



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**COMPENDIO PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE
TRANSPORTADORES DE ALIMENTOS, EMPLEANDO BANDA
MODULAR DE PLÁSTICO**

Lester Omar Eduardo Abril Toribio

Asesorado por el Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta

Guatemala, julio de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**COMPENDIO PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE
TRANSPORTADORES DE ALIMENTOS, EMPLEANDO BANDA
MODULAR DE PLÁSTICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LESTER OMAR EDUARDO ABRIL TORIBIO
ASESORADO POR ING. FREDY MAURICIO MONROY PERALTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2005

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**COMPENDIO PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE
TRANSPORTADORES DE ALIMENTOS, EMPLEANDO BANDA
MODULAR DE PLÁSTICO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 18 de febrero de 2004



Lester Omar Eduardo Abril Toribio

Guatemala, 27 de mayo del 2005

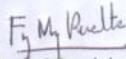
Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
Directora de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniera Véliz:

Me es grato informarle que he concluido la revisión del trabajo de graduación titulado **COMPENDIO PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE TRANSPORTADORES DE ALIMENTOS, EMPLEANDO BANDA MODULAR DE PLÁSTICO**, desarrollado por el estudiante **LESTER OMAR EDUARDO ABRIL TORIBIO**, de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial.

Considerando que el trabajo cumple con los objetivos delineados en su inicio y llena los requisitos académicos y de práctica necesaria, me permito solicitarle se sirva aprobarla en el entendido que el autor y asesor asumimos la responsabilidad del contenido y conclusiones del mismo.

Atentamente,



Ing. Mecánico Fredy Mauricio Monroy Peralta
Colegiado No. 4899

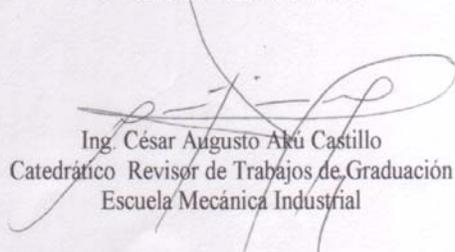
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **COMPENDIO PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE TRANSPORTADORES DE ALIMENTOS, EMPLEANDO BANDA MODULAR DE PLÁSTICO**, presentada por el estudiante universitario **Lester Omar Eduardo Abril Toribio**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. César Augusto Akú Castillo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala junio de 2005

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **COMPENDIO PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE TRANSPORTADORES DE ALIMENTOS, EMPLEANDO BANDA MODULAR DE PLÁSTICO**, presentado por el estudiante universitario **Lester Omar Eduardo Abril Toribio**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Francisco Gómez Rivera



Guatemala, agosto de 2005

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato
Tels. 24769579 Exts. 101-102-114
Fax: 24760395

Ref. DTG. 305.2005

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte de la Directora de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **COMPENDIO PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN DE TRANSPORTADORES DE ALIMENTOS, EMPLEANDO BANDA MODULAR DE PLÁSTICO**, presentado por el estudiante universitario **Lester Omar Eduardo Abril Toribio**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, agosto de 2005

/cdes

DEDICATORIA A

Dios	Señor y dador de vida; por permitirme materializar un sueño.
Mi madre	Ana Victoria Toribio Perdomo; por su amor, ejemplo, comprensión y apoyo incondicional; gracias viejita.
El amor de mi vida	Lesly Medina por su amor, solidaridad y apoyo incondicional.
Mis abuelos	Eduardo y Adelaida por su ejemplo y cariño.
Mi familia	Por su apoyo y comprensión.
Mis amigos y compañeros	Por su amistad.
Mis catedráticos	Por sus enseñanzas y consejos.
Mi facultad	Fuente de conocimientos teóricos y prácticos.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi madre, por sus sabios consejos, apoyo económico e incondicional amor.

Mi tío Eduardo Toribio, por su apoyo, ejemplo, consejos y motivación constante.

Al ingeniero Fredy Monroy por su asesoría en la realización de este trabajo.

Todo el personal presente y pasado de la empresa Servicios y Ventas Industriales, S.A. por compartir conmigo su amistad y conocimientos.

Todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron aun sin saberlo a la culminación de esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN	XVI
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XVIII
1. ANTECEDENTES GENERALES DE LOS TRANSPORTADORES	1
1.1 ¿Qué es un transportador continuo?	1
1.1.1 Elementos generales que conforman un transportador	1
1.1.1.1 Cuerpo estructural	1
1.1.1.2 Elemento de arrastre	1
1.1.1.3 Rodamiento	2
1.1.1.4 Sistema motriz	2
1.1.1.5 Sistema eléctrico	2
1.1.2 Principios mecánicos del funcionamiento de un transportador continuo	3
1.1.2.1 La rotación	3
1.1.2.2 La fricción	3
1.1.2.3 La tensión	4
1.1.2.4 La gravedad	4
1.1.2.5 El engranamiento	4
1.2 Tipos de transportadores continuos	4
1.2.1 Transportadores de rodillos	5
1.2.2 Transportadores de tornillo sin fin	6

1.2.3	Transportadores de cadena	7
1.2.4	Transportadores de banda	8
1.3	Transportadores de banda	8
1.3.1	Tipos de bandas	9
1.3.1.1	Bandas de caucho	9
1.3.1.2	Bandas de metal	11
1.3.1.3	Banda modular plástica	14
1.4	Las tres aplicaciones generales de los transportadores de banda	16
1.4.1	Transportadores de banda horizontales	17
1.4.2	Transportadores de banda inclinados.....	18
1.4.3	Transportadores de banda curvos.....	19
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	21
2.1	Falta de tecnificación de procesos	21
2.2	Limitada disponibilidad de asesoría técnica	22
2.3	Poca difusión de la tecnología	23
2.4	Resistencia al cambio	24
2.5	Manuales escritos en otros idiomas	25
2.6	Guías de selección saturadas de información general	26
2.7	Limitada capacidad de inversión	27
3.	CREACIÓ DEL COMPENDIO PARA DISEÑO E INSTALACIÓN	29
3.1	Factores importantes a considerar para la selección de la banda	29
3.1.1	Tipo de aplicación del transportador	29
3.1.2	Disponibilidad de espacio en la planta	29
3.1.3	Dimensiones generales de la banda	30
3.1.4	Velocidad de trabajo de la banda	30
3.1.5	Características del producto a transportar	30
3.1.5.1	Densidad	31

3.1.5.2	Dimensiones y forma	31
3.1.5.1	Características mecánicas	31
3.1.5.2	Textura	32
3.1.5.3	Características corrosivas	32
3.1.5.4	Contenido de humedad	32
3.1.5.5	Temperatura	32
3.1.5.6	Naturaleza del producto	33
3.1.6	Cambios del producto durante el proceso	33
3.1.6.1	Calor	33
3.1.6.2	Enfriamiento	34
3.1.6.3	Lavado, enjuagado, drenaje	34
3.1.6.4	Secado	34
3.1.7	Condiciones sanitarias y de limpieza	35
3.1.7.1	Temperaturas severas o sustancias químicas fuertes	35
3.1.7.2	Necesidad de limpieza continua	35
3.1.8	Características ambientales de operación	36
3.1.8.1	Temperatura	36
3.1.8.2	Humedad, agua de condensación del vapor de agua	36
3.1.8.3	Materiales abrasivos	37
3.2	Selección del material adecuado	37
3.2.1	Polipropileno	38
3.2.2	Polietileno	38
3.2.3	Acetal	38
3.2.4	Nylon HR	39
3.3	Selección de la superficie de la banda	39
3.4	Selección de la banda tomando como base la resistencia de la banda	41
3.4.1	Recorridos rectos e inclinados	41
3.4.1.1	Peso del producto.....	42
3.4.1.2	Largo del transportador entre centros de ejes	42

