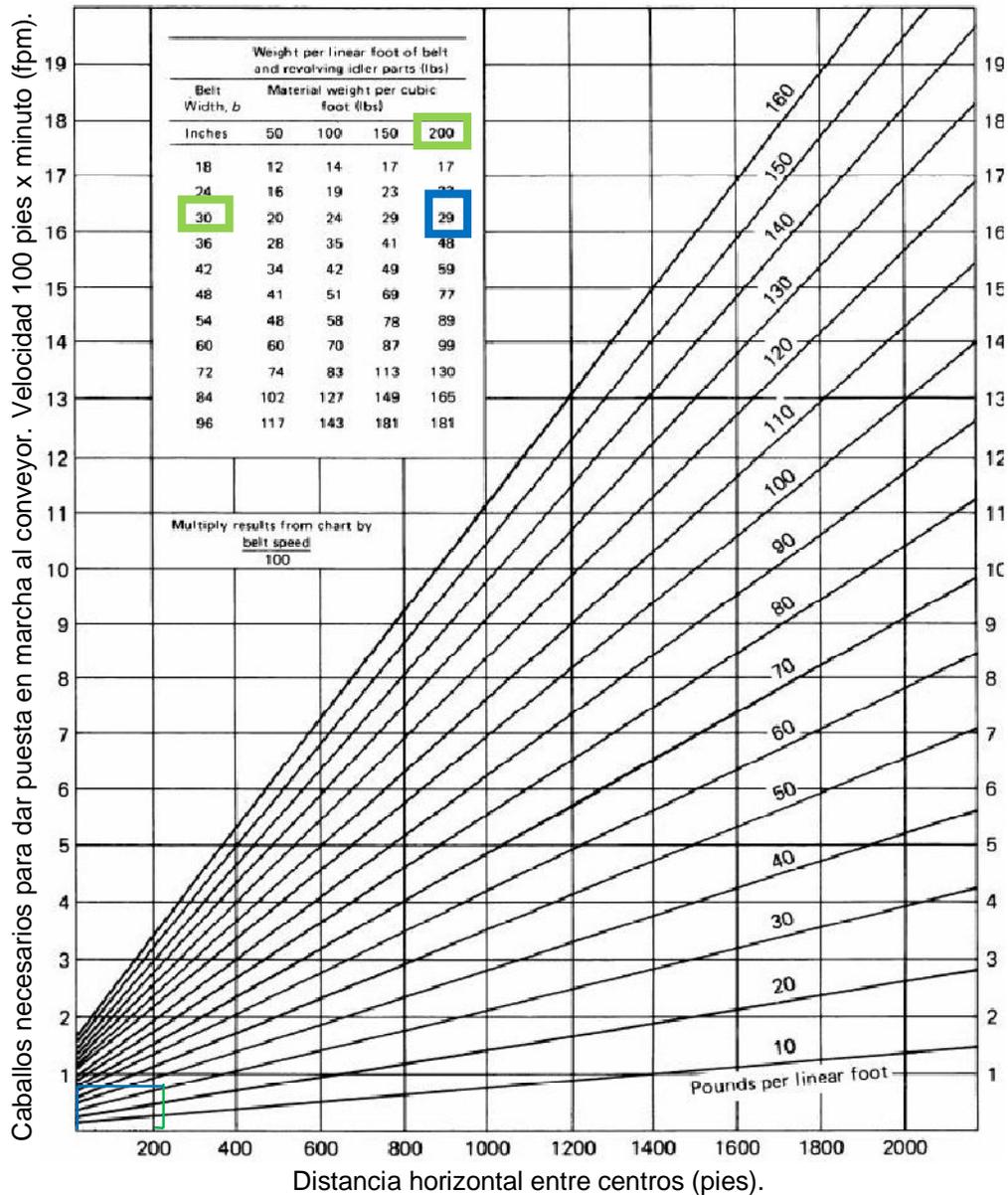
Ver nota <sup>(1)</sup> al final del capítulo.

Los principales factores que intervienen en el diseño se encuentran en gráficas, en ellas se hace una aproximación de los HP's que se requieren para obtener la potencia que debe tener el motor el cual se conoce como método gráfico, así como también, en los datos tabulados los cuales van a servir en ecuaciones que nos van a dar un resultado más preciso acerca de los HP's que se necesitan para obtener la potencia del motor para el transportador conocido como método analítico y se van a desarrollar en los puntos 4.2 y 4.3 de este capítulo utilizando las condiciones ya conocidas en campo previas al diseño de la cinta transportadora.

## 4.2 MÉTODO GRÁFICO

Para hacer una aproximación a los HP's requeridos los cuales son el producto de la fuerza por la velocidad dividido esta cantidad entre 33000 libras-pie, si se desea expresar en términos de potencia la cual se define como la cantidad de trabajo realizada por unidad de tiempo (watts) y su equivalente tenemos **1HP=745.7Watts**, para dar puesta en marcha a nuestro transportador se lleva a cabo empezando por la gráfica 3.3 (ver anexo gráficas pág. 150), a partir de la cual obtendremos los HP's necesarios para accionar la cinta transportadora cuando esta sin carga, para emplear esta gráfica se van a utilizar los datos como lo son la densidad del material a transportar, con ello podemos determinar el peso promedio de los accesorios, después con el dato de la longitud horizontal entre centros de poleas y el peso aproximado de accesorios se van a obtener los HP necesarios representado por "**ha**", para dar puesta en marcha de nuestra cinta transportadora sin carga.

Datos resultados <sup>(2)</sup>



Grafica 3.3 Caballos de fuerza requeridos para poner en marcha el conveyor <sup>(3)</sup>

De acuerdo con la gráfica anterior tenemos un aproximado de **0.75HP'S**, el resultado obtenido debe ser multiplicado por la velocidad de la cinta y dividido entre 100 Pies por minuto de la velocidad de la cinta para obtener “**ha**” entonces:

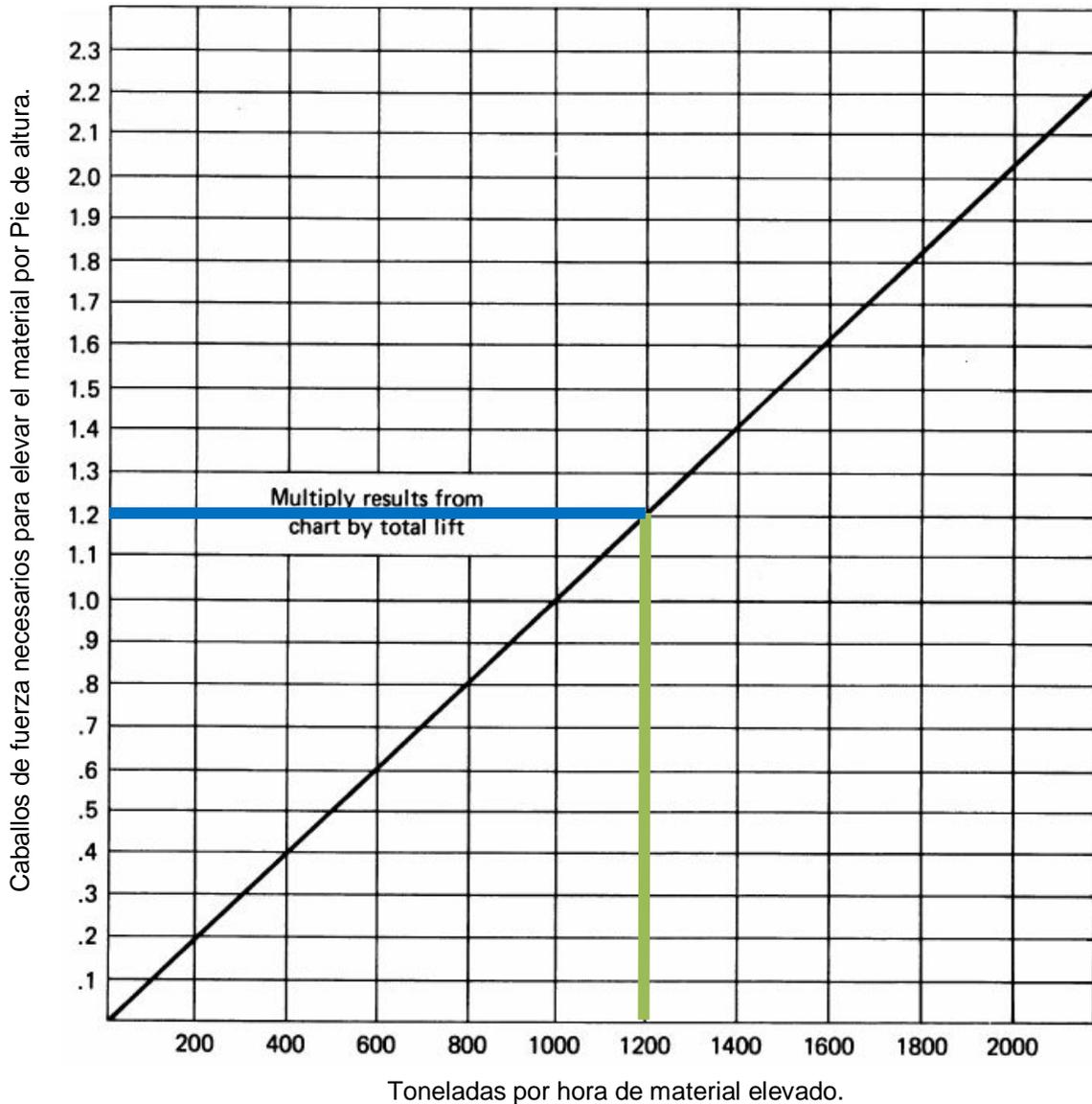
$$ha = 0.75 \frac{500}{100} = 3.75 \text{ HP 'S}$$

Por lo tanto tenemos que los Hp's necesarios para la puesta en marcha de nuestra cinta transportadora es de: **ha= 3.75HP'S**.

Ver nota <sup>(3)</sup> al final del capítulo.

Mediante la siguiente gráfica 3.4, se obtienen los Hp's necesarios para elevar el material transportado, utilizando como dato la capacidad de la cinta transportadora que en nuestro caso es de 1200 toneladas por hora, a partir de ahí se traza la vertical hasta que intercepte con la diagonal, como se muestra a continuación:

Datos resultados <sup>(2)</sup>



Gráfica 3.4 Caballos de Fuerza necesarios para elevar el material.

Ver nota <sup>(2)</sup> al final del capítulo.

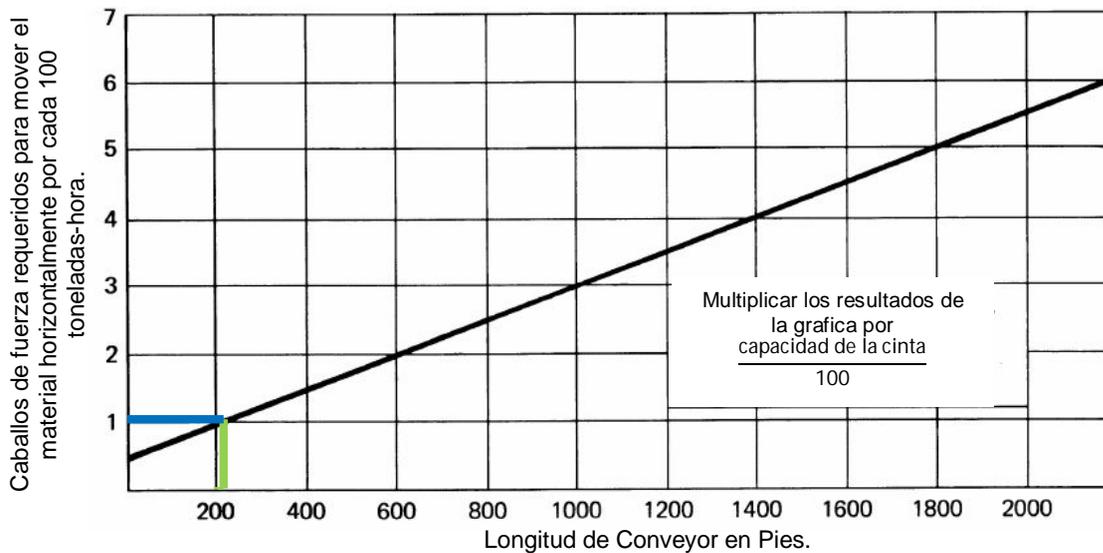
Una vez obtenidos los Hp's necesarios aproximadamente 1.2 HP'S, se va a multiplicar este valor por la altura entre centros de poleas y así obtener los Hp's necesarios para elevar el material representado por "hb":

$$hb = (1.2)(25.2625) = 30.315 \text{ HP 'S}$$

Por lo tanto tenemos que los Hp's requeridos para elevar el material "hb" son 30.315 HP'S.

Después se hace uso de la gráfica 3.5, para obtener los Hp's necesarios para transportar el material horizontalmente, en este caso los datos que se van a ocupar son la longitud del conveyor en pies obtenido del plano 4.3 (ver pág. 118) de la cinta transportadora, se lleva a cabo el uso de la gráfica como se muestra a continuación:

Datos resultados <sup>(2)</sup>



Grafica 3.5 Caballos de fuerza requeridos por el conveyor para mover el material horizontalmente.

De acuerdo con la gráfica son 1.1HP'S, ahora para obtener los Hp's requeridos para mover el material horizontalmente representado por "hc", se multiplica el valor de la gráfica por la capacidad de la cinta transportadora y se divide entre 100:

$$hc = 1.1 \frac{1200}{100} = 13.2 \text{ HP } S$$

Una vez obtenidos los Hp's que se requieren por el método gráfico hacemos la sumatoria para obtener los HP'S totales, lo cual se va a representar por **hpg** necesarios para dar puesta en marcha al transportador:

$$hpg = ha + hb + hc = 3.75 + 30.315 + 13.2 = 47.215$$

En los motores NEMA se asume una parte de la potencia del 15% que se gasta en los componentes del accionamiento, por lo que la potencia total requerida para accionar la cinta transportadora es representada por **hpt**:

$$hpt = \frac{hpg}{0.85} = \frac{47.215}{0.85} = 55.54706 \text{ HP } S$$

El resultado que se tiene por el método gráfico es un motor NEMA de 75 HP'S, aclarando que este resultado solo es para un panorama general de diseño para tener un resultado más preciso de los Hp's, se debe realizar el método analítico que el cual se desarrolla en la siguiente sección del presente capítulo.

En la tabla siguiente 4.2 se muestra un resumen de los resultados obtenidos por el método gráfico:

**Tabla 4.2 resumen de resultados obtenidos por el método gráfico**

DATOS	GRÁFICA	RESULTADOS
Densidad mineral de hierro	3.3 Hp's necesarios para la puesta en marcha "vacío"	Peso promedio de accesorios
Ancho de la cinta		Hp de la gráfica
Longitud horizontal	3.4 Hp's necesarios para elevar el material	$ha = 3.75 \text{ HP } S$
Capacidad de la cinta		Hp de la gráfica
Longitud horizontal	3.5 Hp's necesarios para mover el material horizontalmente	$hb = 30.315 \text{ HP } S$
Caballos de Fuerza necesarios para el transportador.		Hp de la gráfica
Caballos de fuerza totales considerado el factor de seguridad.	Factor de seguridad del 15%	$hc = 13.2 \text{ HP } S$
	<b>Sumatoria de <math>ha, hb</math> y <math>hc</math></b> $hpg = ha + hb + hc$	$hpg = 47.215$
	$hpt = \frac{hpg}{0.85}$	$hpt = 55.54706 \text{ HP } S$

### 4.3 MÉTODO ANALÍTICO

A continuación se procede a calcular por el método analítico la potencia que se requiere por el transportador TB-04, la tensión máxima de operación va a estar en función de la potencia total, una vez determinada la potencia necesaria mediante la tensión efectiva o de operación "***T<sub>e</sub>***", sin embargo, esta tensión no es la total ya que se requiere obtener una tensión adicional que considere el deslizamiento, cuando se da puesta en marcha así como también cuando la banda se encuentra en la trayectoria de retorno.

Para evitar el derrape de la cinta sobre los rodillos se emplea el tensor, los cuales ya han sido mencionados anteriormente que en nuestro caso en específico debido a las condiciones de posición de nuestra cinta se ha seleccionado el de gravedad el cual está situado cerca de la polea motriz.

Primero se calcula ***K<sub>x</sub>***, que es el factor que determina la resistencia de los bastidores y resistencia al deslizamiento entre la cinta y los rodillos de los bastidores a partir de la fórmula siguiente de acuerdo a CEMA <sup>(4)</sup>:

$$K_x = (0.00068)(W_b + W_m) \left( \frac{A_i}{S_i} \right)$$

Sustituyendo datos:

$$K_x = (0.00068)(10 + 80) + \left( \frac{1.5}{4.0} \right) = 0.4362 \text{ Libras/Pie}$$

El siguiente factor a calcularse es "***K<sub>y</sub>***" factor de transporte usado para la resistencia de la cinta en combinación con la resistencia de la carga, cuando la carga y la banda se encuentran en movimiento sobre los rodillos siendo indispensable asumir un valor tentativo inicial de la tensión promedio de la cinta, el método gráfico para la determinación de la potencia del transportador puede ser de mucha ayuda para estimar el valor tentativo inicial de la tensión promedio de la cinta como se indica a continuación:

Para obtener una tensión promedio de la cinta a partir del método gráfico nos dio que se va a utilizar un motor normalizado de 75 Hp's por lo tanto:

$$T_{prom} = \frac{(HP's)(33000)}{(v)} = \frac{(75)(33000)}{(500)} = 4950 \text{ Libras}$$

Ver nota <sup>(4)</sup> al final del capítulo.

Enseguida se emplea la tabla 3.5 (ver anexo tablas pág. 141) con una tensión de 5000 libras para obtener los factores “**A**”, “**B**” con el espacio entre bastidor-bastidor de carga representado por **S<sub>i</sub>**:

**Factor A**= 1.1808

**Factor B**= 1.559

Empleando la fórmula CEMA <sup>(5)</sup> para determinar “**K<sub>y</sub>**” tenemos:

$$K_y = (W_m + W_b)((A)(10^{-4}) + ((B)(10^{-2}))$$

Sustituyendo datos:

$$K_y = (80 + 10)((1.1808)(10^{-4}) + ((1.559)(10^{-2})) = 0.0262172$$

El siguiente factor a considerar es  $K_t=1$  es el factor de la temperatura

**T<sub>x</sub>** Es la resistencia friccional de los bastidores de carga y de retorno <sup>(6)</sup>:

$$T_x = (L)(K_x)(K_t)$$

Sustituyendo valores:

$$T_x = (220.958)(0.4362)(1) = 96.38188 \text{ Libras}$$

**T<sub>yr</sub>**- Es la tensión resultante en los bastidores de retorno y se calcula por la siguiente fórmula:

$$T_{yr} = (L)(0.015)(W_b)(K_t)$$

Sustituyendo valores:

$$T_{yr} = (220.958)(0.015)(10)(1) = 33.1437 \text{ Libras}$$

**T<sub>yc</sub>**- Tensión resultante en los bastidores de carga y se calcula por la formula siguiente:

$$T_{yc} = (L)(K_y)(W_b)(K_t)$$

Sustituyendo valores:

$$T_{yc} = (220.958)(0.0262172)(10)(1) = 57.93 \text{ Libras}$$

**T<sub>yb</sub>**- Tensión o resistencia de la correa a flectar cuando cabalga sobre los bastidores:

$$T_{yb} = T_{yr} + T_{yc}$$

Ver nota <sup>(5)</sup> al final del capítulo.

Ver nota <sup>(6)</sup> al final del capítulo.

Sustituyendo valores:

$$T_{yb} = 33.1437 + 57.93 = 91.0737 \text{ Libras}$$

**T<sub>ym</sub>**.- Es la resistencia del material a flectar la cinta cuando cabalga sobre los bastidores y se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$T_{ym} = (L)(K_y)(W_m)$$

Sustituyendo valores tenemos

$$T_{ym} = (220.958)(0.0262172)(80) = 463.4152 \text{ Libras}$$

**T<sub>m</sub>**.- Fuerza necesaria para bajar o subir el material

$$T_m = (\Delta)(W_m)$$

Sustituyendo valores:

$$T_m = (25.2625)(80) = 2020.968 \text{ Libras}$$

**T<sub>am</sub>**.-Es igual a 147 libras aproximadamente para mover el material en toda la longitud del conveyor de acuerdo con la gráfica 3.2 (ver anexo gráficas pág. 137).

**T<sub>p</sub>**.- Es la resistencia de la banda a la flexión alrededor de las poleas a rodar sobre los cojinetes

$$T_p = ((1)(200)) + ((1)(150)) = 350 \text{ Libras}$$

3 rodillos de carga auto-alineables y 2 rodillos de retorno auto-alineables.

**T<sub>pl</sub>**.- Fuerza de fricción de los desviadores

$$T_{pl} = (\# \text{ de plows})(\text{Valor de la tabla 3.7})(b)$$

Sustituyendo datos:

$$T_{pl} = (5)(3)(30) = 450 \text{ Libras}$$

**T<sub>bc</sub>**.- Dispositivos de limpieza de la cinta

$$T_{bc} = 5(\# \text{ dispositivos de limpieza})(\text{ancho de la cinta en pulgadas})$$

Sustituyendo datos:

$$T_{bc} = (5)(5)(30) = 750 \text{ Libras}$$

**Tsb** De la fricción de los faldones en libras en **Cs** de acuerdo a tabla 3.8 (ver anexo de tablas pág. 142) es de 0.2760 Lb es la longitud igual a 20 pulgadas y la altura 19.5"

$$Tsb = Lb[(Cs)(H_s^2) + 6] = 2218.98$$

**Te** Es la tensión de operación o efectiva y se calcula a partir de:

$$Te = [(L)(Ky)][Kx + ((Ky)(Wb)) + ((0.015)(Wb))] + [(Wm)((L)(Ky) + \Delta)] + Tp + Tam + Tpl + Tbc + Tsb$$

$$Te = 6405.3265 \text{ Libras}$$

Una vez calculada la tensión efectiva podemos obtener los **HP'S** de accionamiento para la cinta transportadora TB-04:

$$HP'S = \frac{(Te)(V)}{33000} = \frac{(6405.3265)(500)}{33000} = 97.0504 \text{ HP'S}$$

Pero se sabe del 15% que se emplea en mecanismos de accionamiento por lo tanto:

$$HPm = \frac{(HP'S)}{0.85} = \frac{(97.0504)}{0.85} = 114.1769 \text{ HP}$$

Tenemos un motor siemens NEMA de 125 HP con un factor de servicio de 1.15 que cubre con la potencia necesaria para la puesta en marcha de la cinta transportadora.

Para obtener la potencia se tiene que **1HP=745.3Watts**

Por lo tanto:

$$Potencia = 125HP \left( \frac{745.3Watts}{1HP} \right) = 93162.5Watts = 93.1625 \text{ KW}$$

Como ya se calculo la potencia lo último que falta por hacer es calcular la tensión adicional por la razón de que se debe considerar el deslizamiento de nuestra cinta al arrancar así como también de cuando la cinta transportadora cabalque sobre los bastidores de retorno como se menciono anteriormente nuestro tensor es de gravedad por que es autoajustable acorde a la elongación que tenga la cinta transportadora TB-04, este es el motivo por el cual es necesario obtener la tensión adicional para lograr una selección correcta de la cinta transportadora en función de nuestra tensión máxima como se indica a continuación:

$$T_o = (6.25)(S_i)(W_b + W_m)$$

Sustituyendo datos:

$$T_o = (6.25)(4)(10 + 80) = 2250 \text{ Libras}$$

La tensión **T2** se le conoce como la del lado flojo, es la tensión mínima para poner en marcha la cinta sin el derrame de material en donde se considera el factor de arrollamiento **Cw** igual a 0.38

Entonces:

$$T_2 = (T_e)(C_w) = 2434.024 \text{ Libras}$$

**Tb** Tensión en la trayectoria de retorno de la cinta cuando cabalga sobre los bastidores:

$$T_b = (\Delta)(W_b) = 252.625 \text{ Libras}$$

**Tt** Tensión en la polea de colas

$$T_t = T_2 + T_b = 3214.5427 \text{ Libras}$$

**T1** Tensión en el lado tenso de la cinta en la polea motriz

$$T_1 = T_e + T_2 = 8839.3505 \text{ Libras}$$

**T1'** Tensión máxima

$$T_1' = (0.4536) \left( \frac{T_1}{1000} \right) = 4.00953 \text{ Toneladas}$$

La siguiente tabla 4.3 contiene un resumen de las formulas utilizadas y resultados obtenidos a partir del método analítico:

Tabla 4.3 Resumen de formulas utilizadas y resultados obtenidos a partir del método analítico

FACTOR	FORMULA	RESULTADO
Kx	$K_x = (0.00068)(W_b + W_m) \left( \frac{A_i}{S_i} \right)$	0.4312 lbs/pie
Tprom	$T_{prom} = \frac{(HP's)(33000)}{(V)}$	4950 lbs.
Ky	$K_y = (W_m + W_b) \left( (A)(10^{-4}) + (B)(10^{-2}) \right)$	0.0262172
Kt	Constante.	1

Tx	$T_x = (L)(K_x)(K_t)$	96.38188 lbs.
Tyr	$T_{yr} = (L)(0.015)(W_b)(K_t)$	33.1437 lbs.
Tyc	$T_{yc} = (L)(K_y)(W_b)(K_t)$	57.93 lbs.
Tyb	$T_{yb} = T_{yr} + T_{yc}$	91.0737 lbs.
Tym	$T_{ym} = (L)(K_y)(W_m)$	463.4152 lbs.
Tam	Ver gráfica 3.2 pág. 149	147 lbs.
Tm	$T_m = (\Delta)(W_m)$	2020.968 lbs.
Tp	$T_p = (\# \text{poleas de colas})(\text{Tension respecto al ángulo de abrace})$ + $(\# \text{poleas motrices})(\text{Tensión respecto al ángulo de abrace})$	350 lbs.
Tpl	$T_{pl} = (\# \text{de plows})(\text{Valor de la tabla 3.7})(b)$	450 lbs.
Tbc	$T_{bc} = 5(\# \text{ dispositivos de limpieza})(\text{ancho de la cinta en pulgadas})$	750 lbs.
Tsb	$T_{sb} = Lb[[(C_s)(H_s^2)] + 6]$	2218.98 lbs.
Te	Ver formula (2) pág. 46	6405.3245 lbs.
Hp's	$HP'S = \frac{(Te)(V)}{33000}$	97.0504 Hp's.
Hpm	$HPm = \frac{(HP'S)}{0.85}$	114.1769 Hp's.
Potencia	$Potencia = HP \left( \frac{745.3 \text{ Watts}}{1HP} \right)$	93.1625 KW.
To	$T_o = (6.25)(S_i)(W_b + W_m)$	2250 lbs.
T2	$T_2 = (Te)(C_w)$	2434.024 lbs.
Tb	$T_b = (\Delta)(W_b)$	252.625lbs.
Tt	$T_t = T_2 + T_{yr} - T_b$	3214.5427 lbs.
T1	$T_1 = T_e + T_2$	8839.3505 lbs.
T1'	$T_1' = (0.4536) \left( \frac{T_1}{1000} \right)$	4.00953 Tons.

La selección de la banda apropiada es aquella que cumpla con las condiciones de trabajo requeridas de manera eficiente y que resulte económica y debe reunir los siguientes requisitos:

- Alta resistencia mecánica longitudinal.
- Flexibilidad en dirección longitudinal (poleas) y transversal (bastidores)
- Elevada resistencia al desgaste y a la destratificación (resistencia a la adhesión de material para generar capas en su superficie) a reiterados dobleces.
- Poca elasticidad y alta resistencia a la humedad.

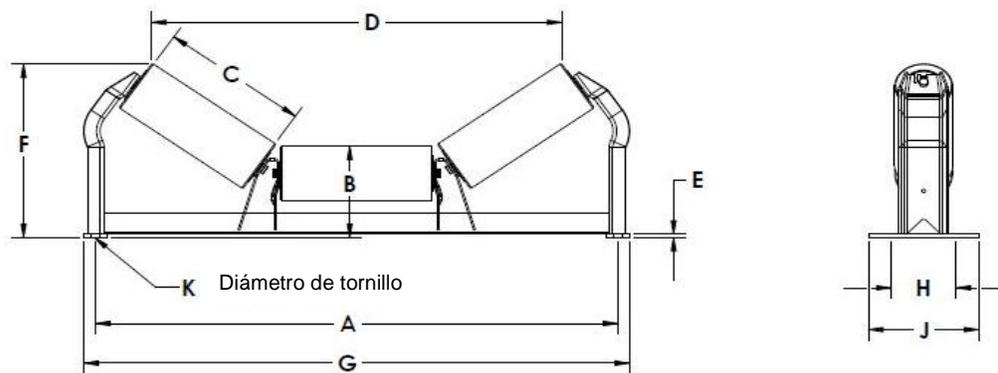
Haciendo una investigación con expertos en la fabricación y comercialización de este tipo de cintas transportadoras de acuerdo a las características y requisitos de diseño especificadas encontramos que la cinta que mejor se adapta a nuestro transportador son las que se mencionan a continuación:

- Continental por parte de su división proveedora de cintas Contitech nos proporciono dos propuestas:
  - a) **Sentry Premium** la cual se usa para un tamaño de terrón máximo de 60mm lo cual no tiene problemas ya que el mineral de hierro es de 100% fino con un tamaño máximo de 9.54mm.
  - b) **Sentry plus** la cual también cubre los requerimientos de potencia y cálculos de tensiones determinados en el método analítico este tipo de cinta se recomienda para materiales con tamaño mayor a 150mm por terrón.
- Dunlop por medio de su división proveedora de cintas Fenner Dunlop propuso una solución que cubre los cálculos establecidos por el método analítico:
  - a) **Banda Rock master** 4 capas de 1/4x1/16 con una tensión de operación total de 13,200 libras diseñadas para aplicaciones de propósitos generales en donde el tamaño del material es de 4 pulgadas (10cm) o menos

#### 4.4 DIMENSIONES GENERALES DE LOS COMPONENTES.

Es indispensable tener en conocimiento de las dimensiones generales de cada uno de los componentes a ubicarse en el transportador de cinta TB-04 para tener en cuenta una perspectiva general del dimensionado y espacio a ocupar por los mismos a continuación se ponen los planos de cada uno de ellos:

- Bastidores CEMA C6 de carga con un ángulo de inclinación de 20°

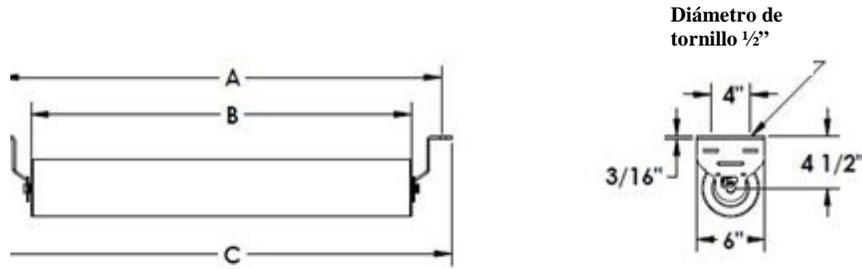


Numero de Parte	BW*	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	WT
C6-20E-18	18	27	9	7 1/16	21 9/16	1/4	11 7/16	29	6	8	1/2	47
C6-20E-24	24	33	9	9 1/16	27 5/16	5/16	12 1/8	35	6	9 1/2	5/8	57
C6-20E-30	30	39	9	11 1/16	33 1/16	5/16	12 7/8	41	6	9 1/2	5/8	69
C6-20E-36	36	45	9	13 1/16	38 13/16	5/16	13 9/16	47	6	9 1/2	5/8	78
C6-20E-42	42	51	9 1/2	15 1/16	44 9/16	5/16	14 11/16	53	7 1/2	9 1/2	5/8	86
C6-20E-48	48	57	9 1/2	17 1/16	50 5/16	5/16	15 3/8	59	7 1/2	9 1/2	5/8	107
C6-20E-54	54	63	9 1/2	19 1/16	56 1/16	3/8	16 1/8	65	9	11	5/8	121

Imagen 4.1 Dimensiones generales del bastidor de carga.

En donde **BW\*** es el ancho de la cinta.

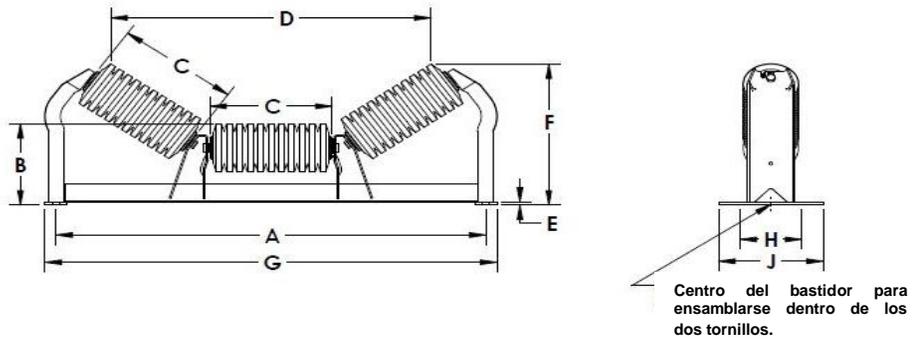
- Bastidores de retorno CEMA C6 dimensiones generales:



Bastidor de retorno	BW*	A	B	C	WT**		
					4"	5"	6"
C6-RET-18	18	27	21 5/16	28 3/4	17	22	30
C6-RET-24	24	33	27 5/16	34 3/4	20	27	36
C6-RET-30	30	39	33 5/16	40 3/4	23	31	43
C6-RET-36	36	45	39 5/16	46 3/4	27	35	50
C6-RET-42	42	51	45 5/16	52 3/4	30	38	56
C6-RET-48	48	57	51 5/16	58 3/4	33	44	63
C6-RET-54 ✓	54	63	57 5/16	64 3/4	37	49	69
C6-RET-60 ✓	60	69	63 5/16	70 3/4	40	53	76

Imagen 4.2 Dimensiones generales del bastidor de retorno.