3.4.1.3	Cambios de elevación	42
3.4.1.4	Porcentaje de la banda sobre la cual se estima acumulación de producto	43
3.4.1.5	Máxima temperatura de operación	43
3.4.1.6	Tipo de material sobre el que correrá la banda	43
3.4.1.7	Características de servicio del transportador	43
3.4.2	Recorridos curvos.....	44
3.4.2.1	Longitud de cada recorrido recto	45
3.4.2.2	Ángulo y sentido de giro de cada vuelta	46
3.4.2.3	Radio interno de giro	46
3.5	Otras variables a considerar	48
3.5.1	Velocidad de la banda	48
3.5.2	Condiciones abrasivas	49
3.5.3	Forma de los ejes para la tracción	49
3.5.4	Guías de desgaste	49
3.6	Cálculos necesarios para establecer si la banda resistirá la tensión provocada por la carga a transportar	50
3.7	Cálculos adicionales útiles para el diseño del transportador	51
3.8	¿Cómo influye la banda elegida en el diseño de la estructura metálica del transportador ?.....	52
3.8.1	Diseño del perfil a utilizar	53
3.8.2	Plataformas de recorrido en transportadores horizontales	54
3.8.2.1	Recorrido de ida	54
3.8.2.2	Recorrido de retorno	55
3.8.3	Plataformas de recorrido en transportadores inclinados	56
3.8.3.1	Recorrido de ida	56
3.8.3.2	Recorrido de retorno	58
3.8.4	Plataformas de recorrido en transportadores curvos	59

3.8.4.1	Recorrido de ida	59
3.8.4.2	Recorrido de retorno	61
3.8.5	Diseño de los soportes verticales	62
3.8.6	Diseño del sistema de tracción	62
3.8.7	Selección de las chumaceras a utilizar	63
3.8.8	Diseño del sistema eléctrico	64
3.8.9	Diseño de elementos complementarios	64
3.8.10	Diseño del sistema motriz	66
3.9	Instalación de los transportadores	68
3.10	Coordinar con el departamento de producción	
	la fecha de instalación del equipo	68
3.11	Garantizar la disponibilidad de servicios	68
3.11.1	Electricidad	69
3.11.2	Aire comprimido	69
3.11.3	Agua	69
3.11.4	Tubería de aceite hidráulico	70
3.12	Preparar el espacio donde se colocará el equipo	70
3.13	Armar la estructura en el lugar correspondiente	70
3.14	Colocar guías de desgaste y accesorios	71
3.15	Montar los engranajes y chumaceras en los ejes	72
3.16	Montar los sistemas de tracción en la estructura	73
3.17	Acoplar el sistema motriz al lado de la tracción	74
3.18	Montar la banda según lo recomienda el fabricante	74
3.19	Ajustar la banda	75
3.20	Colocar elementos complementarios	76
3.21	Realizar la instalación eléctrica	76
3.22	Fijar la estructura al piso u otras estructuras cercanas	77
3.23	Realizar arranque de prueba	78

4. APLICACIÓN DEL COMPENDIO	79
4.1 Realizar una descripción detallada de la parte del proceso que desea modificar	79
4.2 Establecer la disponibilidad de espacio útil	79
4.3 Enlistar las características del producto y los cambios que este sufre en la etapa a modificar	80
4.4 Determinar características especiales de limpieza	81
4.5 Recolectar los datos según el tipo de aplicación del transportador	82
4.6 Ejecutar los cálculos relativos a los numerales 3.6 y 3.7	82
4.7 Diseñar la estructura de la banda considerando las características de la banda elegida apoyándose en los pasos del numeral 3.8	83
5. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL COMPENDIO Y DE LOS TRANSPORTADORES	85
5.1 Mejor conocimiento de la tecnología de bandas modulares	85
5.2 Menor tiempo invertido en el diseño del equipo	86
5.3 Eliminación de métodos y equipos innecesarios	86
5.4 Optimización del espacio	87
5.5 Continuidad del proceso	88
5.6 Menor manipulación del producto	89
5.7 Aumento de la producción	89
5.8 Personal disponible para tareas de control	90
5.9 Condiciones de trabajo más seguras	90
5.10 Reducción considerable de mantenimiento	91
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFÍA	97
APÉNDICES	98

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Transportador de rodillos muertos	6
2	Canal “U” y tornillo tipo sin fin	7
3	Transportador de cadena de tablillas.	8
4	Construcción de una banda de caucho	10
5	Rollo de banda, unión zigzag y cortes longitudinales.	11
6	Forma básica de una banda de metal de varilla plana	12
7	Forma constructiva de la banda metálica de varilla redonda	14
8	Forma constructiva de la banda modular de plástico	15
9	Transportador horizontal de banda	17
10	Transportador elevador	18
11	Transportador de banda curva	19
12	Diferentes superficies de banda	40
13	Arreglo de banda radial	47
14	Arreglo Chevrón y paralelo	50
15	Perfiles y su aplicación	53
16	Plataforma de recorrido horizontal	55
17	Reenvío de banda utilizando rodillos y guías de desgaste	55
18	Guía para aprisionar y transportador con cambio de elevación	57
19	Recorrido de retorno en transportadores con cambio de altura	59
20	Arreglo de guías de desgaste y sujetadores	60
21	Arreglos para reenvío en aplicaciones radiales	61
22	Cajas reductoras y motoredutores	67
23	Detalle de la unión de guías atornilladas	71

24	Engranajes marcados para correcta alineación y retención en el eje	72
25	Manera correcta de escuadrar los engranajes	73
26	Factor de temperatura T para el polietileno	108
27	Factor de resistencia S	110
28	Determinación de la distancia máxima entre engranajes de la banda serie 800 estilo <i>flat top</i>	111
29	Máximo par motor recomendado para el eje motriz	116
30	Requisitos dimensionales básicos	119
31	Espacio D necesario entre la banda y el perfil principal	120
32	Dimensiones básicas en el recorrido de retorno utilizando rodillos	121
33	Principales dimensiones del transportador en estudio	122
34	Dimensiones del maquinado del eje motriz	123
35	Dimensiones principales del transportador y carga soportada por cada sección	124

TABLAS

I	Datos físicos de la banda	102
II	Peso de la banda Intralox serie 800 en todos sus estilos de superficie	104
III	Coefficiente de fricción entre la banda y la guía de desgaste	104
IV	Factor de servicio	105
V	Resistencia de la banda serie 800 en sus distintas superficies	107
VI	Datos de los engranajes disponibles para la serie 800 de la marca Intralox	109
VII	Cantidad de engranajes y guías de desgaste para la serie 800	112
VIII	Datos de los distintos ejes disponibles	113

LISTA DE SIMBOLOS

ABP	Tracción ajustada de la banda
B	Ancho de la banda
BS	Resistencia nominal de la banda
D	Deflexión del eje motriz
E	Módulo de elasticidad del eje motriz
F_p	Coefficiente de fricción entre el producto que se transporta y la banda
F_w	Coefficiente de fricción entre la banda y las guías de desgaste
H	Diferencia de altura si la hubiera
I	Momento de inercia del eje motriz
L	Largo del transportador
L	Largo del transportador entre ejes
L_s	Largo del eje motriz sin apoyo

M	Carga provocada por el producto a transportar
M_p	Carga del producto acumulado sobre la banda
P.D.	Diámetro de paso del engrane
Q	Peso del eje
S	Factor de resistencia de la banda
SF	Factor de servicio del motor eléctrico
T	Factor de temperatura
T_o	Par motor en el eje motriz
V	Velocidad de la banda
w	Carga total sobre el eje
W	Peso de la banda
β	Ángulo de abertura de las guías de desgaste del arreglo chevrón

GLOSARIO

Acople flexible	Elemento de transmisión de potencia utilizado para unir un motor eléctrico y un reductor tipo tornillo sin fin; está formado por dos piezas de metal que se ajustan; una al eje del motor y otra al eje de entrada del reductor, ambas piezas están unidas o acopladas mediante una estrella de hule la cual absorbe los golpes de arranque del motor además de permitir una transmisión suave y silenciosa.
Curva catenaria	Es la curva que forma la banda entre cada par de rodillos de retorno debido a la fuerza de gravedad.
Deflexión	Deformación de una pieza simplemente apoyada en dos puntos; entre los cuales se aplica un carga.
Empujadores	Elementos verticales útiles para elevar objetos en los transportadores inclinados, son fabricados para ensamblarse como un eslabón cualquiera en la banda.
Emulsión	Dispersión de un líquido en otro no mezclable con él.
Elemento de arrastre	Parte de un transportador la cual tiene contacto directo con el objeto que se traslada de un lugar a otro.