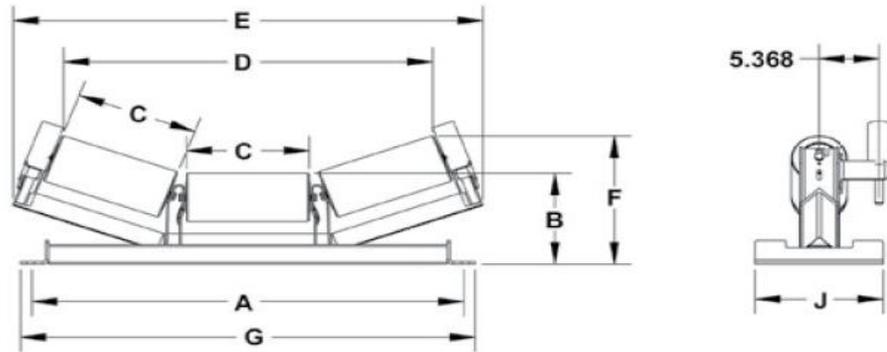
- Bastidores de impacto de discos CEMA C6



Numero de Parte	BW*	A	B	C	D	E	F	G	H***	J	K	WT
C6-20EI-18	18	27	9	7 1/16	20 1/2	1/4	11 5/16	29	6	8	1/2	49
C6-20EI-24	24	33	9	9 1/16	26 1/4	5/16	12	35	6	9 1/2	5/8	62
C6-20EI-30	30	39	9	11 1/16	31 15/16	5/16	12 3/4	41	6	9 1/2	5/8	74
C6-20EI-36	36	45	9	13 1/16	37 3/4	5/16	13 7/16	47	6	9 1/2	5/8	90
C6-20EI-42	42	51	9 1/2	15 1/16	43 7/16	5/16	14 9/16	53	7 1/2	9 1/2	5/8	111
C6-20EI-48	48	57	9 1/2	17 1/16	49 3/16	5/16	15 1/4	59	7 1/2	9 1/2	5/8	126
C6-20EI-54	54	63	9 1/2	19 1/16	55	3/8	15 15/16	65 1/2	9	11	5/8	136
C6-20EI-60	60	69	9 1/2	21 1/16	60 11/16	3/8	16 5/8	71 1/2	9	11	5/8	146

Imagen 4.3 Dimensiones generales de bastidor de impacto.

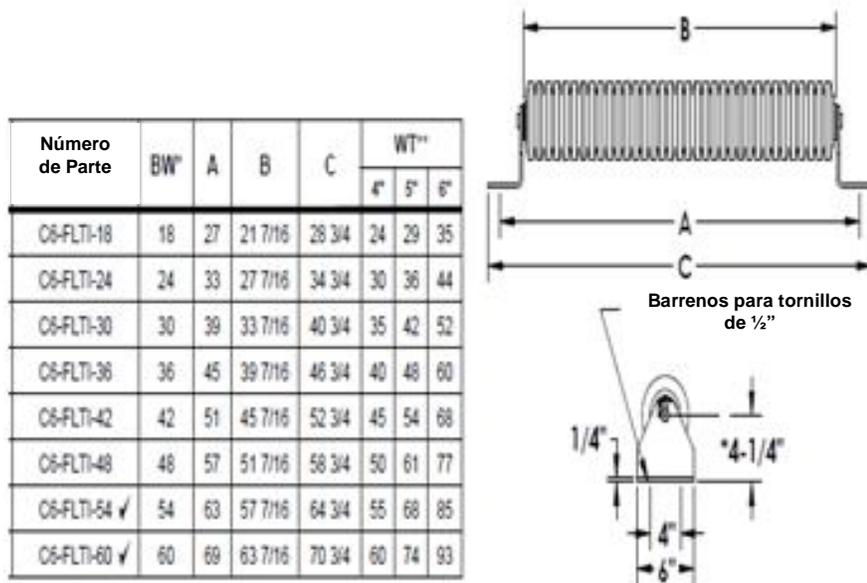
- Bastidores de alineación CEMA C6 a 20°



Número de Parte	BW*	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	WT
C6-20EA-18	18	27	9 7/8	7 1/16	21 5/16	30 5/8	12 1/2	28 7/8	6	11 1/2	5/8	77
C6-20EA-24	24	33	9 7/8	9 1/16	27 1/16	36 3/8	13 3/16	34 7/8	6	11 1/2	5/8	89
C6-20EA-30	30	39	9 15/16	11 1/16	32 13/16	42 3/16	14	40 7/8	6	11 1/2	5/8	101
C6-20EA-36	36	45	9 15/16	13 1/16	38 9/16	47 15/16	14 5/8	46 7/8	6	11 1/2	5/8	118
C6-20EA-42	42	51	10 5/16	15 1/16	44 5/16	53 15/16	15 3/4	52 7/8	6	11 1/2	5/8	140
C6-20EA-48	48	57	10 5/16	17 1/16	50 1/16	59 1/16	16 7/16	58 7/8	6	11 1/2	5/8	166
C6-20EA-54	54	63	10 7/16	19 1/16	55 13/16	65 7/16	17 3/16	64 7/8	6	11 1/2	5/8	176
C6-20EA-60	60	69	10 7/16	21 1/16	61 9/16	71 3/16	17 13/16	70 7/8	6	11 1/2	5/8	192

Imagen 4.4 Dimensiones generales de bastidor de alineación.

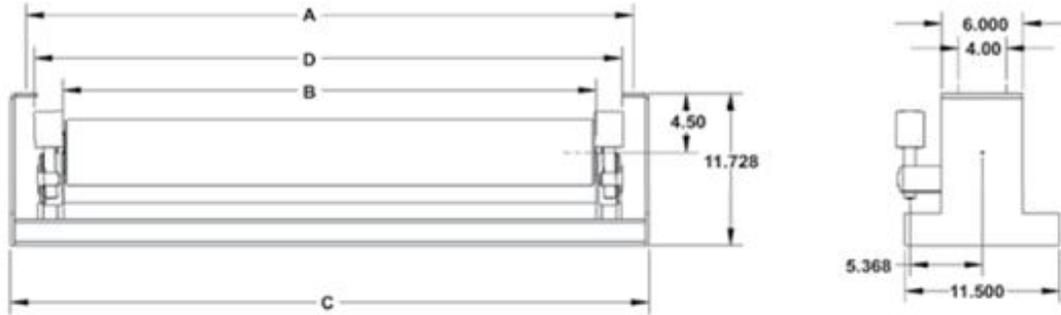
- Bastidores de retorno tipo disco de hule auto-limpiables



Número de Parte	BW*	A	B	C	WT**		
					4"	5"	6"
05-FLTI-18	18	27	21 7/16	28 3/4	24	29	35
05-FLTI-24	24	33	27 7/16	34 3/4	30	36	44
05-FLTI-30	30	39	33 7/16	40 3/4	35	42	52
05-FLTI-36	36	45	39 7/16	46 3/4	40	48	60
05-FLTI-42	42	51	45 7/16	52 3/4	45	54	68
05-FLTI-48	48	57	51 7/16	58 3/4	50	61	77
05-FLTI-54 ✓	54	63	57 7/16	64 3/4	55	68	85
05-FLTI-60 ✓	60	69	63 7/16	70 3/4	60	74	93

Imagen 4.5 Dimensiones generales de bastidores de retorno.

- Rodillos de retorno auto-alineables



Número de Parte	BW*	A	B	C	D	WT**		
						4"	5"	6"
C6-RETA-18	18	27	21 5/16	29 3/4	23 5/8	72	73	76
C6-RETA-24	24	33	27 5/16	35 3/4	29 5/8	81	83	87
C6-RETA-30	30	39	33 5/16	41 3/4	35 5/8	87	96	99
C6-RETA-36	36	45	39 5/16	47 3/4	41 5/8	102	107	125
C6-RETA-42	42	51	45 5/16	53 3/4	47 5/8	129	133	135
C6-RETA-48	48	57	51 5/16	59 3/4	53 5/8	141	146	148
C6-RETA-54 ✓	54	63	57 5/16	65 3/4	59 5/8	164	167	170
C6-RETA-60 ✓	60	69	63 5/16	71 3/4	65 5/8	178	181	188

Imagen 4.6 Dimensiones de los bastidores alineadores de retorno

- Polea motriz de 20 pulgadas

Tabla 4.4 Dimensiones generales de la polea motriz

DIA.	XT* HUB	QD* HUB	MAX. BORE	PESOS										
				SECCIÓN TRNSVERSAL DE POLEA EN PULGADAS										
				12	14	16	18	20	22	24	26	30	32	36
10"	XT25	SF	2 1/2	38	39	42	46	47	50	53	57	63	65	72
	XT30	E	3	44	46	49	51	53	54	57	61	68	70	77
	XT35	F	3 1/2	42	48	53	56	59	61	63	64	69	73	85
12"	XT25	SF	2 1/2	45	48	52	57	55	59	63	69	75	79	87
	XT30	E	3	51	55	58	61	63	65	67	74	85	93	100
	XT35	F	3 1/2	57	60	62	68	71	72	74	76	87	94	105
14"	XT25	SF	2 1/2	52	58	63	66	72	74	75	80	89	95	106
	XT30	E	3	61	64	69	73	74	75	80	84	94	98	108
	XT35	F	3 1/2	63	67	71	74	75	77	81	86	110	111	111
	XT40	JS	4	65	71	78	82	83	86	90	92	112	122	132
16"	XT25	SF	2 1/2	67	73	79	83	84	87	92	93	114	124	137
	XT30	E	3	69	76	80	84	85	90	95	100	120	129	140
	XT35	F	3 1/2	73	80	83	88	89	94	100	105	121	130	150
	XT40	JS	4	101	107	113	120	129	130	137	111	146	150	165
18"	XT25	SF	2 1/2	82	95	101	107	125	135	139	141	147	156	
	XT30	E	3	93	100	108	117	129	137	141	143	149	160	162
	XT35	F	3 1/2	96	103	110	118	130	138	144	148	150	170	172
	XT40	JS	4	103	111	116	126	135	140	146	152	150	175	180
	XT45	MS	4 1/2	162	168	177	183	193	202	224	238	240	243	249
20"	XT25	SF	2 1/2	97	108	117	124	134	143	152	160	178	186	198
	XT30	E	3	105	113	121	132	137	146	155	164	181	190	208
	XT35	F	3 1/2	108	118	126	133	139	148	157	165	183	192	209
	XT40	JS	4	115	125	136	142	145	154	166	199	220	227	235
	XT45	MS	4 1/2		163	172	179	184	187	195	206	228	239	261

- Polea de cola de 18 pulgadas

Tabla 4.5 Dimensiones generales de la polea de cola.

DIA.	XT* HUB	QD* HUB	MAX. BORE	PESOS										
				SECCIÓN TRANSVERSAL DE POLEA EN PULGADAS										
				12	14	16	18	20	22	24	26	30	32	36
10"	XT25	SF	2 1/2	38	39	42	46	47	50	53	57	63	65	72
	XT30	E	3	44	46	49	51	53	54	57	61	68	70	77
	XT35	F	3 1/2	42	48	53	56	59	61	63	64	69	73	85
12"	XT25	SF	2 1/2	45	48	52	57	55	59	63	69	75	79	87
	XT30	E	3	51	55	58	61	63	65	67	74	85	93	100
	XT35	F	3 1/2	57	60	62	68	71	72	74	76	87	94	105
14"	XT25	SF	2 1/2	52	58	63	66	72	74	75	80	89	95	106
	XT30	E	3	61	64	69	73	74	75	80	84	94	98	108
	XT35	F	3 1/2	63	67	71	74	75	77	81	86	110	111	111
	XT40	JS	4	65	71	78	82	83	86	90	92	112	122	132
16"	XT25	SF	2 1/2	67	73	79	83	84	87	92	93	114	124	137
	XT30	E	3	69	76	80	84	85	90	95	100	120	129	140
	XT35	F	3 1/2	73	80	83	88	89	94	100	105	121	130	150
	XT40	JS	4	101	107	113	120	129	130	137	111	146	150	165
18"	XT25	SF	2 1/2	82	95	101	107	125	135	139	141	147	156	
	XT30	E	3	93	100	108	117	129	137	141	143	149	160	162
	XT35	F	3 1/2	96	103	110	118	130	138	144	148	150	170	172
	XT40	JS	4	103	111	116	128	135	140	146	152	150	175	180
	XT45	MS	4 1/2	162	168	177	183	193	202	224	238	240	243	249
20"	XT25	SF	2 1/2	97	108	117	124	134	143	152	160	178	186	198
	XT30	E	3	105	113	121	132	137	146	155	164	181	190	208
	XT35	F	3 1/2	108	118	126	133	139	148	157	165	183	192	209
	XT40	JS	4	115	125	136	142	145	154	188	199	220	227	235
	XT45	MS	4 1/2		163	172	179	184	187	195	206	228	239	261

- Empalme
- **Rapidez de reparación en sitio**
- La mayoría de las cintas transportadoras para conveyor en mal estado o que presentan rasgaduras, pequeñas perforaciones se pueden reparar completamente con un sistema que ahorra tiempo.
- No se requiere mezclarlo el REMA GOO se puede aplicar usando el REMA GUN dispensador manual.
- Fácil de aplicar
- REMA GOO viene en cartuchos gemelos para aplicarse junto con la dureza de REMA GUN, una vez que los daños en el área ha reparado y limpiado se puede remover el exceso, REMA GOO su tubo gemelo puede ser ensamblado a la pistola, poner el contenido del cartucho y simplemente aplicar.
- **Bajo costo**
- REMA GOO es un material que puede ahorrar dinero comparado con muchos sistemas de reparación de esta clase.
- No solo es este “mucho GOO para el rebote”, deja muy pocos residuos, usted utiliza únicamente la cantidad que requiere para su operación y almacenar el sobrante para la siguiente reparación.



Imágenes 4.8 y 4.9 Empalmes Vulcanizados.

- Motor siemens



**Descripción de SD (Severe Duty) 100 Motor de carga pesada.**

Disponibles en 2 configuraciones ellos exceden la eficiencia NEMA <sup>(7)</sup> Premium con nuestra exclusiva vanguardia, rotor de fundición de cobre (143T – 256T) o satisfacer la eficiencia NEMA Premium con el diseño de nuestro rotor de aluminio de cualquier manera este tipo

de motor se traduce en reducir costos de operación y se puede tener una recuperación de la inversión en un corto tiempo ahorrando energía eléctrica. Son ideales para usarse, minería, fundición, pulpa y papel, manejo de residuos y aplicaciones químicas petroleras.

**Especificaciones:**

- 1 hasta 400 HP.
- 1.15 factor de servicio, 40°C ambiente.
- 3600, 1800 o 1200 RPM.
- 3 fases 60 Hz. 208-230, 460 y 575 volts de operación (143T-256T).
- 3 fases 60 Hz.

208-230/460 V	1-20HP
460 V	25-400HP
575 V	1-400HP

- Cumplen o exceden la eficiencia estándar de NEMA Premium (EPAAct eficiencia para motores de 900RPM).
- Aislamiento clase F.
- Clase B aumento de temperatura 1.0 F.S.
- NEMA diseño B (excepto los clasificados) carga continua.
- Además IP54 e IEEE 45 carga marina.
- 143T hasta S449T cubierta.

- Capacidad de velocidad ajustable

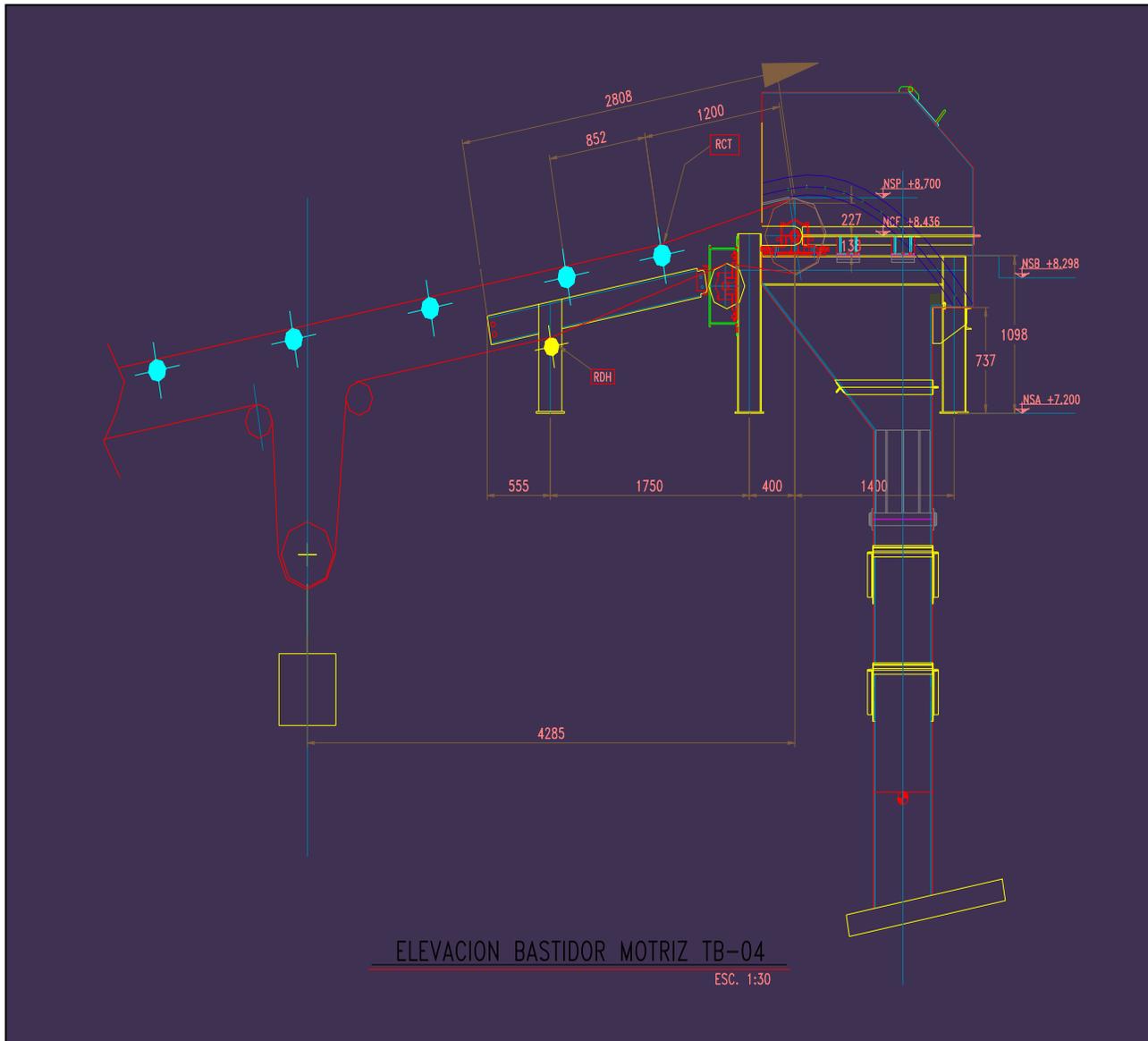
**Tabla 4.6 Capacidad de Velocidad ajustable Motor SIEMENS SD.**

VT 20:1	FS 140-440
CT 4:1	FS 140-440
CT 10:1	FS 140-220 (Cu)

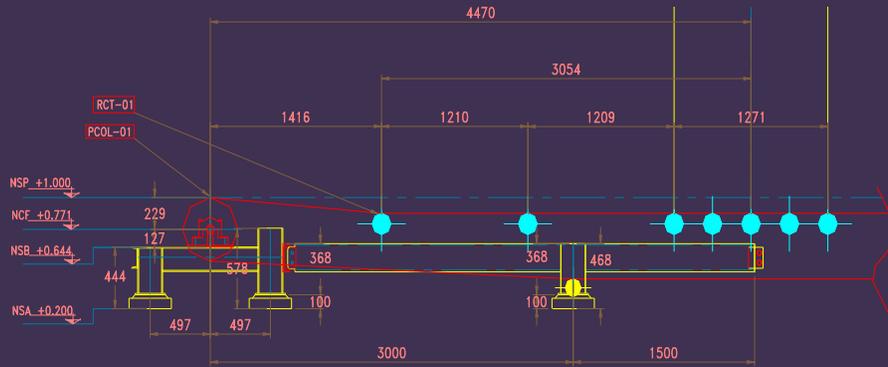
<sup>(7)</sup>National Electrical Manufacturers Association su significado en español es Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.

#### 4.5 PLANOS DE CONJUNTO DEL TRANSPORTADOR DE CINTA TB-04.

- Todas las cotas son en mm.
- Los niveles son en metros.
- Las cotas rigen el plano.
- Niveles en metros.



Plano 4.1 nivel de la polea motriz



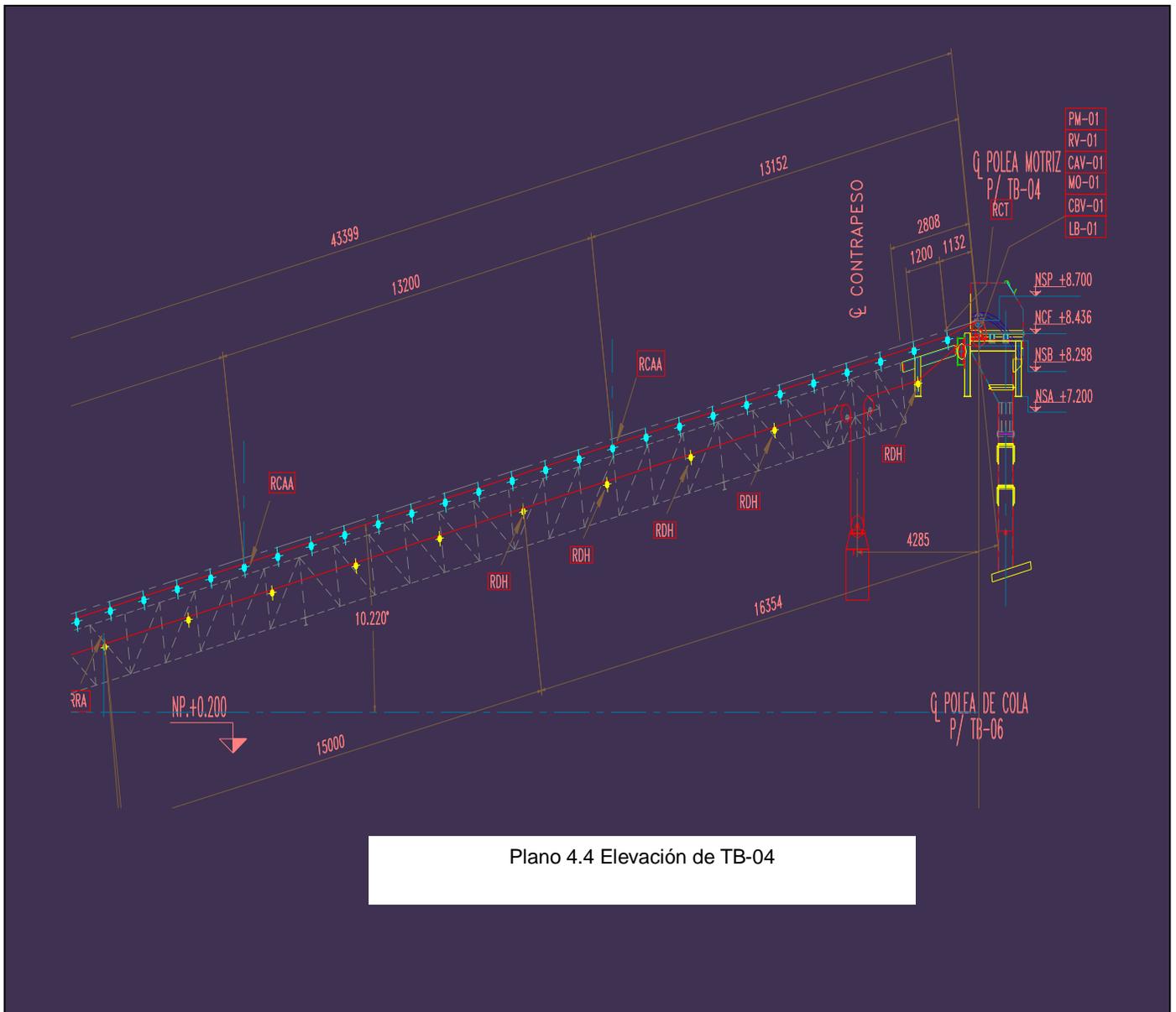
Plano 4.2 Elevación de Polea de Cola.

ESC. 1:30



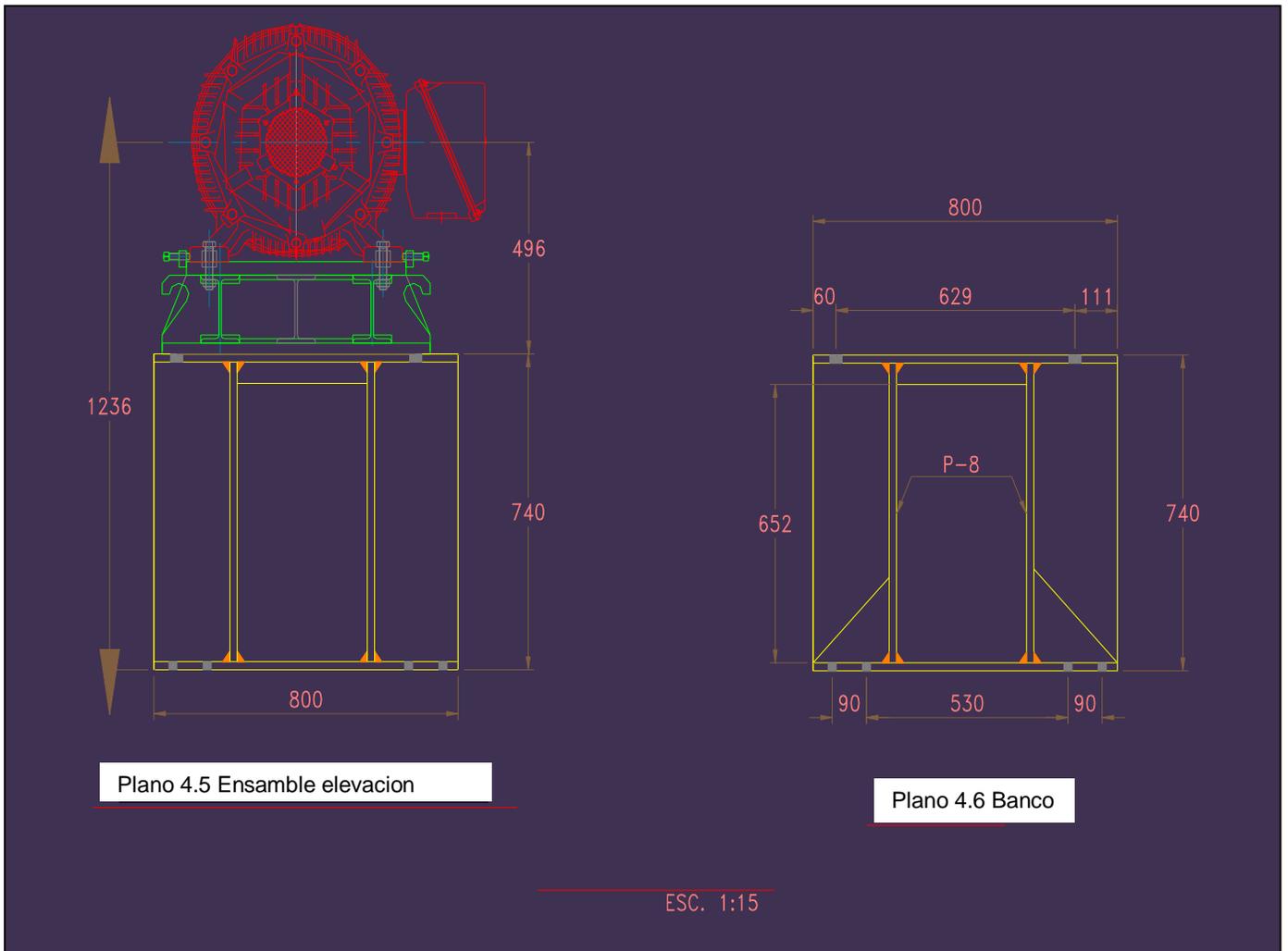
Plano 4.3 Elevación y Longitud de TB-04

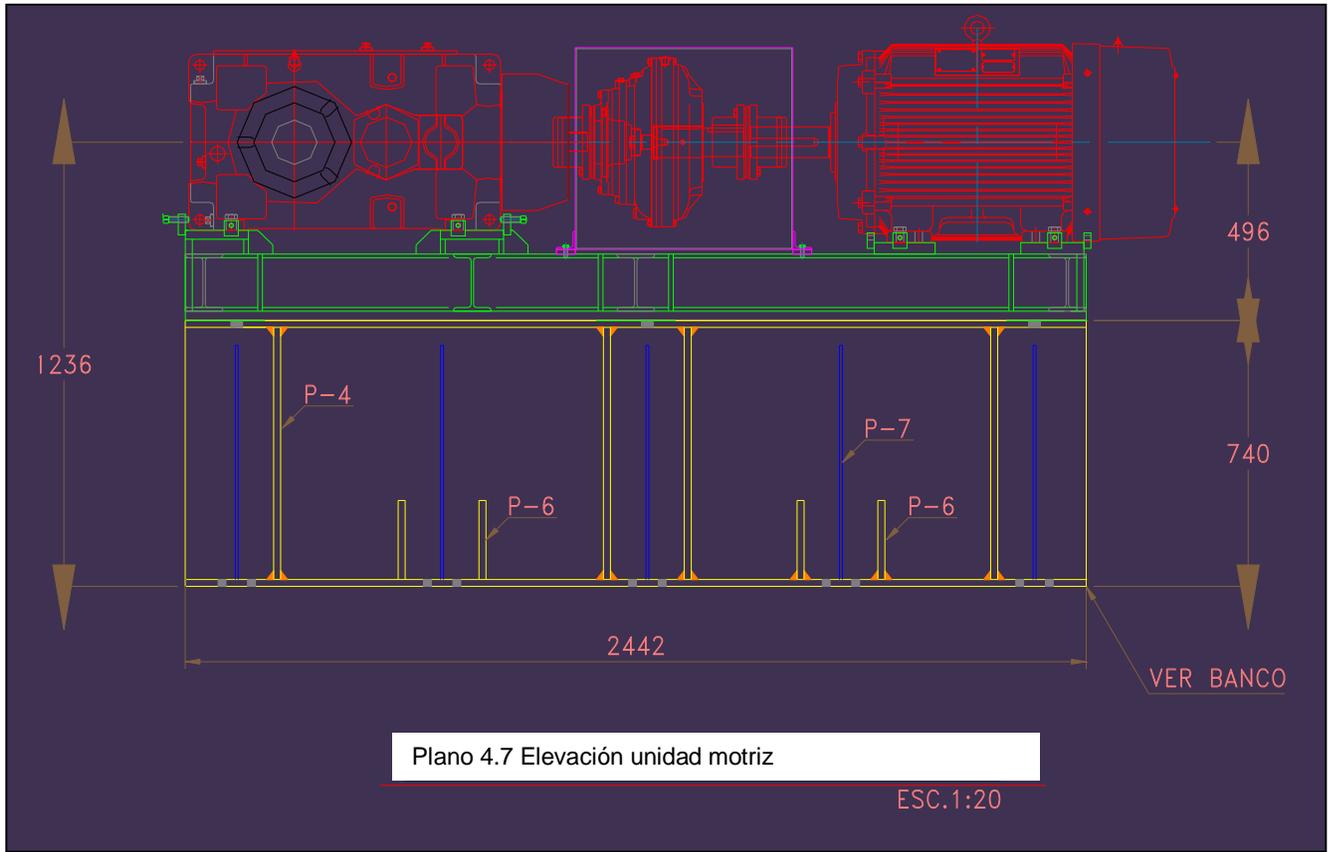
ESC. 1:100

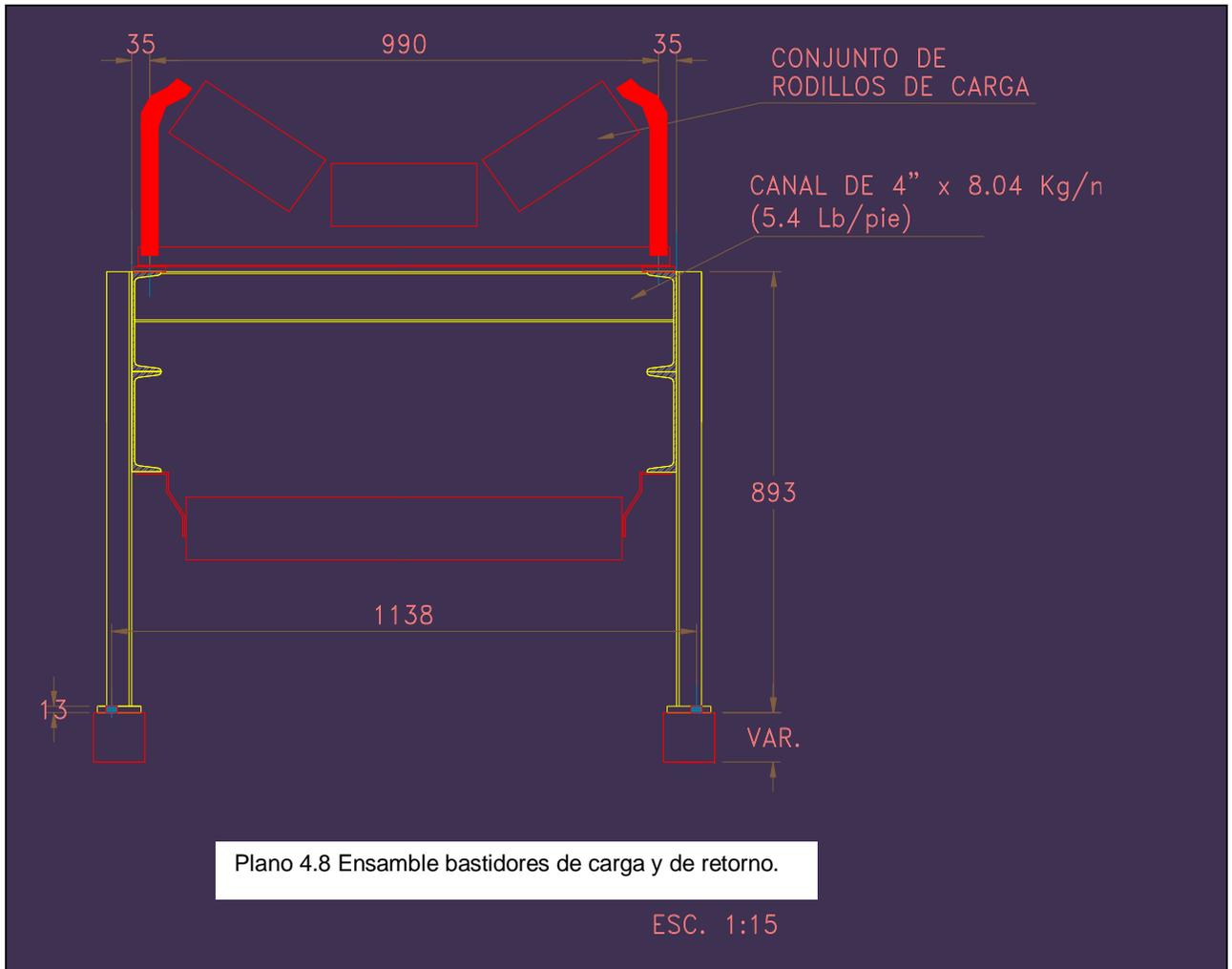


Plano 4.4 Elevación de TB-04

- Todas las cotas son en mm.
- Las cotas rigen los planos.