Engranamiento	Acción mediante la cual dos ruedas dentadas encajan perfectamente una en la otra para transmitir el movimiento de una hacia la otra.
Espira	Vuelta de una espiral o de una hélice.
Factor de servicio	Número adimensional que representa la exigencia de un motor o cualquier otro elemento generador de potencia, el valor de este factor es directamente proporcional a la rudeza del servicio que presta el equipo.
F.D.A	Agencia Federal de Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos, que regula los materiales que entran en contacto con los productos alimenticios.
Fricción	Rozamiento entre las superficies de dos cuerpos en contacto.
Guías de desgaste	Pieza plástica moldeada por medio de inyección, que se fijan entre la banda y la estructura del transportador a fin de reducir la fricción por deslizamiento.
Marmita	Olla de metal, con tapadera ajustada y una o dos asas; provista de una chaqueta dentro de la cual circula vapor. Es utilizada para cocinar alimentos en cantidades industriales.
Motoreductor	Ensamble o unión de un motor eléctrico y una caja reductora de velocidad sin emplear acoples flexibles.

Paleta antiretorno	Pieza metálica que se coloca al menos cinco milímetros por encima de la banda en el lado de reenvío; evita que el objeto que se transporta ruede o resbale y caiga del transportador, se utiliza mayormente en las bandas elevadoras.
Par motor	Fuerza torsionante necesaria en el elemento motriz; para mover la banda y la carga depositada sobre ésta en un transportador.
Paso	Distancia central entre varillas de articulación de una banda ensamblada.
Rodamiento	Cojinete formado por dos cilindros entre los que se intercalan una corona de bolas que pueden girar libremente.
Rodillo de reenvio	Rodillo generalmente de 50 mm de diámetro ubicado por debajo del recorrido de ida; sobre el cual viaja la banda en su retorno al extremo conducido.
Rodillo de transferencia	Rodillo de diámetro pequeño utilizado para transferir el objeto que se transporta desde una banda a otra; eliminando la necesidad de usar canales o resbaladeros.
Rolado	Proceso mediante el cual una lámina o platina se deforma mecánicamente hasta darle forma cilíndrica, circular o anular.

Rotación	Movimiento circular alrededor de un punto fijo comúnmente llamado eje.
<i>Sprocket</i>	Rueda provista de dientes que encajan perfectamente en una cadena o banda y se utiliza para transmitir movimiento.
Temporizador	Elemento electrónico programable capaz de medir periodos de tiempo; al final de los cuales activa contactos para señalización o mandos eléctricos.
Tensión	Estado producido en un cuerpo debido a la aplicación de fuerzas externas que tienden a halar de él estas fuerzas; dependiendo de su magnitud pueden causar deformación temporal o permanente.
Termoplástico	Alto polímero que fluye y se funde cuando se calienta.
Trama	Conjunto de hilos que, cruzados y enlazados con los de la urdimbre, forman una tela.
U.H.M.W.	<i>Ultra High Molecular Weight</i> . Resina de polietileno de peso molecular ultra alto usada en la fabricación de guías de desgaste. posee características antidesgaste y de resistencia al impacto, como también una excelente combinación de características físicas y mecánicas.
U.S.D.A.	Agencia Federal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos que regula los equipos que puede emplearse en instalaciones de proceso de carne, aves y lácteos.

Variador electrónico de frecuencia Aparato electrónico capaz de variar la frecuencia de la corriente eléctrica y utilizado para regular la velocidad de un motor trifásico.

Vulcanización Combina azufre con goma elástica para que ésta conserve su elasticidad en frío y en caliente

RESUMEN

Toda industria dedicada al procesamiento de alimentos requiere manejar volúmenes grandes de productos en proceso, sin importar su área específica. Para ello lo ideal es hacerlo de forma continua y con el menor contacto humano posible.

La manera más fácil de conseguir esto es a través del uso de transportadores de banda, actualmente existen una gran variedad de bandas fabricadas de distintos materiales, este trabajo de graduación versa sobre el empleo de bandas modulares de plástico; una tecnología poco difundida en nuestro país pero aceptada y aplicada mundialmente.

Toda la teoría necesaria para comprender qué son y cómo funcionan los distintos tipos de transportadores está contenida al inicio del presente trabajo, un análisis de las causas por las que esta tecnología no es muy conocida ni aplicada en nuestro medio forma también parte del mismo.

Como toda máquina, los transportadores de banda modular plástica; requieren de una serie de etapas tanto de diseño como de su instalación, aquí se detallan todas y cada una ellas, así como las variables importantes que se deben considerar para que al final se obtenga un transportador capaz de cumplir con los requisitos tanto de funcionamiento como de higiene.

También se describe; como utilizar este trabajo y todos los beneficios que se obtienen con la implementación de este tipo de bandas. En los apartados finales se incluye para mayor comprensión, un ejemplo de diseño; utilizando una de las marcas de banda más reconocidas a nivel internacional.

OBJETIVOS

General

Redactar un compendio que reúna la información necesaria para el correcto diseño de sistemas de transportación de productos en proceso; usando banda modular de plástico, de manera que sea fácil de comprender y aplicar, atendiendo específicamente a la industria alimenticia.

Específicos

- a) Conocer qué son, cómo funcionan y cómo se clasifican los transportadores.
- b) Analizar las razones por las cuales es necesaria la creación de un compendio para diseño e instalación de estos equipos.
- c) Señalar cuáles son las principales variables a considerar para el diseño de sistemas de transportación rectos, inclinados y con deflexiones laterales, utilizando banda modular de plástico.
- d) Mostrar la forma correcta de elegir la banda que mejor se adapte a las necesidades específicas del proceso productivo en estudio; independientemente de la marca elegida.
- e) Emplear las características de la banda seleccionada para realizar el diseño de la estructura del transportador.
- f) Describir las etapas principales del proceso de instalación de los transportadores, tomando como base la experiencia personal, así como recomendaciones de algunos proveedores de banda plástica.
- g) Hacer un análisis de las mejoras obtenidas a través de la implementación del presente trabajo y de los transportadores de banda.

INTRODUCCIÓN

Cada día es mayor la necesidad de mejorar la competitividad de la industria nacional, el área de alimentos no es la excepción; si se da un vistazo imaginario al ambiente industrial de Guatemala se puede observar la gran cantidad de empresas existentes que se dedican a procesar alimentos, ésta necesidad de mejorar se acrecienta ante la inminente aprobación de las actuales negociaciones del Tratado de Libre Comercio (TLC) de Guatemala, con el resto de Centroamérica y Estados Unidos. Al ser concretado este tratado se abrirán las puertas de mercados internacionales dándole oportunidad a la industria nacional de competir en ellos. Participar será difícil, en tanto los productores nacionales no tomen medidas radicales para mejorar su situación actual. La forma de lograr esto es a través de la reducción de costos de producción, mejorar considerablemente la calidad de sus productos y servicios así como la tecnificación de sus procesos.

La tecnificación mencionada en el párrafo anterior puede alcanzarse mediante la implementación de mejores métodos de trabajo, por medio de la utilización de la tecnología; disponible en equipos más modernos o bien la adecuada combinación de ambas. El uso de equipos modernos será el área a considerar en el presente estudio; claro está que la gran amplitud de este tema obliga a limitarse de forma más específica. El aporte de este trabajo a la tecnificación de procesos se dará a través de la creación de un compendio para el diseño y la instalación de transportadores usando banda modular de plástico con atención especial a la industria alimenticia.

El trabajo da inicio con una descripción de la teoría relativa a los transportadores, a continuación se detalla la situación actual de cómo se dispone de la información relativa al tema; seguidamente se presenta la propuesta; que es el compendio para diseño e instalación, luego se detalla la manera en que es posible implementar el presente trabajo y finalmente se presenta una forma de evaluar los resultados obtenidos.

1. ANTECEDENTES GENERALES DE LOS TRANSPORTADORES

Es importante antes de dar inicio a la redacción del compendio; conocer aspectos básicos de lo que son los transportadores, esto con la intención de que desde el principio el usuario se familiarice con alguna terminología propia de estos equipos. Es por ello; que a continuación se describen una serie de conceptos sumamente útiles para este fin.

1.1 ¿Qué es un transportador continuo?

Un transportador es una máquina cuya función es llevar objetos vertical u horizontalmente, de una estación de trabajo hacia otra y de forma continua.

1.1.1 Elementos generales que conforman un transportador

Los transportadores están contruidos con una serie de elementos comunes entre sí indistintamente del tipo de transportador del que se trate. Estos componentes son los siguientes.

1.1.1.1 Cuerpo estructural

El cuerpo estructural varía según el tipo de transportador, así por ejemplo el cuerpo de un transportador tipo tornillo sin fin es un canal en forma de “U”; dentro del cual gira el tornillo sin fin. En el caso de los demás tipos la estructura es muy similar entre unos y otros, una especie de cama es sostenida por elementos verticales y sobre la cama se sitúan los sistemas de arrastre, motriz o conductor y el conducido o de reenvío; existen aplicaciones en los que la tracción se instala en el centro de la estructura.

1.1.1.2 Elemento de arrastre

Esta parte de los transportadores es la encargada de mover los objetos. El arrastre lo puede realizar un tornillo sin fin, rodillos, una cadena o una banda.

1.1.1.3 Rodamientos

Son los elementos que se utilizan para sujetar el elemento de arrastre a la estructura o bien a la rueda dentada que da movimiento al elemento de arrastre. Los rodamientos más comúnmente utilizados son cojinetes de bolas y de rodillos para carga axial o transversal y las chumaceras de bancada y de pared.

1.1.1.4 Sistema motriz

El sistema motriz genera el movimiento y la potencia necesaria para hacer funcionar el transportador. Comúnmente esta formado por un moto-reductor o bien motor y reductor acoplados. En ocasiones, es necesario utilizar elementos intermedios para ajustar la velocidad y la potencia, entre los que se puede mencionar la cadena de rodillos, las fajas y las ruedas dentadas (*sprocket*). Puede darse el caso en que el sistema motriz esté formado únicamente por un motor hidráulico, de ser así no es necesario el uso de reductores puesto que estos equipos son capaces de girar a velocidades bajas suministrando la potencia requerida.

1.1.1.5 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico está compuesto por un circuito de mando y uno de potencia. El primero, permite el manejo seguro del equipo; entre los elementos que lo forman están: botoneras de arranque y paro, luces indicadoras, interruptores de seguridad y variador electrónico de frecuencia.

El circuito de potencia es el encargado de la circulación de corrientes eléctricas peligrosas; los elementos de este circuito pueden ser: interruptores de potencia, contactores, interruptores de sobre potencia, interruptores térmicos y condensadores.

1.1.2 Principios mecánicos del funcionamiento de un transportador continuo

Como todas las máquinas los transportadores están regidos por leyes o principios mecánicos que se citan a continuación.

1.1.2.1 La rotación

El movimiento de rotación se ve aplicado desde el arranque del motor, este transmite el movimiento al reductor, a su vez el reductor lo entrega directamente al eje del transportador de tornillo sin fin o bien a los elementos intermedios de transmisión de potencia en el caso de los transportadores de cadena y de banda. El movimiento circular es convertido en movimiento lineal por el elemento de arrastre en el caso de transportador de rodillos el movimiento lineal es consecuencia de la velocidad tangencial que cada rodillo le imprime al objeto que se desea transportar.

1.1.2.2 La fricción

La fricción es otro de los principios aplicados en los transportadores, se ve presente entre los rodillos de los transportadores de banda de hule y la banda misma; también en cada hélice de los transportadores tipo tornillo sin fin; aquí la fricción provoca el desplazamiento del material transportado.

1.1.2.3 La tensión

Este principio se aplica principalmente en los transportadores de banda de hule, estos funcionan si y solo si la banda está lo suficientemente tensa para no resbalar sobre el rodillo que la tracciona. La tensión está también presente en el sistema motriz a través de las fajas o cadenas. Una tensión inadecuada en las fajas provocará que resbale sobre la polea y en el caso de la cadena causa saltos de ésta sobre el *sprocket*. Una tensión alta provocará una carga innecesaria sobre el eje del lado impulsor.

1.1.2.4 La gravedad

El efecto directo de la fuerza de gravedad sobre los objetos, la inclinación del transportador y el hecho de que a los rodillos se les permite girar libremente; son la combinación perfecta para generar el movimiento necesario para transportar objetos de un lugar a otro.

1.1.2.5 El engranamiento

Este principio mecánico está presente en los transportadores de banda modular, de banda de metal y en los de cadena. Todos estos utilizan ruedas dentadas en el lado de tracción, las cuales al girar engranan perfectamente en la banda o cadena; provocando así el desplazamiento del elemento de arrastre.

1.2 Tipos de transportadores continuos

Actualmente existen muchos transportadores; cada uno diferente de los otros, sin embargo; a todos se les puede clasificar en un grupo; partiendo de su forma constructiva y del elemento de arrastre que utilice existen cuatro grupos en los que es posible clasificar a cada transportador estos grupos son expuestos a continuación.

1.2.1 Transportadores de rodillos

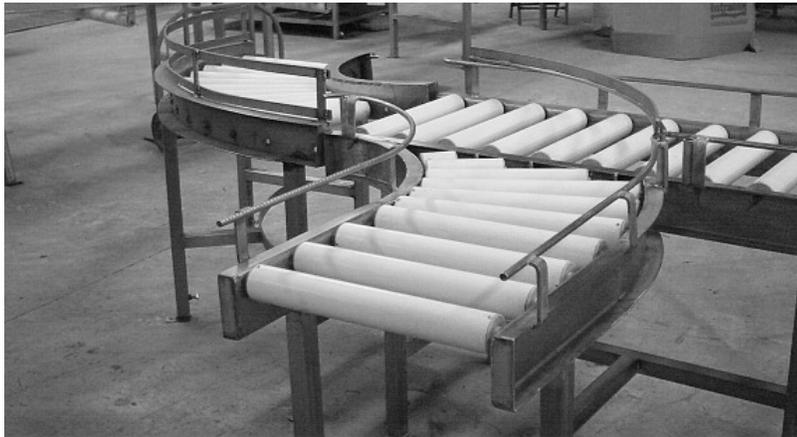
Este tipo de transportador se caracteriza principalmente porque el elemento de arrastre está constituido por rodillos colocados de forma paralela. Existen dos subgrupos de transportadores de rodillos:

- a. Transportadores de rodillos muertos
- b. Transportadores de rodillos vivos

Los transportadores de rodillos muertos son nombrados de esta manera porque para girar no reciben tracción, su movimiento es producto de la interacción entre la fuerza de gravedad que actúa sobre el objeto a transportar y el plano inclinado que forma la estructura que sustenta los rodillos.

Este tipo de transportadores son nombrados muy acertadamente ecológicos puesto que para realizar su trabajo no utilizan energía eléctrica evitando así la cadena contaminante que representa el generar dicha energía. Los transportadores de rodillos vivos son llamados así pues el movimiento necesario es proveído por un motor eléctrico o hidráulico; el cual transmite el movimiento circular a los rodillos por medio de fajas o cadenas. Debido a que en estos transportadores el elemento de arrastre es impulsado; son capaces de trasladar cargas horizontalmente sin requerir la ayuda de la gravedad y del plano inclinado. La figura de la página siguiente ilustra un ejemplo de transportadores de rodillos muertos.

Figura 1. Transportador de rodillos muertos



Fuente: Foto de archivo Servicios y Ventas Industriales S.A. (SVI S.A.)

1.2.2 Transportador tipo tornillo sin fin

Los transportadores tipo tornillo sin fin son utilizados principalmente para el traslado de materiales a granel como por ejemplo cemento, vísceras de pollo, granos, alimento para animales o pulpa deshidratada de fruta. Están compuestos básicamente por un tornillo sin fin el cual gira a velocidad regulada dentro de un canal metálico en forma de “U”.

La potencia y movimiento necesario la genera un moto-reductor o motor hidráulico; ambos pueden estar acoplados directamente al eje del sin fin o bien utilizar elementos intermedios de transmisión de potencia, el producto se traslada en el espacio vacío del paso. La carga del producto en estos transportadores se hace en el extremo conducido por medio de una tolva colocada en la parte superior del canal y la descarga se hace en el extremo conductor en el fondo del canal. La siguiente figura muestra la forma de los canales tipo “U” y un tornillo sin fin izquierdo.