**Nota 1:** Cuando el peso de la cinta no es conocido se puede usar un estimado promedio tabla 3.2 (ver anexo de tablas pág. 137).

**Nota 2:** Los datos con los que se ingresa a las gráficas está representado con en color verde y los resultados obtenidos a partir de las mismas están dados en color azul.

**Nota 3:** La tabla de pesos incorporada en la gráfica 3.3 (ver anexo de tablas pág. 150) es representativa de los pesos promedios de las partes rotativas del bastidor y los pesos de la correa estimados, listados en la tabla 3.2 (ver anexo de tablas pág. 137). Cuando se tienen los pesos reales, estos deben usarse en la solución gráfica.

**Nota 4:** La fórmula 3(ver pág. 50) se tomo de la página 79 del manual CEMA, la cual se refiere al factor por fricción del bastidor de carga y de retorno “Kx”.

**Nota 5:** La fórmula 4 (ver pág. 51) se tomo de la página 84 del manual CEMA, la cual se refiere al factor de resistencia de la cinta y la carga a flectar mientras se mueven sobre los bastidores “Ky”.

**Nota 6:** La fórmula para obtener “Tx” se tomo de la página 88 del manual CEMA la cual se refiere a la resistencia friccional de los bastidores de carga y de retorno (libras).

# CAPÍTULO V ANÁLISIS Y PROPUESTAS

Los capítulos anteriores de la presente tesis nos han proporcionado información en el ámbito ingenieril para realizar un prototipo analítico correcto de un transportador de cinta para que se tenga una apropiada aplicación en el campo, así como elegir también un elevado estándar de calidad que satisfaga los requerimientos y expectativas pedidas para lograr que la instalación del transportador de cinta cumpla su cometido, en la sección 5.1 se indica cómo debe de llevarse el montaje de manera correcta de los componentes de un conveyor de cinta.

En la siguiente sección 5.2 se explica cómo se debe dar funcionamiento de la cinta transportadora aquí cabe señalar que dependiendo del número de cintas va a ser el número de personas para que se lleve a cabo el funcionamiento de las mismas, sin embargo; es importante resaltar que este número siempre es menor que si se realiza la misma función por medio de camiones, en las instalaciones medianas o pequeñas suelen ser suficientes 1 ó 2 personas, una de ellas situada en el cuarto de control y la otra haciendo una inspección de la instalación mediante recorridos la cual también se puede auxiliar mediante otros dispositivos como los son cámaras o sensores.

Deben existir programas de aprendizaje para el personal con el objeto de que cada persona sepa las responsabilidades con las que debe cumplir de preferencia debe existir un manual de mantenimiento el cual se explica en la sección 5.3

Por último pero no menos importante es la seguridad de las personas la cual se explica en la sección 5.4 de la presente tesis.

Todo ello con el único fin de adquirir un rendimiento óptimo evitando costos innecesarios por consiguiente es de poner atención, darle importancia y considerar lo que se explica a continuación.

## 5.1 PROPUESTAS PARA EL MONTAJE.

En el manual CEMA no se considera un procedimiento para el montaje de cinta, el cual consideramos es indispensable conocerlo para evitar un mal funcionamiento de la misma durante su trayecto de recorrido en los diferentes elementos que componen el conveyor, nuestra propuesta para el montaje la describimos a continuación:

El primer paso para llevar a cabo el montaje es comprobar las superficies de asiento así como todos los puntos de anclaje se encuentren acorde a lo establecido en los planos de obra civil, revisando los factores como los diversos niveles, la posición relativa de las alineaciones en planta y posición de los anclajes, una vez inspeccionado lo anterior y corrigiendo los posibles defectos el siguiente paso es el montaje como fijación de cada uno de los componentes de la cinta a continuación se indicaran los requisitos a cumplir:

- Poleas motrices.- La polea motriz debe tener su eje de giro horizontal y perpendicular al eje del bastidor de la cinta, comprobando que tanto el motor como el reductor de velocidad giren con facilidad, así como también este último este en el nivel óptimo con la cantidad y calidad requeridas de aceite, comprobando también que el resto de los componente se encuentren montados correctamente.
- Poleas de reenvió.- Al igual que en la polea motriz se comprueba la posición del eje del tambor.
- Tensoras de contrapeso.- Después de que se encuentran fijadas se comprueba la posición de los ejes como lo es paralelismo, horizontalidad y perpendicularidad al eje de la cinta.
- Bastidor de cinta y soportes de rodillos.- Es importante que el bastidor se encuentre situado paralelo al eje de la cinta, con el objetivo de que los ejes de los soportes de los rodillos estén situados sobre el eje antes mencionado, continuando posteriormente con la sujeción mecánica mediante tornillos de los soportes montando sobre ellos los rodillos correspondientes.

- Montaje y vulcanizado de la cinta.- Es preciso elegir el punto en donde se llevan a cabo los empalmes de cintas de tamaño medianas a grandes, así como también en qué lugar se colocaran las bobinas donde esta enrollada, es importante que el vulcanizado no provoque faltas de alineación entre los extremos de cinta empalmados.
- Montaje de los tolvinos de transferencia y guías de carga.- Una vez montada la banda se lleva a cabo el ensamble de los tolvinos de transferencia y guías de carga teniendo un cuidado particular en las gomas de cierre para que cuenten con una holgura adecuada respecto a la cinta evitando de esta forma roces inadecuados; la posición de los tolvinos de descarga deben estar centrados respecto a las guías de carga.

## 5.2 ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE OPERACIÓN O FUNCIONAMIENTO.

Previo al funcionamiento y una vez montado nuestro conveyor es importante realizar unas pruebas para evitar un mal funcionamiento de la cinta transportadoras una vez que analizamos las propuestas señaladas durante esta etapa crítica CEMA menciona que es ventajoso ofrecer un programa de instrucción y discusión para todo el personal involucrado en la operación o funcionamiento de la cinta transportadora, tales programas deberán ser repetidos con la frecuencia suficiente de tal modo que el personal involucrado se encuentre capacitado y pueda estar al día con los conocimientos y políticas nuevas que se tengan que aplicar.

La propuesta para llevar a cabo un funcionamiento eficiente de la cinta por nuestra parte es la siguiente:

- **Pruebas en vacío.**- Una vez que se llevo a cabo el montaje de la cinta es conveniente realizar pruebas de la cinta sin carga o en vacío, previa supervisión de que no falte ningún elemento a ser instalado, enseguida limpiar todos los restos de montaje, asegurando que las conexiones del motor eléctrico se encuentren

bien realizadas, una vez efectuado estos procesos se lleva a cabo la prueba de la cinta situando dos personas al menos una en cabeza y otra en cola de la cinta, una vez puesta en marcha se observan los siguientes puntos:

- a) Centrado de la cinta.
- b) Detectar ruidos anormales (en mecanismos motrices y rodillos).
- c) Comprobar que no existen vibraciones en punto alguno de la cinta.

Estas pruebas deben realizarse también con carga en la cinta checando los puntos mencionados anteriormente.

- **Centrado de la cinta.-** Si se han tomado en cuenta las consideraciones de montaje de la cinta existe poca probabilidad de que se descentre, pero si existe este problema una vez que se encuentre centrada se debe tener en marcha al vacío por lo menos 1 hora, se tiene que medir el consumo para comprobar la existencia de rozamientos anormales.
- **Ruido y vibraciones.-** Se investiga el origen de los mismos y se eliminan, finalmente se comprueba el funcionamiento de los interruptores de desvío de la cinta y de los de seguridad (de tirón).
- **Pruebas de carga.-** Es recomendable llevar a cabo una prueba de carga de la cinta con su capacidad al 50% y otra al 100%, adicionalmente a los puntos a tener en cuenta en la prueba de vacío se deben considerar lo siguiente:
  - a) Estanqueidad de material en las guías de carga.
  - b) Centrado del material en las transferencias.
  - c) Comportamiento de la cinta cuando tenga curvas cóncavas o convexas.
  - d) Comprobar eficacia de los rascadores.
  - e) Observar los posibles derrames de material y corregirlos.
  - f) Adherencia del material a los rodillos inferiores como consecuencia de una mala limpieza de la cinta.

g) Observar que sucede en los tolvinos de caída.

Una vez terminadas las pruebas de forma satisfactoria se deben llenar los protocolos de prueba que deben ser firmados por los inspectores de la constructora de la instalación y el cliente.

Como lo menciona CEMA deben existir programas de aprendizaje para el personal con el objetivo de que cada persona cumpla con las funciones que le corresponden y de ser posible se debe contar con un manual de mantenimiento.

### **5.3 ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO.**

Una vez efectuado el montaje y la puesta en marcha de la cinta transportadora resulta necesario hacer un análisis del mantenimiento que se indica en el CEMA sin embargo, es importante realizar propuestas para la mejora del mismo y con el objetivo que se lleve a cabo un mantenimiento adecuado para aumentar la vida útil de la cinta transportadora:

Mantenimiento como lo indica CEMA:

Un buen programa de lubricación en puntos donde es requerido es esencial para costos de mantenimiento bajo y una confiable operación, la expectativa de vida útil de cada uno de los componentes se pueden aumentar siempre y cuando se sigan las recomendaciones de los distintos fabricantes, para optimizar la confiabilidad como productividad del conveyor y reducir los costos de mantenimiento es ventajoso tener un stock de cierta clase de partes a reparar, un programa de mantenimiento bien desarrollado proporciona la ubicación para una reparación de emergencia de los equipos eléctricos y/o mecánicos con el listado de las partes y planos apropiados.

El uso en transportadores modernos de sistemas complejos como controladores programables, computadoras, y controles de estado sólido entre otros sistemas de automatización aunque estos equipos sean altamente duraderos el mantenimiento y servicio apropiado puede ser cubierto solamente por especialistas en ese campo.

La propuesta por nuestra parte para la mejora del mantenimiento de una cinta transportadora es la siguiente:

Primero debe tener en cuenta un mantenimiento sistemático, que es aquel en el cual se van a corregir las anomalías que se presentan en el funcionamiento diario de la instalación, teniendo presente que la cinta es la más expuesta al desgaste de todos los componentes y posiblemente el elemento más caro, por tal razón es natural que se le dedique mayor atención.

Segundo es un mantenimiento preventivo, que es el que se realiza periódicamente y se tienen que llevar a cabo funciones programadas de antemano como es el caso de engrase, observación de rodamientos, pruebas de tensión, entre otras.

En las siguientes tablas se indican respectivamente los desperfectos y comportamiento de la cinta, así como de sus componentes y los puntos críticos a los que se debe prestar atención.

**Tabla 5.1 Desperfectos y comportamiento de la cinta**

<b>Desperfectos de cinta</b>	<b>Comportamiento de cinta</b>
Desgaste cara superior	Desvió de cabeza
Desgaste cara inferior	Desvió de cola
Grietas o rayas en cara superior	Banda centrada en vacío; se desplaza con carga
Desgarraduras longitudinales totales o parciales	Banda se desplaza en un punto de la cinta
Desgaste excesivo en los bordes	Zona de la banda se desplaza lateralmente en todos los puntos de su recorrido
Separación del empalme vulcanizado	Banda se desplaza ciertos días
Roturas transversales en las proximidades del empalme (bandas engrapadas)	
Grapas arrancadas	

**Tabla 5.2 Componentes y puntos a vigilar**

<b>Componente</b>	<b>Puntos a vigilar</b>
Poleas	-Recubrimiento de goma. -Material pegado a la periferia. -Cojinetes.
Rodillos	-Cojinetes. -Posición del rodillo en su soporte. -Material pegado a la periferia. -Giro del rodillo.
Motor	-Calentamiento. -Ruido.
Acoplamientos elásticos	-Estado general dependiendo del tipo.
Acoplamientos fluidos	-Pérdida de aceite.
Dispositivos de limpieza	-Comprobar eficacia.
Elementos de seguridad	-Comprobar funcionamiento.
Reductores	-Calentamiento. -Ruido. -Nivel de aceite.
En general	-Detectar acumulación de material debajo del ramal de retorno.

#### **5.4 PROPUESTA DE SEGURIDAD DE PERSONAL.**

En la actualidad se tiene que poner atención a la prevención de accidentes, inclusive se han desarrollado normas a nivel nacional como internacional en este tema, es por esta razón que todas las cintas transportadoras junto con sus elementos se diseñan de tal modo que se evite que las personas entren en contacto con las partes móviles de las mismas ya sea voluntaria e involuntariamente, razón por la cual una instalación de cintas transportadoras se han convertido en un medio seguro para transportes a granel por el bajo riesgo de accidentes que existe en comparación con cualquier otro medio de transporte de materiales.

A continuación se mencionan desde una perspectiva general los puntos que se deben tomar en cuenta para tener una máxima seguridad en una instalación de cintas transportadoras:

- Se debe verificar y supervisar la instalación de acuerdo a lo indicado en las normas de seguridad vigentes.
- Llevar a cabo revisiones periódicas para tener una garantía de que las normas previamente dichas se realizaron adecuadamente.
- Concientizar y garantizar que el personal no tenga acceso a las zonas donde exista riesgo de derrame de material.
- Cuando el personal se encuentre dentro de la instalación debe tener puesto su equipo de seguridad como lo es su casco, botas, lentes de seguridad, entre otros.
- Se debe tener una iluminación adecuada en la instalación.
- Las barandillas, pisos y escaleras deben estar en perfectas condiciones.
- El personal de mantenimiento debe tener conocimiento de la normatividad y se les debe exigir su cumplimiento.

## CONCLUSIÓN

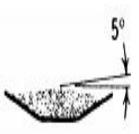
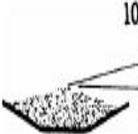
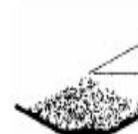
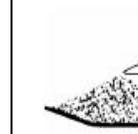
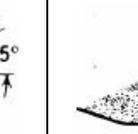
En la presente tesis se cumplió el objetivo general, en donde se desarrollo el prototipo analítico en base a los métodos gráfico y analítico contenidos en el manual CEMA, cubriendo con esto el requerimiento de abastecimiento incrementando la capacidad de la cinta en un 20%, es decir, 1200 toneladas/hora para evitar exceder la capacidad en el almacén.

Dentro de los objetivos específicos para alcanzarlos en su totalidad se hizo uso de gráficas, tablas y formulas contenidas en CEMA para llevar a cabo los dos métodos previamente mencionados, se obtuvieron los resultados esperados en base a los datos proporcionados en la tabla de datos generales para el desarrollo del prototipo analítico del transportador de cinta TB-04, y a partir de ellos se obtuvieron las tensiones, los Hp's y tipo de cinta adecuados para este conveyer.

Se investigaron y analizaron las soluciones que proponen los fabricantes de cintas y motores que cubren satisfactoriamente los requerimientos de la cinta de acuerdo a lo obtenido en el prototipo analítico.

Con los análisis y propuestas de montaje, funcionamiento, mantenimiento y seguridad de personal se logra que la Cinta TB-04 se opere de manera adecuada incrementando así su vida útil y evitar accidentes laborales.

TABLA 2.1.- FLUIDEZ – ÁNGULO DE CARGA – ÁNGULO DE REPOSO

Gran fluidez 1*	Elevada fluidez 2*	Fluidez normal 3*		Baja fluidez 4*
5° Ángulo de sobrecarga	10° Ángulo de sobrecarga	20° Ángulo de sobrecarga	25° Ángulo de sobrecarga	30° Ángulo de sobrecarga
				
0° –19° Ángulo de reposo	20° –29° Ángulo de reposo	30° –34° Ángulo de reposo	35° –39° Ángulo de reposo	40° < mayor Ángulo de reposo
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL				
Tamaño uniforme, partícula muy pequeña y redondeada, también muy húmedas o muy secas como lo son la arena sílica, cemento, hormigón húmedo, etc.	Redondeadas, partículas pulidas secas, de peso medio, como pueden ser granos y semillas.	Irregular, granular o materiales grumosos de mediano peso, como por ejemplo, antracita, harina de semilla de algodón, arcilla, etc.	Materiales comunes como hulla bituminosa, piedra, la mayoría de los minerales, etc.	Irregular, fibrosos, materiales de enclavamiento como viruta de madera, bagazo, arena de fundición, etc.