Figura 2. Canal “U” y tornillo tipo sin fin



Fuente: Página electrónica <http://www.comes.es> / 16 de marzo de 2004

1.2.3 Transportadores de cadena

En estos transportadores el elemento de arrastre es una cadena. Actualmente existe una gran variedad de cadenas tanto en forma como en materiales, entre las que destacan:

- a. Cadena de rodillos de metal con empotramientos plásticos de recorridos rectos y curvos.
- b. Cadenas de eslabones plásticos para recorridos rectos o curvos.
- c. Cadenas de tablillas de plástico para recorridos rectos o curvos.
- d. Cadenas de tablillas de metal para recorridos rectos o curvos.

Todas estas aplicaciones; sin importar el material del que estén hechos los eslabones, utilizan ruedas dentadas llamadas *sprocket* o piñones. En estos transportadores; vemos aplicado el principio de engranamiento, cuando la rueda dentada gira, encaja perfectamente en el elemento de arrastre.

Es importante hacer mención que en algunas aplicaciones de cadenas de tablillas en el lado conducido o de reenvío no se utilizan ruedas dentadas sino carretes, muy parecidos a los que se usan para embobinar la cinta de las máquinas de escribir mecánicas. La imagen siguiente ilustra un transportador en el que se combinan rodillos muertos y cadena de tablillas.

Figura 3. Transportador de cadena de tablillas



Fuente: Foto de archivo SVI S.A.

1.2.4 Transportadores de banda

Los transportadores de banda están formados básicamente por el elemento de arrastre que en este caso es la banda, por la estructura metálica y por el sistema motriz.

1.3 Transportadores de banda

Los transportadores de banda son; por denominarlos de alguna manera, los más populares en la industria; se les puede ver en áreas de bodega, producción y empaque. Como ya se mencionó estos equipos están compuestos básicamente por la banda, el sistema motriz y la estructura.

Dependiendo del tipo de banda a utilizar estos transportadores pueden funcionar usando la fricción y tensión o bien el engranamiento; así mismo según sea el caso, la potencia es transmitida a la banda por medio de rodillos o por engranes. A cada banda corresponde una superficie sobre la cual ésta se desliza, las superficies pueden ser; lámina o rodillos, guías de metal o guías de desgaste de plástico. La ventaja principal de estos transportadores es que durante el viaje de ida se puede utilizar toda la superficie de la banda; permitiendo con esto manejar grandes volúmenes de producción.

El elemento de arrastre puede ser de varios tipos y materiales, se puede encontrar bandas de hule transportando maletas en aeropuertos, bandas de metal transportando pan o bien banda plástica transportando microprocesadores electrónicos; esto da una idea de la variedad de aplicaciones; por eso se dice que son los más versátiles de todos, puesto que se puede encontrar la banda adecuada para una aplicación específica.

1.3.1 Tipos de bandas

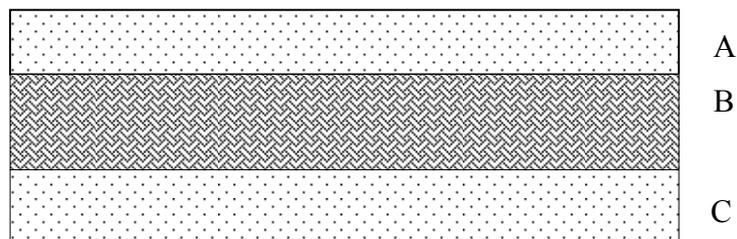
Como ya se mencionó antes, existen muchas bandas todas distintas unas de otras, sin embargo, es posible clasificarlas según el material del cual estén fabricadas. Tomando como base el material se clasifican en tres grandes grupos que son; el caucho, el metal y el plástico.

1.3.1.1 Bandas de caucho

Las bandas de caucho son las más empleadas actualmente, debido a que se pueden utilizar para propósitos muy variados como por ejemplo, el transporte de grava en una cantera de piedra, transportando rosas en una finca de exportación de flores o tabletas medicinales en un laboratorio farmacéutico. Las bandas de caucho están construidas por una serie de capas de distintos materiales por lo que se puede decir que son fabricadas de materiales compuestos.

La siguiente figura muestra la forma básica de cómo están formadas las bandas de caucho, es importante hacer notar que los materiales de las capas varían de acuerdo a la aplicación de la banda, así, por ejemplo, la banda ilustrada se utiliza en estampado por lo tanto no es apta para el transporte de alimentos.

Figura 4. Construcción de una banda de caucho



- A. Poliuretano termoplástico de superficie lisa no adhesiva.
- B. Poliéster de uno o más tejidos.
- C. Fibra de poliéster saturado con caucho, satinado rectificado.

Las bandas de caucho pueden ser unidas en sus extremos por medio de grapas o bien por medio de vulcanizado. Generalmente las grapas utilizadas son fabricadas en acero inoxidable y cuando se decide por la vulcanización es necesario realizar cortes en forma de zigzag en los extremos de la banda de tal manera que encajen perfectamente ambas puntas.

La principal ventaja de esta banda radica en que la inversión inicial es menor comparada con otro tipo de transportador, otra ventaja es que existe gran variedad de bandas, se puede encontrar una banda para transportar cualquier material inclusive alimentos.

Las desventajas de esta banda son: al iniciar su funcionamiento requiere mucha labor de mantenimiento, porque el ser construidas con caucho provoca una deformación elástica, por ello es necesario monitorear esta deformación a fin de corregir la desalineación que esta elongación provoca y evitar un deterioro prematuro de la banda. Una desventaja más es que la banda se fabrica en rollos anchos; de estos rollos los distribuidores cortan la banda con las dimensiones que cada cliente requiere y si el corte longitudinal y transversal no está bien hecho esto causará serias dificultades al momento de que se esté alineando la banda. Otra desventaja es que con el uso va sufriendo agrietamiento en la superficie que está en contacto con el producto provocando a la larga que la suciedad se acumule en estas grietas causando abrasión en la banda reduciendo así la vida útil de la misma. En el caso de las bandas para alimentos el problema de agrietamiento puede causar la aparición de hongos debido a la acumulación de materia perecedera. La figura de 5 muestra un rollo de banda, el corte en zigzag así como cortes longitudinales.

Figura 5. Rollo de banda, unión zigzag y cortes longitudinales



Fuente: Página electrónica <http://www.habasit.com> / 1 de abril de 2005

1.3.1.2 Bandas de metal

Las bandas metálicas son aquellas que se construyen con varillas planas o redondas formando una especie de trama como la utilizada en la fabricación de telas para confeccionar ropa.

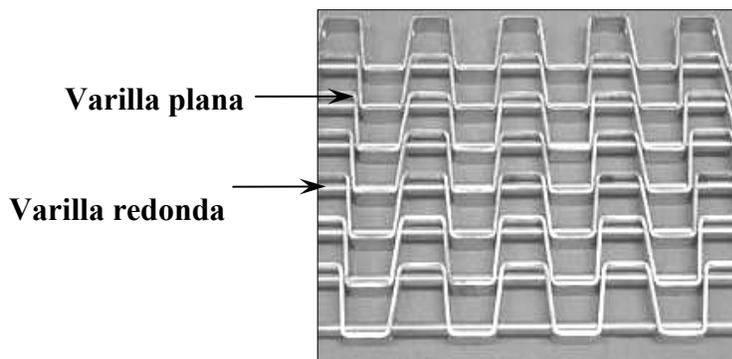
En el caso de estas bandas la tracción es transmitida por medio de ruedas dentadas al igual que en los transportadores de cadena. Las bandas de metal se deslizan sobre guías de metal o bien guías de metal cubiertas con guías de desgaste de plástico.

Existen dos tipos básicos de bandas de metal

- a. Banda de varillas planas para recorridos rectos o curvos.
- b. Banda de varillas redondas para recorridos rectos.

Las varillas planas son deformadas mecánicamente de manera que al final se obtenga una varilla capaz de encajar perfectamente en la varilla siguiente y ésta a su vez en la siguiente y así sucesivamente hasta formar una trama. Cada par de varillas son unidas entre sí por medio de una varilla redonda la cual sirve de pivote la figura 6 ilustra una sección de este tipo de banda.

Figura 6. Forma básica de una banda de metal de varilla plana



Fuente: Página electrónica <http://www.vace.com.mx/> 16 de marzo de 2004

Este tipo de banda es fabricada generalmente con varillas de 9.5 mm de ancho y 1.17 mm de grosor o bien 12.7 mm de ancho y 1.57 mm de grosor. Los materiales más comúnmente utilizados son acero galvanizado, acero de alto carbono, y aceros inoxidables T-304 y T-316.

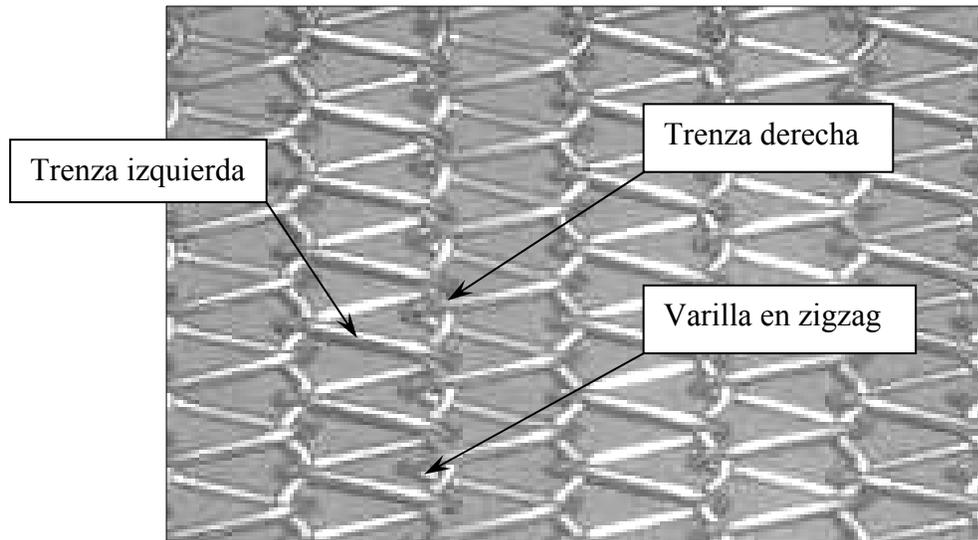
La mayor aplicación de estas bandas es en aquellos procesos en los que los objetos a transportar deben sufrir cambios considerables de temperatura, como ejemplo de aplicación se puede mencionar la industria panificadora ya que para hornear el pan son necesarias altas temperaturas.

Otra aplicación en la que esta banda se desempeña bien es en el proceso de congelación de frutas, verduras o productos cárnicos. Las ventajas principales de estas bandas son su resistencia mecánica a la tracción, su versatilidad ante los cambios de temperatura, su gran área abierta la cual permite la circulación libre de aire hacia el objeto a transportar. Su principal desventaja es el elevado costo de inversión inicial.

Las bandas de varillas redondas son también fabricadas por medio de deformación mecánica; se les da forma de trenzas a la izquierda o derecha, una varilla redonda ligeramente deformada en zigzag es introducida en una de las trenzas de manera que para entrelazar dos es necesario hacer girar una sobre la otra en el sentido correspondiente, así la espira derecha debe girar a la derecha sobre la espira izquierda o la izquierda debe girar hacia la izquierda sobre la espira derecha. La banda se forma trenzando una espira sobre la otra hasta alcanzar la longitud deseada.

Este tipo de banda puede tener aberturas que varían desde 6.35 mm hasta 25.4 mm y peraltes desde 6.35 mm hasta 12.7 mm. Estas bandas son fabricadas con varillas resistentes a la corrosión ambiental y química. Sus ventajas son la posibilidad de aplicarlas en procesos con cambios de temperatura, su gran área abierta a fluidos (agua, aceite o aire). Sus desventajas principales son el costo y el mantenimiento correctivo que se torna difícil por la forma trenzada de sus varillas. La figura 7 ilustra una sección de este tipo de banda metálica.

Figura 7. Forma constructiva de la banda metálica de varilla redonda



Fuente: Página electrónica <http://www.vace.com.mx/> 16 de marzo de 2004

1.3.1.3 Banda modular plástica

La banda modular plástica es la tecnología para el transporte menos difundida en nuestro medio a pesar de que se encuentra en el mercado desde la década de los años setenta. De alguna manera se puede decir que únicamente aquellas empresas visionarias han implementado este tipo de banda dentro de su proceso productivo.

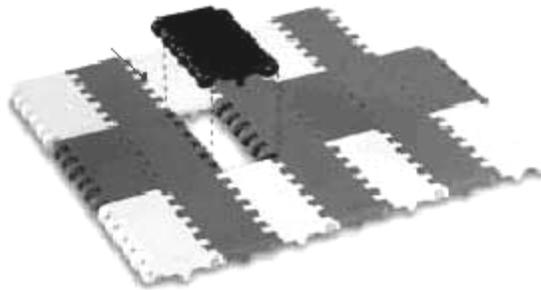
Esta banda se construye a partir de módulos plásticos moldeados por inyección ensamblados en unidades denominadas hileras. Cada hilera se une de manera traslapada a otra; tal y como se hace con los ladrillos de construcción, cada par de hileras se une por medio de una varilla plástica. La banda siempre se desliza sobre guías plásticas de desgaste en el recorrido de ida y en el recorrido de retorno puede elegirse entre rodillos o guías de desgaste la decisión dependerá del tipo de banda y de la aplicación del transportador.

Para la tracción se utilizan engranes plásticos o metálicos al igual que en los transportadores de cadena y banda metálica; generalmente se montan sobre ejes cuadrados, sin embargo, también hay piñones para ejes redondos. Actualmente, existe una gran serie de accesorios para montar en la banda, entre ellos destacan empujadores, guardas laterales, empujadores de cucharón y empujadores de cubeta; no todos los accesorios son aplicables a todas las bandas.

Debido al gran desarrollo de la industria de los polímeros las bandas de plástico tienen campo de aplicación bastante extenso, apoyados en este desarrollo se han creado por ejemplo bandas con deflexiones laterales (curvas), bandas con desempeño normal en temperaturas de trabajo que alcanzan los 104 °C y bandas aprobadas por la Agencia Federal de Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos (F.D.A.), esta agencia regula los materiales que entran en contacto con los productos alimenticios y por la Agencia Federal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (U.S.D.A.) esta institución regula los equipos que pueden emplearse en instalaciones de proceso de carne, aves y lácteos.

La figura 8 ilustra la forma en que los módulos se unen para formar hileras y como las hileras se unen por medio de las varillas para formar finalmente la banda.

Figura 8. Forma constructiva de la banda modular de plástico



Fuente: Página electrónica <http://www.intralox.com> / 15 de abril de 2004

Estas bandas están disponibles en pasos que oscilan entre 12.7 mm y 63.5 mm, en cuanto el ancho y el largo no existe más limitación que la resistencia a la tensión de cada banda, es decir que se pueden construir bandas del ancho y largo que se deseen.

Las ventajas de este sistema de banda son; la disposición en forma de ladrillo provee de gran resistencia, pueden construirse en cualquier ancho y largo, la variedad de materiales en los que la banda está disponible, la instalación de la banda es relativamente sencilla pudiendo incluso prescindir de herramientas complicadas, el mantenimiento preventivo y correctivo suele ser mínimo, los engranes eliminan la necesidad de sistemas de tensión, la misma banda mantiene alineamiento minimizando el desgaste en los bordes de la banda, buen desempeño en temperaturas extremas, superficies de la banda cerradas o abiertas, fácil limpieza y desempeño silencioso entre otras. La desventaja principal es el costo inicial, sin embargo, si se considera por ejemplo que en la industria nacional existen bandas con más de veinte años de trabajo es posible darse cuenta que la inversión con un desempeño como este queda ampliamente justificada.

1.4 Tres aplicaciones generales de los transportadores de banda

Cada empresa posee una distribución de equipo acorde al proceso y producto que fabrica, por eso los transportadores deben adaptarse a las exigencias de la empresa de la mejor manera posible.

Se pueden encontrar procesos en los que sea necesario elevar el producto entre una estación de trabajo y otra o bien el espacio en la planta sea tan reducido que se requiera un transportador curvo, estos casos especiales son tratados a continuación.

1.4.1 Transportadores de banda horizontales

Los transportadores horizontales son utilizados cuando el producto se debe trasladar manteniendo el mismo nivel, únicamente se debe tener cuidado de garantizar el traslado del producto hacia y desde el transportador. Generalmente para los traslados se utilizan canales o resbaladeros, sin embargo, se pueden utilizar transferencias directas utilizando algunos arreglos especiales adecuados a cada tipo de banda.