Elaboración y traducción propia basada en el manual CEMA.

TABLA 2.2 DE PARA DESIGNACIÓN DE CÓDIGO DE LOS MATERIALES A GRANEL

	Características de los materiales	Código
Tamaño	Muy fino – 100 estructura o menor.	A
	Fino – $\frac{1}{8}$ de pulgada o menor.	B
	Granular – Por debajo de $\frac{1}{2}$ pulgada.	C
	Grumoso – contiene grumos cerca de $\frac{1}{2}$ pulgada.	D
	Irregular – fibroso, de enclavamiento, esteras juntas.	E
Ángulo de fluidez y reposo	De gran fluidez 1* - ángulo de reposo menor a $19^{\circ}$ .	1
	Elevada fluidez 2* - ángulo de reposo de $20^{\circ}$ a $29^{\circ}$ .	2
	Mediana fluidez 3* - ángulo de reposo de $30^{\circ}$ a $39^{\circ}$ .	3
	Baja fluidez 4* - ángulo de reposo de $40^{\circ}$ y mayores.	4
Abrasivos	No abrasivos.	5
	Abrasivos.	6
	Muy abrasivos.	7
	Fuerte abrasión – corta o partículas con bisel en una forma cóncava o convexa.	8
Diversas características (Algunas de estas características pueden ser aplicadas).	Muy polvoso.	L
	Aerosas y desarrollan características de fluido.	M
	Contienen polvo explosivo.	N
	Contaminantes, afectan uso o comerciables.	P
	Degradables, afectan uso o comerciales.	Q
	Emite vapor, humo o polvo nocivo.	R
	Altamente corrosivo.	S
	Medianamente corrosivo.	T
	Higroscópico.	U
	Enclavamiento o estera.	V
	Aceites o químicos presentes – pueden afectar la cubierta de la cinta.	W
	Envases bajo presión.	X
	Muy ligero y esponjoso – puede ser llevado por el viento.	Y
Temperatura elevada.	Z	

Elaboración y traducción propia basada en el manual CEMA.

TABLA 2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MINERALES A TRANSPORTAR.

Material	Estado y tamaño (mm)	Peso específico (T/m <sup>3</sup> )	Ángulos		Fluidez	Otras Propiedades
			Reposo	Inclin. Máx. en cinta		
Aluminio	Virutas	0.11-0.25	45°	-	Mala	Abrasivo
Alumbre terrones	3-75	0.8-1.0	27°	27°	Normal	No Abrasivo
Alumbre polvo	3	0.7-0.8	30°-45°	35°	Normal	No Abrasivo
Amianto desmenuzado	-	0.3-0.4	45°-48°	22°	Mala	Abrasivo
Amianto roca o mineral	-	1.2-1.3	30°-45°	18°	Mucha	Muy abrasivo
Azufre polvo	3	0.8-1.0	-	21°	Mucha	No abrasivo, oleoso e inflamable
Azufre triturado	10	0.8-1.0	-	20°	Mucha	No abrasivo, inflamable
Azufre	150	1.3-1.4	-	18°	Mucha	No abrasivo
Bauxita todo uno	-	1.3-1.5	31°	17°	Normal	Muy abrasiva
Bauxita triturada	75	1.2-1.4	30°-45°	20°	Normal	Muy abrasiva
Bauxita seca	Molida	1.0-1.1	20°-30°	20°	Buena	Abrasiva
Barita	3	1.8-2.1	35°	15°	Buena	Abrasiva
Barita	3-10	2.1-2.3	30°	-	Buena	Abrasiva
Barita	10-75	2.2-2.3	30°	-	Buena	Abrasiva
Barita	75-150	2.3-2.4	-	-	Normal	Abrasiva
Bicarbonato	Sódico	0.65	42°	23°	Mala	No abrasivo
Bórax	3	0.7-1.0	30°-45°	20°-22°	Normal	Abrasivo
Bórax	3-10	0.9-1.0	30°-45°	18°-20°	Normal	Abrasivo
Bórax	10-75	0.9-1.0	30°-45°	18°	Normal	Abrasivo
Bórax	75-150	1.0-1.1	40°	18°	Normal	Abrasivo
Cloruro Amónico, cristalizado	-	0.7-0.8	10°	10°	Mucha	No abrasivo, muy corrosivo
Cloruro de cal	-	1.25	-	18°-20°	-	-
Carbonato	-	1.1	33°	-	-	-
Cloruro potásico	1.1-1.3	-	-	-	-	-
Cobre mineral	75	1.9-2.4	30°-45°	20°	Normal	Muy abrasivo
Cobre	Mineral triturado	1.6-2.4	-	20°	Normal	Muy abrasivo
Cobre	Pirras	2.0-2.5	-	-	-	-
Cromita mineral de cromo	2.0-2.3		30°-45°	17°	-	-
Esmeril	-	3.7	20°-29°	-		
Espato Flúor	Solido	3.2	45°	-		
Espato Flúor	50-75	1.7-1.9	45°	-		
Espato Flúor	40-50	1.6-1.8	45°	-		
Espato Flúor	10-150	1.8-2.0	-	-	Mala	abrasiva
Espato Flúor	10	1.4-1.7	45°	20°	mala	abrasiva
Estaño (mineral, karang)	-	1.9	-	-		
Feldespatos	Arena	1.5	30°-45°	17°	Normal o mala	Muy abrasivo
Feldespatos	Cribado 3-10	1.1-1.4	38°	18°	Normal	Muy abrasivo
Feldespatos	Trozos 10-75	1.4-1.5	34°	17°	Normal	Muy abrasivo
Feldespatos	Trozos 75-150	1.5-1.6	-	-	Normal	normal
Ferro-silicio	-	1.6-2.0	-	-		
Fluorita	Polvo	1.5	-	-		

Fosfato bicalcio	-	0.6	-	-		
Fosfato natural	Guijarros sueltos	1.4	30°-45°	-		
Fosfato de roca	Guijarros húmedos	1.6	30°-45°	-		
Fosfato de roca	Triturado Seco	1.2	35°	-		
Fosfato de roca	Triturado húmedo	1.35	35°	-		
Grafito mineral	-	1.0-1.2	30°-45°	-		
Hierro (mineral partido)	Depende %Fe	1.6-3.2	35°	18°-20°	Normal	abrasivo
Hierro	Pellets	2.5-2.9	20°	12°	muchas	abrasivo
Hierro piritas	Solido	4.0	-	-		
Hierro piritas	50-75	2.1-2.3	20°-29°	-		Algo corrosivo
Hierro piritas	40-50	2.1-2.2	30°-40°	-		
Hierro piritas	Cribado 12	1.9-2.2	30°-40°	-		
Hierro piritas	Finos	1.7-1.9	30°-40°	-		
Magnesita	Polvos	1.3	-	-		
Magnesita oxido	-	1.9	25°	-		
Manganeso	Mineral	2.0-2.2	39°	20°	normal	Muy abrasivo
Magnesio	Sulfato	1.1	-	16°		
Mica Molida	-	0.2-0.25	34°	23°	normal	Abrasiva, polvo
Mica escamas	-	0.3-0.35	-	8°		
Molibdeno	Mineral	1.7	40°	-		
Mortero húmedo	-	2.4	-	20°	normal	
Pasta sodenberg	-	1.6	-	-		
Piedra arenisca	10-75	1.3-1.5	40°	18°	normal	Muy abrasiva
Pizarra triturada	10	1.3-1.5	28°	15°		abrasiva
Piritas mineral	-	2.4-4.3	-	30°-40°		
Plomo mineral	Galena 3	3.2-4.3	30°	15°		abrasivo
Plomo oxido	3	1.0-2.4	-	15°	Normal	No abrasivo
Plomo sulfato	-	1.6	45°	33°		
Plombagina	-	1.4	-	-		
Pólvora	-	1.0	-	-		
Sal común seca	Gruesa	0.7-0.9	-	18°-20°	Normal	Abrasivo y algo corrosiva
Sal común seca	Fina	1.1-1.3	25°	11°	buena	Abrasivo y algo corrosiva
Sal marina	-	1.0	40°	20°		corrosiva
Scheelita mineral	-	2.8-3.0	-	-		
Sinter de hierro	-	1.6-2.0	37°	18°		
Sinter de plomo	-	2.9	40°	18°		
Sosa caustica	-	1.4	29°-43°	-		
Sulfato de sodio	3	1.0-1.4	36°	21°	buena	corrosiva
Talco fino	-	0.7-0.8	-	12°	buena	polvoriento
Talco Polvo	-	0.8-1.0	-	-	buena	polvoriento
Talco Cribado	10	1.0-1.4	20°-29°	-	buena	No abrasivo
Talco cribado	10-75	1.4-1.5	20°-29°	-	buena	No abrasivo
Tierra arcillosa	Seca	1.2-1.3	35°	20°	normal	No abrasivo
Tierra arcillosa	Húmeda	1.7-1.8	45°	22°	Mala	No abrasivo
Vermiculita	Mineral 75	1.1-1.3	-	20°	Normal	abrasiva
Vermiculita	Expandida	0.25	45°	23°	Normal	No abrasiva
Yeso	3	1.0-1.2	40°-45°	20°	Normal	abrasivo
Yeso	3-10	1.1-1.2	40°-45°	20°	Normal	abrasivo
Yeso	10-75	1.2-1.3	40°-45°	18°	Normal	abrasivo
Yeso	75-150	1.3-1.4	45°	18°	Normal	abrasivo
Zinc mineral	Triturado	2.4-2.6	38°	22°		
Zinc concentrado	-	1.2-1.3	-	-	Normal	abrasivo
Zinc mineral	tostado	1.8	38°	25°	Normal	No abrasivo

**Tabla 3.2 peso promedio estimado de la cinta,**  
Cintas de Múltiples y reducidos pliegues (lbs/ft)

Espesor de cinta "b" (pulgadas)	Material transportado (lb/ft <sup>3</sup> )		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4	4.5
24	4.5	5.5	6
30	6	7	8
36	9	10	12
42	11	12	14
48	14	15	17
54	16	17	19
70	18	20	22
72	21	24	26
84	25	30	33
96	30	35	38

1. Para cintas con cable de acero se incrementa el valor 50%
2. Los pesos actuales de cintas varían de acuerdo a su construcción, fabricante, cubierta, entre otros factores. Los valores de la tabla son estimados se recomienda obtener los valores exactos del fabricante de cintas siempre que sea posible.

Tabla 3.3 valor del factor Ky

Longitud del conveyor (pies)	$W_b+W_m$ (libras por pie)	Porcentaje de la pendiente						
		0	3	6	9	12	24	33
		Grados Aproximados						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
400	20	0.035	0.034	0.032	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029	0.026	0.025
	75	0.034	0.033	0.030	0.029	0.028	0.024	0.021
	100	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.022	0.019
	150	0.035	0.034	0.031	0.028	0.027	0.019	0.016
	200	0.035	0.035	0.033	0.030	0.027	0.016	0.014
500	20	0.035	0.033	0.031	0.030	0.030	0.030	0.030
	50	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.024	0.023
	75	0.033	0.032	0.029	0.027	0.027	0.021	0.019
	100	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.019	0.016
	150	0.035	0.033	0.030	0.027	0.024	0.016	0.016
	200	0.035	0.035	0.030	0.027	0.023	0.016	0.016
600	20	0.035	0.032	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.033	0.030	0.029	0.027	0.026	0.023	0.021
	75	0.032	0.030	0.028	0.026	0.024	0.020	0.016
	100	0.032	0.030	0.027	0.025	0.022	0.016	0.016
	150	0.035	0.031	0.026	0.024	0.019	0.016	0.016
	200	0.035	0.031	0.026	0.021	0.017	0.016	0.016
800	20	0.035	0.031	0.030	0.029	0.029	0.029	0.029
	50	0.032	0.029	0.028	0.026	0.025	0.021	0.018
	75	0.031	0.029	0.026	0.024	0.022	0.016	0.016
	100	0.031	0.028	0.025	0.022	0.020	0.016	0.016
	150	0.034	0.028	0.023	0.019	0.017	0.016	0.016
	200	0.035	0.027	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016
300	250	0.035	0.026	0.020	0.017	0.016	0.016	0.016
	300	0.035	0.025	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018

Espacio de bastidor: los valores anteriores de Ky está basado en el siguiente espacio de bastidor (para otro espacio ver la tabla 6-3):

$W_b+W_m$ lbs. por pie	$S_i$ , ft	$W_b+W_m$ lbs. por pie	$S_i$ , ft
Menor a 50	4.5	100 a 149	3.5
50 a 99	4.0	150 en adelante	3.0

Tabla 3.3 continuación

Longitud del conveyor (pies)	$W_b+W_m$ (libras por pie)	Porcentaje de la pendiente						
		0	3	6	9	12	24	33
		Grados Aproximados						
		0	2	3.5	5	7	14	18
1000	50	0.031	0.028	0.026	0.024	0.023	0.019	0.016
	75	0.030	0.027	0.024	0.022	0.019	0.016	0.016
	100	0.030	0.026	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016
	150	0.033	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.032	0.023	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.033	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
1400	50	0.029	0.026	0.024	0.022	0.021	0.016	0.016
	75	0.028	0.024	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016
	100	0.028	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.029	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.030	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.030	0.020	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
2000	50	0.027	0.024	0.022	0.020	0.018	0.016	0.016
	75	0.026	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.025	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.026	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.023	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
2400	50	0.026	0.023	0.021	0.018	0.017	0.016	0.016
	75	0.025	0.021	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
3000	50	0.024	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016	0.016
	75	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.022	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.018	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016

Espacio de bastidor: los valores anteriores de  $K_y$  está basado en el siguiente espacio de bastidor (para otro espacio ver la tabla 6-3):

$W_b+W_m$ lbs. por pie	$S_i$ , ft	$W_b+W_m$ lbs. por pie	$S_i$ , ft
Menor a 50	4.5	100 a 149	3.5
50 a 99	4.0	150 en adelante	3.0

**Tabla 3.4 Corrección del factor Ky cuando otra distribución es requerida en los bastidores de transporte**

W <sub>b</sub> +W <sub>m</sub> (lbs. por pie)	S <sub>i</sub> (ft)	Valor de referencia Ky para interpolación									
		0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
50	3.0	0.016	0.016	0.016	0.0168	0.0183	0.0197	0.0212	0.0227	0.0242	0.0257
	3.5	0.016	0.0160	0.0169	0.0189	0.0207	0.0224	0.0241	0.0257	0.0274	0.0291
	4.0	0.016	0.0165	0.0182	0.0204	0.0223	0.0241	0.0259	0.0278	0.0297	0.0316
	4.5	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	5.0	0.0174	0.0195	0.0213	0.0236	0.0254	0.0273	0.0291	0.031	0.0329	0.0348
100	3.0	0.016	0.0165	0.0185	0.0205	0.0222	0.024	0.0262	0.0281	0.030	0.0321
	3.5	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	4.0	0.0175	0.0193	0.0214	0.0235	0.0253	0.0272	0.0297	0.0316	0.033	0.035
	4.5	0.0184	0.021	0.0230	0.0253	0.027	0.029	0.0315	0.0335	0.0346	0.035
	5.0	0.0203	0.0225	0.0249	0.027	0.0286	0.0306	0.033	0.035	0.035	0.035
150	3.0	0.016	0.0164	0.0186	0.0205	0.0228	0.0246	0.0267	0.0285	0.0307	0.0329
	3.5	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	4.0	0.0175	0.0197	0.213	0.0234	0.0253	0.0277	0.0295	0.0312	0.033	0.035
	4.5	0.0188	0.0213	0.0232	0.0253	0.0273	0.0295	0.0314	0.033	0.0346	0.035
	5.0	0.0201	0.0228	0.0250	0.0271	0.0296	0.0316	0.0334	0.035	0.035	0.035
200	3.0	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	3.5	0.0172	0.0195	0.0215	0.0235	0.0255	0.0271	0.0289	0.031	0.0333	0.0345
	4.0	0.0187	0.0213	0.0235	0.0252	0.0267	0.0283	0.0303	0.0325	0.0347	0.035
	4.5	0.0209	0.023	0.0253	0.0274	0.0289	0.0305	0.0323	0.0345	0.035	0.035
	5.0	0.0225	0.0248	0.0272	0.0293	0.0311	0.0328	0.0348	0.035	0.035	0.035
250	3.0	0.016	0.018	0.02	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034
	3.5	0.0177	0.0199	0.0216	0.0235	0.0256	0.0278	0.0295	0.031	0.0327	0.0349
	4.0	0.0192	0.0216	0.0236	0.0256	0.0274	0.0291	0.0305	0.0322	0.0339	0.035
	4.5	0.021	0.0234	0.0253	0.0276	0.0298	0.0317	0.0331	0.0347	0.035	0.035
	5.0	0.0227	0.0252	0.0274	0.0298	0.0319	0.0338	0.035	0.035	0.035	0.035

Tabla 3.5 Variables A y B de la fórmula

$$k_y = [(W_m + W_b)(A)(10^{-4})] + [(B)(10^{-2})]$$

Tensión promedio de la cinta (lbs)	Espacio entre bastidores (ft)									
	3.0		3.5		4.0		4.5		5.0	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1,000	2.1500	1.565	2.1955	1.925	2.2000	2.250	2.2062	2.584	2.1750	2.910
2,000	1.8471	1.345	1.6647	1.744	1.6156	1.982	1.5643	2.197	1.5429	2.331
3,000	1.6286	1.237	1.4667	1.593	1.4325	1.799	1.4194	1.991	1.4719	2.091
4,000	1.4625	1.164	1.3520	1.465	1.3295	1.659	1.3250	1.825	1.3850	1.938
5,000	1.2828	1.122	1.1926	1.381	1.1808	1.559	1.1812	1.714	1.2283	1.839
6,000	1.1379	1.076	1.0741	1.318	1.0625	1.472	1.0661	1.627	1.0962	1.761
7,000	1.0069	1.039	0.9448	1.256	0.9554	1.404	0.9786	1.549	1.0393	1.657
8,000	0.9172	0.998	0.8552	1.194	0.8643	1.337	0.8875	1.472	0.9589	1.583
9,000	0.8207	0.958	0.8000	1.120	0.7893	1.272	0.8339	1.388	0.8911	1.507
10,000	0.7241	0.918	0.7362	1.066	0.7196	1.216	0.7821	1.314	0.8268	1.430
11,000	0.6483	0.885	0.6638	1.024	0.6643	1.167	0.7375	1.238	0.7768	1.340
12,000	0.5828	0.842	0.5828	0.992	0.6232	1.100	0.6750	1.180	0.7411	1.242
13,000	0.5207	0.798	0.5241	0.938	0.5732	1.040	0.6179	1.116	0.6821	1.169
14,000	0.4690	0.763	0.4810	0.897	0.5214	0.996	0.5571	1.069	0.6089	1.123
15,000	0.4172	0.718	0.4431	0.841	0.4732	0.935	0.5179	1.006	0.5607	1.063
16,000	0.3724	0.663	0.3966	0.780	0.4732	0.875	0.4589	0.958	0.5054	1.009

Un valor para  $K_y$  de 0.016 puede ser empleado para valores superior a las 16,000 lbs. de tensión en la cinta.