Por ejemplo, se puede colocar un rodillo de transferencia de diámetro pequeño y el de tracción desplazado hacia abajo y a la izquierda del rodillo de transferencia; un tercer rodillo se debe colocar por arriba y a la izquierda del rodillo de tracción. La figura 9 ilustra un transportador horizontal.

Figura 9. Transportador horizontal de banda



Fuente: Foto de archivo SVI S.A.

1.4.2 Transportadores de banda inclinados

Estos transportadores son especialmente aplicables cuando se requiere elevar el producto en proceso entre una estación y la siguiente; para lograr esto la banda debe estar dotada de empujadores que sean capaces de sostener el producto durante el viaje de ascenso.

Estos equipos pueden elevarse hasta cinco metros por arriba de la estación de carga y con una inclinación completamente vertical, es importante no perder de vista que el recorrido de retorno debe de fabricarse de tal modo que no dificulte la circulación de los empujadores. En cuanto a la transferencia de los objetos a transportar es aconsejable que el lado de la carga del transportador quede por debajo de la estación que le entrega el producto y el lado de la descarga por arriba de la siguiente estación. La figura siguiente ilustra un transportador de banda inclinado.

Figura 10. Transportador elevador



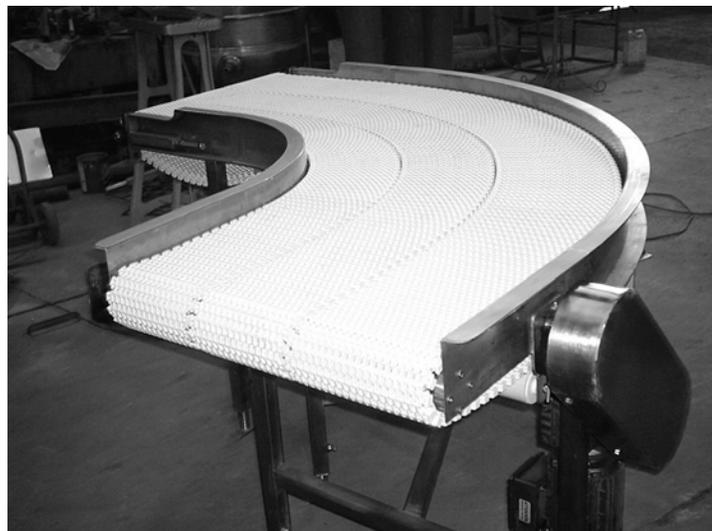
Fuente: Foto de archivo SVI S.A.

1.4.3 Transportadores de banda curvos

Esta clase de transportadores se usa cuando el espacio del que se dispone no permite la circulación lineal del proceso. En ocasiones una máquina está ubicada justo al lado de otra pero las entradas a dichas máquinas no están frente a frente; esto requiere que el producto salga de la primera máquina y retorne paralelamente para ingresar a la siguiente, otro caso puede ser que la maquina esté cerca de un muro y para darle continuidad al proceso es necesario librar la pared.

En estos transportadores es aconsejable utilizar banda metálica o plástica ya que la banda radial de caucho es muy complicada de utilizar. Cada banda tiene ciertas restricciones para desempeñarse bien en una aplicación radial, es por ello que debe tenerse cuidado al momento de decidir que tipo de banda se va a utilizar. En la figura 11 se presenta una ilustración de los transportadores curvos cuya banda es del tipo modular de plástico.

Figura 11. Transportador de banda curva



Fuente: Foto de archivo SVI S.A.

2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Falta de tecnificación de procesos

En nuestro país, el sector industrial que se dedica a procesar alimentos se estableció con intención de satisfacer la demanda del mercado nacional y en algunos casos parte del mercado centroamericano. Buena parte de este sector productivo inició operaciones con poca maquinaria y equipo, hoy en día algunas de estas empresas aún trabajan con esos equipos y otras han crecido lo suficiente para adquirir una mejor tecnología; sin embargo, aún no se alcanza el grado de tecnificación que la época actual exige. A continuación se citan algunos ejemplos de la falta de tecnificación imperante en nuestro medio, existen empresas que utilizan cuartos refrigerados muy pequeños y deteriorados que no son capaces de albergar la producción diaria con la higiene adecuada; internacionalmente, el aluminio y hierro galvanizado son dos materiales que ya no son aceptados para el contacto directo con alimentos; sin embargo, en la industria nacional aún se siguen utilizando.

Otras empresas utilizan marmitas con reparaciones hechas con hierro negro en la chaqueta de vapor, algunas tienen tanques de mezclado cuyos sistemas de agitación utilizan motores con carcasa de hierro pintado. En otras empresas utilizan el vapor para aplicarlo directamente sobre los alimentos; este vapor es conducido a través de tubería de hierro negro cuando lo adecuado es el uso de acero inoxidable.

Los anteriores son unos cuantos ejemplos que evidencian la falta de tecnificación de procesos, en algunas empresas se puede apreciar un estilo de administración reactivo; no se considera el crecimiento que la empresa puede alcanzar; por lo que la mayoría de diseños se hacen únicamente para resolver momentáneamente un problema.

Esta situación debe cambiar, hoy en día con la globalización de los mercados es necesario dar avances significativos hacia la tecnificación y modernización de procesos productivos, procurando hacerlo con tecnología que permita certificar la calidad de los productos internacionalmente.

Si no se toman medidas drásticas seguramente será difícil competir a nivel local, centroamericano y mucho más internacionalmente; esto se evidencia con la actual incursión de productos mexicanos y salvadoreños, los cuales se han venido a posicionar de tal manera que le han restado mercado a los productos nacionales; este posicionamiento lo han alcanzado porque estos productos ofrecen buena calidad a precios razonables. Por lo anteriormente expuesto resulta evidente la necesidad del productor nacional de invertir en la tecnificación de su empresa a fin de convertirla en una empresa competitiva a nivel local e internacional.

2.2 Limitada disponibilidad de asesoría técnica

Como parte del diagnóstico de la situación actual, es posible analizar qué grado de desarrollo a alcanzado el servicio de asesoría para el diseño y fabricación de transportadores de banda modular de plástico.

Actualmente en nuestro país; el servicio de asesoría aún no se encuentra bien desarrollado como lo están las ventas o la importación de productos. Para realizar un diagnóstico es necesario recabar cierta información la cual se utiliza para posteriormente emitir un juicio valedero; la guía telefónica fue la primera fuente de información utilizada, en ella se encuentra una sección que registra un grupo de empresas que ofrecen bandas transportadoras, aquí se publica la página electrónica, los teléfonos y la dirección de cada empresa.

El primer paso fue visitar las páginas electrónicas obteniendo resultados poco alentadores, en algunos casos las páginas no fueron localizadas, otras aún están en construcción y en las páginas que sí fueron localizadas; las empresas no promocionan las bandas transportadoras.

El paso siguiente fue realizar contacto telefónico con cada una de las empresas, los resultados obtenidos en las páginas electrónicas fueron confirmados, algunas empresas consultadas no venden las bandas, erróneamente confunden las bandas para transportador con las fajas para transmisión de potencia, en otros casos resultaron ser revendedores de alguna de las empresas importadoras, otras únicamente venden la banda ya sea que la tengan en plaza o bien la importan en un tiempo determinado, son pocas las empresas que realmente dan asesoría y además se dedican a diseñar y fabricar transportadores atendiendo específicamente a las necesidades de sus clientes. En este último grupo hay quienes compran la banda localmente y otros que la importan directamente desde la empresa fabricante.

El diagnóstico es el siguiente; en la actualidad el servicio de asesoría no está bien desarrollado, casi nadie reconoce que este servicio debe pagarse; la mayoría de empresas únicamente venden las bandas, y en ocasiones aquellas empresas que sí prestan asesoría son timadas por los clientes, pues éstos solamente roban las ideas para materializarlas ellos mismos o contratando otras empresas. Muchas veces los transportadores son importados porque no se cree en la capacidad de los fabricantes de equipo a nivel nacional.

2.3 Poca difusión de la tecnología

En la actualidad, son pocas las empresas procesadoras de alimento que cuentan con transportadores de banda modular plástica, la mayoría utiliza banda sanitaria de hule, ya que por su costo y comercialización es la más popular.