Tabla 3.6 Tensión de la cinta para poleas de rotación

Ubicación de poleas	Grados de inclinación en la cinta	Libras de tensión en la línea de la cinta
Lado ajustado	150° a 240°	200 lbs. por polea
Lado flojo	150° a 240°	150 lbs. por polea
Todas las otras poleas	Menor a 150°	100 lbs. por polea

Nota duplicar los valores en el eje de la polea cuando están operando bajo condiciones de antifricción.

**Tabla 3.7 Plow de descarga**

Tipo de plow	Cinta adicional de carga por plow en la línea de la cinta principal (lbs por pulgada de ancho de la cinta)
Lleno en "v" o simple inclinación de plow descarga todo el material de la cinta	5.0
Parcial en "v" o simple inclinación de plow divide por la mitad el material que descarga	3.0

**Tabla 3.8 C<sub>s</sub> factor de fricción en los largueros.**

Material	Factor C <sub>s</sub>
Alumina, pulv., seca	0.1210
Cenizas de carbón seco	0.0571
Bauxita mineral	0.1881
Semillas de barco secas	0.0798
Bórax (borato de sodio)	0.0734
Cereal	0.0238
Cemento, en puerto y seco	0.2120
Molienda de cemento	0.1228
Arcilla cerámica, finos	0.0924
Carbón antracita	0.0538
Carbón bituminoso mineral	0.0754
Coque granos finos	0.0452
Coque terrón y fino	0.0186
Copra (pulpa seca de coco)	0.0203
Desecho de vidrio	0.0836
Harina de trigo	0.0265
Granos de trigo, maíz o centeno	0.0433
Grava (corrida bancaria)	0.1145
Yeso 1/2" de criba	0.0900
Mineral de hierro 200lbs por cada ft	0.2760
Cal horneada 1/8"	0.1166
Cal hidratada	0.0490
Piedra caliza pulverizada seca	0.1280
Cloruro de magnesio seco	0.0276
Avena	0.0219
Fosfato mineral seco y quebradizo	0.1086
Sal común fino seco	0.0814
Arena seca o en banco	0.1378
Aserrín seco	0.0086
Granos de sosa pesados	0.0705
Almidón pequeños terrones	0.0623
Azúcar granular seca	0.0349
Chapa de madera ancha	0.0095

**Tabla 3.9 Factor de abrace  $C_w$** 

Tipo de arranque en la polea	$\Theta$ abra ce	Arranque automático		Arranque manual	
		Polea sin cubierta	Polea con cubiert a	Polea sin cubiert a	Polea con cubiert a
Simple sin viento	180 <sup>0</sup>	0.84	0.50	1.2	0.8
Simple con viento	200 <sup>0</sup>	0.72	0.42	1.0	0.7
	210 <sup>0</sup>	0.66	0.38	1.0	0.7
	220 <sup>0</sup>	0.62	0.35	0.9	0.6
	240 <sup>0</sup>	0.54	0.30	0.8	0.6
Dual	380 <sup>0</sup>	0.23	0.11	0.5	0.3
	420 <sup>0</sup>	0.18	0.08	---	---

Nota para cintas húmedas planas usar el factor de la polea sin cubierta  
 Para cintas húmedas acanaladas usar el factor de la polea con cubierta  
 Si el abrace es desconocido se puede tomar el siguiente

Tipo de transporte	Abrace propuesto
Simple sin viento	180 <sup>0</sup>
Simple con viento	210 <sup>0</sup>
Dual	380 <sup>0</sup>

**Tabla 3.10 Ángulo de abrace**

Tipo de arranque en la polea	Ángulos de abrace*	
	desde	hasta
Simple sin viento	180 <sup>0</sup>	180 <sup>0</sup>
Simple con viento	180 <sup>0</sup>	240 <sup>0</sup>
Dual	360 <sup>0</sup>	480 <sup>0</sup>

Los ángulos de abrace anteriores aplican para las poleas con o sin cubierta

Tabla 3.11 Recomendaciones de frenado normal y frenado en reversa

Tipo de conveyor	Frenado en reversa	Frenado normal	Fuerzas a ser controladas
Conveyor horizontal	No requiere	Requiere cuando los costados de la cinta y carga no están guiados o necesitan ser controlados	Fuerza de desaceleración menos resistencia a las fuerzas de fricción.
Conveyor inclinado	Requiere en caso de que los hp sean equivalentes o se excedan los hp de fricción	Usualmente no requiere a menos de que se prefiera más que el frenado en reversa	Carga inclinada de tensión menos resistencia a las fuerzas de fricción.
Conveyor declinado	No requiere	Requerido	El plus de la fuerza de desaceleración con la carga inclinada en la tensión menos resistencia a las fuerzas de fricción.

Tabla 3.14 Selección de la calidad de la cinta

GRADO DE CUBIERTA	VENTAJAS			APLICACIONES GENERALES
	Resistencia al corte y desgarre	Resistencia a la abrasión	Resistencia al aceite	
Servicio general				
Grado 1	Excelente	Excelente	No se recomienda	Terrón de gran tamaño, materiales que pueden cortar. Resistente a un uso rudo.
Grado 2	Buena	Excelente	No se recomienda	Tamaño de materiales con un límite cortante-abrasión primaria. Resistente para uso pesado.
Aceite y uso químico				
Cloropreno resistente al aceite (comúnmente llamado Neopreno)	Buena	Muy buena	Muy buena para aceites derivados del petróleo libre de aceites vegetales y aceites de origen animal.	Alto contenido de carbón (aromáticos 20%, diesel #2), cualquier material con grandes concentraciones o derivados del petróleo.
Buna N Resistente al aceite	Buena	Buena	Muy buena para derivados de petróleo, vegetales y animales	Oleos o semillas (soya, granos de maíz, etc.), alimentos comestibles, grasas, con alto contenido de carbón (aromáticos con el 40%, oleos #4)
Resistencia media al aceite	Buena	Buena	Algunos derivados de petróleo, vegetales y aceites animales	Poco contenido de carbono, terrones de tamaño medio y alimentos, chapa de madera, y fertilizantes.

Buena.- Caucho sintético de gran resistencia al calor y rozamiento

Tabla 3.16-Carcasa en tipo de impacto medido MP de fábrica

NÚMERO DE PLIEGUES	MÁXIMO IMPACTO MEDIBLE (LIBRAS-PIE)				
	MP IDENTIFICACIÓN DEL FABRICANTE				
	35	43	50	60 y 70	90-240
3	8	16	20	38	48
4	16	28	38	62	80
5	40	60	75	175	320
6	120	160	210	475	700
7	240	320	410	775	1060
8	----	520	660	1050	1440

Tabla 3.17 Factor en el peso de terrón

PESO DEL MATERIAL (LIBRAS POR CADA UNIDAD DE PIE)	FACTOR EN EL PESO DE TERRÓN (LIBRAS)												
	TAMAÑO TERRÓN (PULGADAS)												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
50	0.4	1.3	3.0	5.8	10	14	21	30	40	70	100	148	211
75	0.6	1.9	4.5	8.6	15	21	31	44	61	105	149	222	316
100	0.7	2.3	5.9	12.0	20	28	41	59	81	140	199	296	421
125	0.9	3.2	7.4	14.0	25	35	52	74	101	175	248	371	527
150	1.1	3.8	9.0	17.0	30	42	62	89	121	210	298	444	632
175	1.3	4.5	10.4	20.2	35	49	73	104	142	245	348	518	737

Tabla 3.18 Espesor mínimo sugerido en el lado de carga para condiciones normales.

NOTA: RMA grado 2 cinta

Clase de material	Ejemplos	Espesor (pulgadas)*
Manejo de paquetes	Cajas, productos comestibles	Hasta 1/32
Ligero o fino, no abrasivo	Chapa de madera, pulpa, granos, carbón, mena de potasa.	1/16 a 1/8
Fino y abrasivo	arena con granos afilados, desechos	1/8 a 3/16
Pesado, quebradizo para 3" (76mm)	Arena y grava, piedra quebradiza	1/8 a 3/16
Pesado, quebradizo para 8" (203mm)	ROM carbón, piedra, minerales	3/16 a 1/4
Pesado, terrón grande	Mineral pesado, escoria	1/4 a 5/16

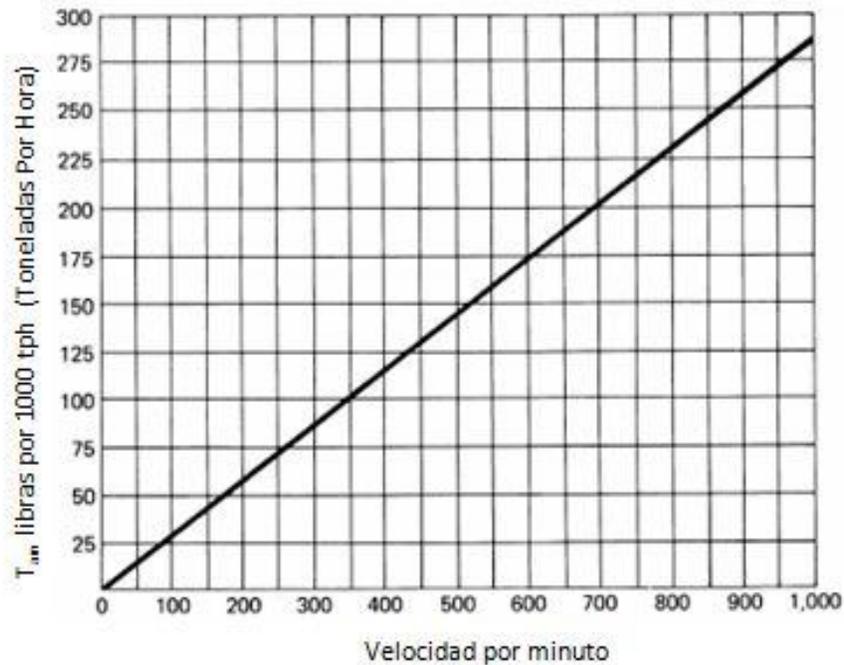
\* El espesor es un valor promedio usado por los fabricantes.

Tabla 3.19 Espesor mínimo sugerido del lado de la polea.

RMA Grado 2 cinta

CONDICIONES DE OPERACIÓN	ESPESOR (PULGADAS)
Materiales no abrasivos	1/32
Materiales abrasivos	1/16
Impacto de carga*	3/32

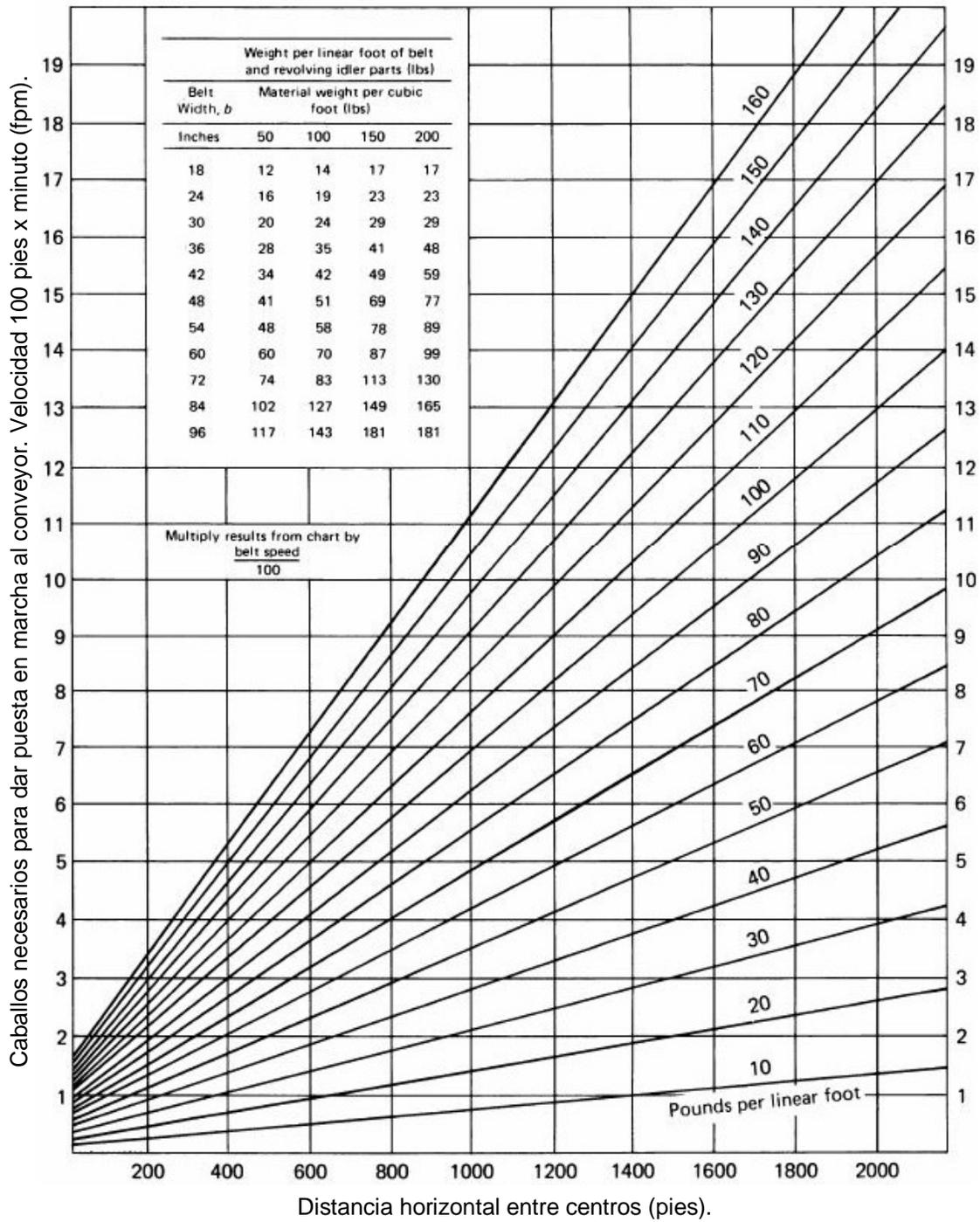




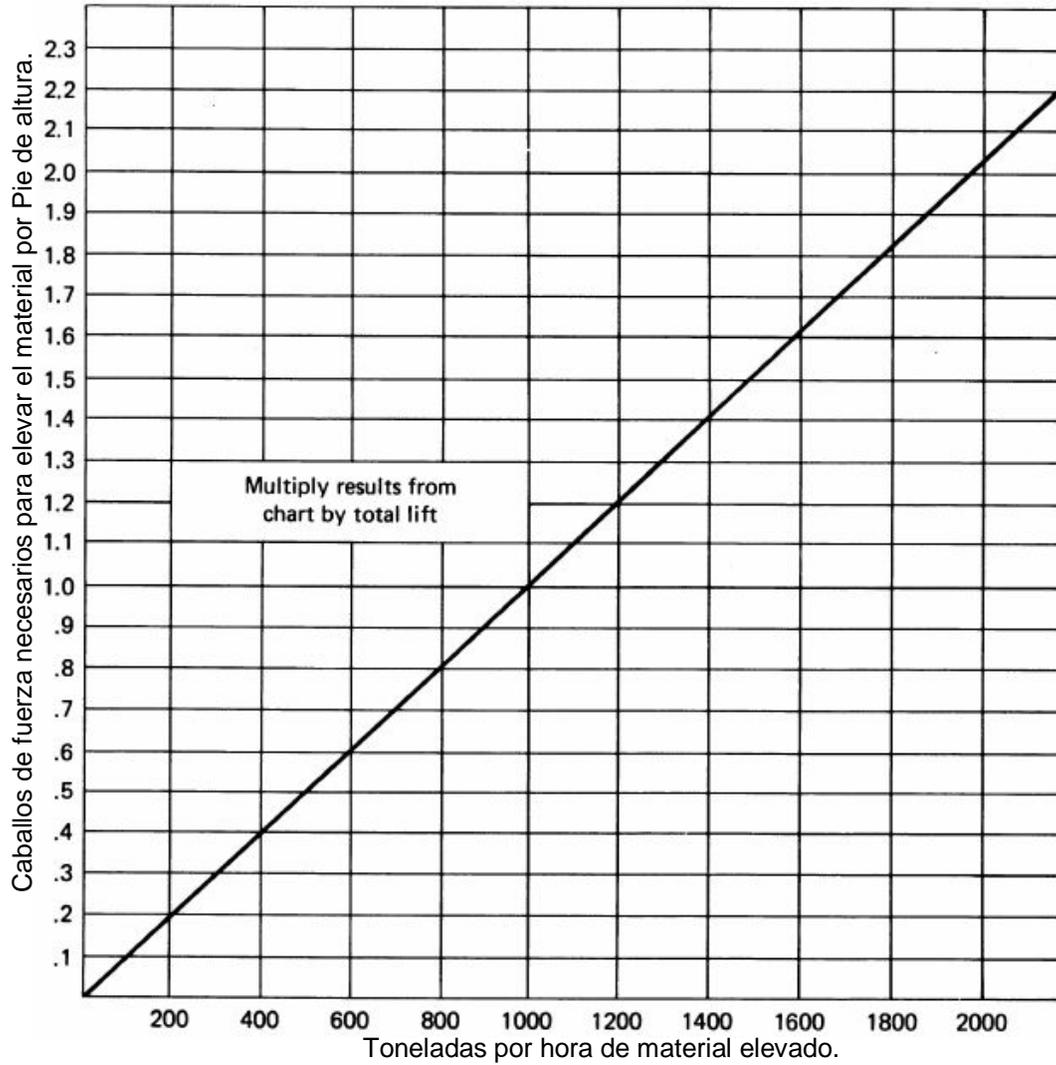
Para utilizar este gráfico:

- Introducir en el gráfico la velocidad del cinturón y leer Tam por 1000 tph.
- Vuelva a entrar al gráfico con la velocidad de material en la dirección del viaje de la cinta y leer Tam desde 1000 tph. Esto puede ser positivo, cero o negativo.
- Restar el Tam de la segunda lectura al de la primera lectura de Tam y convertir la diferencia de 1000 tph al valor para el tonelaje real. Se trata del Tam deseado, libras.

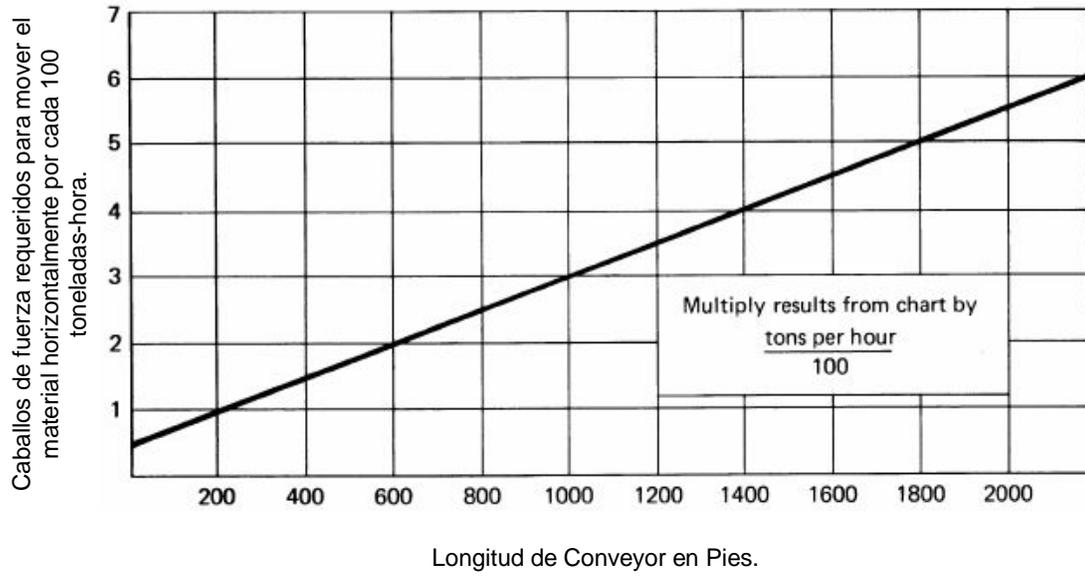
**Gráfica 3.2 Tensión eficaz que requiere el material acelerado cuando es alimentado en la cinta transportadora.**



Grafica 3.3 Caballos de fuerza requeridos para poner en marcha el conveyor



Gráfica 3.4 Caballos de Fuerza necesarios para elevar el material.



**Grafica 3.5 Caballos de fuerza requeridos por el conveyor para mover el material horizontalmente.**

Debido a que los manuales ó catálogos particulares tienen por la general su propia nomenclatura, y hasta sus propias fórmulas, es conveniente asumir la convención que ha adoptado el CEMA, como generalidad para fines industriales y didácticos.

A continuación la simbología usada en este trabajo.

**Δ:** Altura entre centros polea motriz y polea de colas, Pies.

**A:** Área, en  $ft^2$  (a menos que se especifique otra cosa).

**AL:** Carga de los bastidores ajustada, lbs.

**Ai:** Fuerza requerida para la rotación de los rodillos en los bastidores, lbs.

**At:** Área de la sección transversal del material sobre una cinta acanalada,  $ft^2$ .

**a:** Aceleración,  $ft/s^2$ .

**aa:** Altura del delantal por encima del centro de la cinta, Pulgadas.

**a1:** Distancia vertical, entre la superficie de la cinta y el centro de gravedad de la carga en la polea de descarga, Pulgadas.

**Bm:** Módulo de elasticidad de la cinta, lbs. por pulgada de ancho por pliegue.

**b:** Ancho de la correa del conveyor, Pulgadas.

**Cs:** Factor de fricción de la tabla delantal.

**Cw:** Factor de abrace sobre polea de accionamiento o poleas.

**Cwp:** Factor de abrace para la polea motriz primaria.

**Cws:** Factor de abrace para la polea motriz secundaria.

**c:** Distancia de borde, borde del material al borde de la correa, Pulgadas.

**dm:** Densidad aparente del material,  $lbs/ft^3$ .

**e:** Base neperiana (2.718).

**et:** Punto sobre la cinta curvada alrededor de la polea de descarga, a partir del cual el material arranca su trayectoria.

**F:** Fuerza, lbs.

**Fa:** Fuerza de aceleración ó deceleración, lbs.

**Fd:** Fuerza de frenado, en la línea de la cinta, lbs.

**Ff :** Factor de frecuencia, minutos que tarda la cinta en dar una vuelta.

**Fr:** Fuerza resultante sobre los bastidores en una curva vertical convexa, lbs.

**f:** Coeficiente de fricción entre las superficies de la correa y la polea.

**fpm:** Pies por minuto.

**fps:** Pies por segundo.

**g:** Aceleración de la gravedad ( $32.2 ft/s^2$ ).

**H:** Distancia vertical en la que el material es levantado ó bajado, ft.

**Hc:** Distancia vertical desde la polea de cola hasta donde comienza la curva vertical cóncava, ft.

**h:** Distancia vertical, desde la superficie de la cinta a la cima de la carga en la polea de descarga, Pulgadas.

**hs:** Profundidad del material tocando la tabla delantal, Pulgadas.

**Hd:** Distancia levantada (positiva o negativa) desde la polea de cola hasta la polea motriz cuando el sistema se encuentra en el camino de retorno, ft.

**IL:** Carga real del bastidor, lbs.

**Kt:** Factor de corrección por la temperatura del ambiente.

**Kx:** Resistencia friccional de los bastidores y resistencia al deslizamiento entre la cinta y los rodillos de los bastidores,  $lbs/ft$ .

**Ky:** Factor de resistencia de la cinta y la carga a flectar mientras se mueven sobre los bastidores.

**K1:** Factor de ajuste del terrón.

**K2:** Factor ambiental y de mantenimiento.

**K3:** Factor de servicio.

**K4:** Factor de corrección de la velocidad de la cinta.

**L:** Longitud del conveyor, distancia entre los centros de las poleas terminales, ft.

**Lb:** Longitud de una tabla delantal, ft.

**Lc:** Longitud en el conveyor desde la polea de cola hasta donde arranca la curva vertical cóncava, ft.

**M:** Masa, slugs.

**Me:** Masa equivalente, slugs.

**Nri:** Número de bastidores de retorno.

**n:** Número de espacios entre los bastidores en una curva vertical convexa.

**P:** Fuerza total contra una tabla delantal, lbs.

**p:** Número de pliegues en la correa.

**Pf:** Ancho de la cara de la polea, Pulgadas.

**Q:** Cantidad de material transportado, tph (tonelada corta, 2000 lbs.).

**R:** Carga radial resultante en las poleas, lbs.

**R1:** Factor por cualquier ventaja mecánica en el compensador.  
**r:** Distancia radial desde el centro de la polea de descarga al centro de gravedad de la carga, Pulgadas.  
**r1:** Radio mínimo de la curva vertical cóncava, ft.  
**r2:** Radio mínimo de la curva vertical convexa, ft.  
**rpmb:** Revoluciones por minuto en el eje del freno.  
**rpmp:** Revoluciones por minuto en el eje de la polea motriz.  
**Si:** Espaciamiento en los bastidores acanalados, ft.  
**Sic:** Máximo espaciamiento en los bastidores acanalados sobre la curva vertical convexa, ft.  
**T:** Tensión para vencer la fricción en las tablas delantales.  
**Ta:** Tensión inducida en la cinta por las fuerzas de aceleración, lbs.  
**Tac:** Tensión total por la fricción de los accesorios del conveyor, lbs.  
**Tam:** Tensión requerida para acelerar el material, lbs.  
**Tb:** Tensión requerida para subir ó bajar la cinta (vacía), lbs.  
**Tbc:** Tensión requerida para los mecanismos de limpieza de la cinta, lbs.  
**T1b:** Tensión en el lado tenso de la cinta, por debajo de la polea motriz en el terminal principal durante el frenado, lbs.  
**T2b:** Tensión en el lado flojo de la cinta, por encima de la polea motriz en el terminal principal durante el frenado, lbs.  
**Tc:** Tensión de la cinta al comienzo de una curva vertical, lbs.  
**Tcx:** Tensión de la cinta en el punto X sobre el camino de carga, lbs.  
**Te:** Tensión efectiva de la cinta en el accionamiento, lbs.  
**Teb:** Fuerza de frenado equivalente, lbs.  
**Tep:** Tensión efectiva en la polea primaria de un accionamiento de doble polea, lbs.  
**Tes:** Tensión efectiva en la polea secundaria de un accionamiento de doble polea, lbs.  
**Tfcx:** Tensión de la cinta en el punto X sobre el camino de carga, resultante de la fricción, lbs.  
**Tfrx:** Tensión de la cinta en el punto x sobre el camino de retorno, resultante de la fricción, lbs.  
**Thp:** Tensión en la polea principal ó de descarga, lbs.  
**Tm:** Tensión necesaria para levantar ó bajar el material, lbs.  
**Tmax:** Tensión máxima en la cinta, lbs.  
**Tmin:** Tensión mínima en la cinta, lbs.  
**To:** Tensión para la flecha permisible mínima en la cinta en un espaciamiento definido de los bastidores, lbs.  
**Tp:** Tensión por la flexión de la correa alrededor de las poleas mas la fricción del cojinete de la polea, lbs.  
**Tpl:** Tensión por fricción de los plows, lbs.  
**Tr:** Tensión nominal de la cinta, lbs.  
**Trx:** Tensión en la cinta en el punto x en el camino de retorno, lbs.  
**Tsb:** Tensión por fricción en el delantal, lbs.  
**Tt:** Tensión de la cinta en la polea de cola, lbs.  
**Ttr:** Tensión por fricción de la polea y flexión de la cinta en trippers y apiladores, lbs.  
**Twcx:** Tensión de la cinta en el punto x del camino de carga, resultado del peso de la cinta más el material cargado, lbs.  
**Twrx:** Tensión de la cinta en el punto x del camino de retorno, resultado del peso de la cinta vacía, lbs.  
**Tx:** Tensión por fricción de los bastidores de carga y de retorno, lbs.  
**Tyb:** Tensión por flexión de la cinta desde el momento en que la cinta cabalga sobre los bastidores de carga más los de retorno, lbs.  
**Tyc:** Tensión por flexión de la cinta desde el momento en que cabalga sobre los bastidores de carga, lbs.  
**Tym:** Tensión por flexión del material desde el momento en que el material cabalga sobre la cinta en los bastidores de carga, lbs.  
**Tyr:** Tensión por flexión de la cinta desde el momento en que la cinta cabalga sobre los bastidores de retorno, lbs.  
**T1:** Tensión en el lado tenso de la cinta en la polea de accionamiento, lbs.  
**T2:** Tensión en el lado flojo de la cinta en la polea de accionamiento, lbs.  
**T3:** Tensión de la cinta entre las poleas primaria y secundaria de un sistema dual de accionamiento, lbs.  
**TU:** Abreviatura del compensador.  
**t:** Tiempo en segundos.  
**td:** Tiempo real de parada de una cinta frenada, ó con marcha libre hasta parar, en Segundos.  
**tm:** Máximo tiempo de parada permisible, en Segundos.  
**tph:** Abreviatura de tonelada corta por hora (ton = 2000 lbs.).  
**V:** Velocidad de diseño de la cinta, fpm.  
**Vo:** Velocidad inicial del material cargado encima de la cinta, fpm.  
**Vs:** Velocidad tangencial del centro de gravedad del material descargado por sobre la polea principal, fpm.  
**Wb:** Peso de la cinta, lbs/ft de longitud.

**Wc:** Peso total para acelerar la cinta cargada parcialmente, hacia el comienzo de una curva vertical cóncava, lbs.

**We:** Peso equivalente de la carga y las partes moviéndose de un conveyor que se están acelerando ó decelerando por la cinta, lbs.

**Wf:** Fuerza para vencer la fricción en un compensador automático debido al carro, guayas, roldanas, y cualquier otra resistencia de fricción, lbs.

**Wg:** Fuerza de peso requerida del compensador, lbs.

**Wm:** Peso del material transportado, en lbs. por ft de longitud de cinta.

**Wp:** Componente vertical de la fuerza de peso en el compensador automático del carro, ruedas, poleas, ejes, cojinetes de los ejes, etc., lbs.

**WK<sup>2</sup>:** Momento de inercia de las partes rotatorias, lb-in<sup>2</sup>.

**Wt:** Total del peso equivalente, de todas las partes moviéndose más el peso de la carga completa transportada, que debe ser acelerado; se excluye el accionamiento y la polea motriz, lbs.

**Zb:** Capacidad de torque ó torque seleccionado, lb-ft.

## BIBLIOGRAFÍA

- A. MIRAVETE, E. LARRODÉ, L. CASTEJÓN y J. CUARTERO, " *Los transportadores en la ingeniería industrial*". Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 1998.
- ROA, Agustín López, " *Cintas Transportadoras*". CIE DOSSAT, 2000.
- LANGRIDEGE, Ortiz James S, Tesis " *Fabricación en México de Bandas Transportadoras de Hule*". Facultad de Química, México, 1965.
- BRISEÑO, Muniz Roberto, Tesis " *Fabricación de Rodillos para Bandas Transportadoras*". Facultad de Ingeniería, México, 1967.
- CEBALLOS, Piñera Cesar Felipe, Tesis " *Las Bandas Transportadoras Metálicas para Procesos Industriales, sus Métodos de Fabricación Costeo y Algunas Propuestas de Mejoramiento*". Universidad Panamericana Escuela de Ingeniería, México, 1997.
- KARL T. ULRICH y STEVEN D. EPPINGER, " *Product Design and Development*". 2ª Edición, Mc Graw-Hill, 2000.
- N.F.O. Evbuomwan, S. Sivaloganathan and A. Jebb. " *A survey of design philosophies, models, methods and systems*". MIMechE, MIEE. City University, London. 1996. Vol. 210. pp. 301-320.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association CEMA 5 ED.: " *Belt conveyors for Bulk Material*". Traducido al español por el profesor Dario Ocando.

## MESOGRAFÍA

- <http://www.relojesprototipo.com/PROTOTIPO.php>
- <http://www.rbscott.com/index.cfm?event=home>
- <http://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-motor/nema-motors/Literature-and-technical-resources/Documents/d81.2-nema-selection-and-pricing-guide-april-2011.pdf>
- <http://www.microsofttranslator.com/bv.aspx?from=en&to=es&a=http%3A%2F%2Fwww.emastore.com%2Fshop%2Fcategory.asp%3Fcatid%3D7>
- <http://es.scribd.com/doc/58019108/Manual-Cema>