Como ya se mencionó anteriormente, la banda modular de plástico apareció por primera vez en la década de los años setenta, sin embargo, a nivel local no ha alcanzado gran popularidad, algunos de los proveedores locales ni siquiera la conocen; los equipos que cuentan con esta tecnología han llegado a nuestro país no por la promoción de distribuidores locales sino por la visión vanguardista de algunos empresarios, localmente sólo tres empresas distribuyen la banda plástica, lo que evidencia la poca difusión de esta tecnología.

Los proveedores nacionales de banda modular plástica coinciden en que la banda no es muy comercial puesto que su costo es superior al de la banda de hule. La mayor parte de la banda distribuida localmente es utilizada para la reparación de transportadores ya existentes y muy poca para la implementación de nuevos equipos.

Debido a que los costos de importación en nuestro país son elevados, los usuarios de esta banda prefieren comprarla ellos mismos directamente a la fábrica, ahorrándose así el pago extra por el servicio de importación a los proveedores locales. Con el advenimiento del tratado de libre comercio se reducirán los aranceles de importación, con lo cual se puede alcanzar un mayor grado de popularidad y presencia de esta banda en la industria nacional.

2.4 Resistencia al cambio

En la ingeniería de métodos se estudia la actitud negativa de las personas ante la implementación de un método o equipo nuevo de trabajo, esta actitud es conocida como resistencia al cambio, se puede presentar en dos niveles; el primer nivel es el operativo y el segundo el nivel administrativo. Este último nivel es el que más influye negativamente en la decisión de adoptar la tecnología de bandas modulares de plástico, esta resistencia se debe a una serie de factores como lo son : La inercia y el desconocimiento.

La inercia es un deseo innato por mantener la situación tal y como está aún cuando ésta sea notoriamente inferior a la que se tendría al implementar el nuevo sistema de transporte. La incertidumbre, es la actitud que de manera explícita refleja el refrán “más vale lo viejo conocido que lo nuevo por conocer”; el no saber de qué manera se desempeñará la nueva banda provoca negatividad ante la nueva opción. El desconocimiento, realmente es difícil creer y confiar en un nuevo sistema de transporte cuando se desconoce por completo los beneficios que se obtienen con la implementación nueva.

El no estar bien enterado del proyecto puede provocar en el ejecutivo una precaución excesiva y un sentimiento de inferioridad y resentimiento que provoque una actitud de rechazo prematuro contra las nuevas bandas. El costo, en muchas ocasiones el solo hecho de conocer el monto de la inversión causa negatividad por parte de la persona que aprueba la adquisición.

2.5 Manuales escritos en otros idiomas

La mayoría de los equipos y su tecnología existentes en nuestro país, son de origen extranjero. Esto significa que los manuales de información y selección fueran escritos en el idioma del país de origen, la condición de país en vías de desarrollo causa que Guatemala y el resto de América Latina sea muchas veces objeto de cierta discriminación no sólo política y económica sino también a nivel industrial; esta discriminación provoca que muchas veces no se tenga acceso a bibliografía escrita en idioma Español, provocando poca difusión de la tecnología de vanguardia.

Hoy en día, algunas empresas concientes de que en Latinoamérica existe un mercado desatendido y con grandes posibilidades de ser explotado; se han dado a la tarea de divulgar literatura en nuestro idioma, hoy se puede encontrar algunos equipos con manuales de operación escritos en idioma Español.

Cabe mencionar que algunos de los principales productores de banda modular de plástico son Estados Unidos, Alemania, Holanda, Dinamarca y Suiza. Siendo el idioma Inglés considerado el idioma mundial, algunos proveedores europeos se limitan a imprimir manuales en este idioma recayendo en el usuario final la responsabilidad de traducir correctamente algunas palabras o frases técnicas importantes para el manejo correcto de este tipo de banda.

2.6 Guías de selección saturadas de información general

Generalmente los fabricantes de banda transportadora de plástico tienen como fin primordial la comercialización de su producto es por esto que la literatura disponible está cargada de publicidad, cuando lo correcto sería combinar promoción e información técnica. Si se fija la atención en las empresas que distribuyen este tipo de banda a nivel de nuestro país se puede apreciar que son hasta cierto punto egoístas con los manuales técnicos, comúnmente lo que hacen es regalar material impreso con alguna información pero nada que en concreto ayude al ingeniero a realizar un diseño correcto.

De los cinco manuales que se revisaron, cuatro de ellos contenían en un alto porcentaje descripciones de las características de las bandas, como, por ejemplo, el material del que están fabricadas, los pasos, las superficies etc. Otros contienen reseñas históricas de las empresas fabricantes o información de los países donde se puede comprar el producto. Esta saturación provoca confusión en aquellas personas que por primera vez tiene contacto con este tipo de banda ya que no saben por donde comenzar su diseño.

En conclusión, muy pocos proveedores se preocupan por presentar un manual en el que además de conocer la variedad de productos sea también posible tener acceso a fórmulas matemáticas que le permitan al ingeniero diseñar según las condiciones propias del problema a resolver.

2.7 Limitada capacidad de inversión

Actualmente Guatemala continúa siendo un país en proceso de desarrollo, por lo tanto no existe aún una legislación que promueva la inversión nacional ni extranjera, además los productores nacionales prefieren mantener su capital en los bancos ganando intereses que arriesgarlo en una inversión sin garantía.

Si a lo anterior se suma el hecho de que no existe un proyecto de nación que dé continuidad a la políticas de largo plazo sino que al contrario cada nuevo gobierno implementa lo que desde su muy particular punto de vista es el mejor rumbo a seguir. Para algunas empresas es sumamente difícil invertir capital propio debido a que en ocasiones sus ingresos apenas alcanzan para mantenerse a flote y realizar un préstamo bancario resulta demasiado oneroso y arriesgado, por todo esto cambiar o implementar la tecnología de bandas modulares de plástico es algo que muchos industriales no tienen capacidad de hacer.

Sin embargo, en nuestro país existen empresas pioneras que han optado por esta tecnología y ha sido tal la aceptación que cuando deben invertir en una automatización no vacilan en utilizarlas puesto que los beneficios superan en buen margen los costos de inversión.

3 CREACIÓN DEL COMPENDIO PARA EL DISEÑO E INSTALACIÓN

3.1 Factores importantes a considerar para la selección de la banda

Para poder obtener un diseño que satisfaga de la mejor manera posible las exigencias de un problema en particular; es necesario tomar en cuenta una serie de factores que influyen de manera directa en la selección de la banda. Cada una de estas restricciones o variables es detallada a continuación.

3.1.1 Tipos de aplicación del transportador

El punto de partida para cualquier diseño es establecer que tipo de aplicación se necesita construir, para ello se debe de conocer cuál será la función del transportador, es decir si solamente desplazará el producto horizontalmente y en línea recta, lo elevará o le cambiará de dirección al proceso productivo. En resumen aquí se debe elegir entre un transportador horizontal, un inclinado o un curvo.

3.1.2 Disponibilidad de espacio en la planta

El establecer el espacio disponible es un factor muy importante a considerar ya que éste determina las dimensiones máximas del transportador, además hay que recordar que para aquellas empresas que funcionan en instalaciones arrendadas o pequeñas cada metro cuadrado tiene un costo y un valor contable.

3.1.3 Dimensiones generales de la banda

Conocida la disponibilidad de espacio, el siguiente punto a considerar son las dimensiones generales de la banda, es decir el largo y el ancho. Estas dos variables son determinadas por la máquina que alimenta a la banda, el proceso productivo y el volumen de producto que se desee manejar. En cuanto a estas dos medidas la banda no tiene ninguna restricción para transportadores horizontales e inclinados en tanto que para la mayoría de bandas radiales existe una condición que se debe cumplir y es; que el radio de la curva debe ser un múltiplo del ancho de la banda, este múltiplo depende de cada fabricante.

3.1.4 Velocidad de trabajo de la banda

La velocidad de la banda es determinada por el tiempo que se requiere para el traslado del producto de una estación a la siguiente; este tiempo es determinado por el proceso productivo en estudio, por ejemplo; se puede dar el caso en el que se requieran dos minutos para enfriar un producto antes de someterse a la siguiente etapa del proceso y para ello se dispone de diez metros de espacio; esos dos minutos son inalterables por lo que la velocidad de la banda deberá ser tal que el producto tarde dos minutos desde que sale de una estación hasta que llegue a la siguiente; por lo tanto la velocidad de la banda deberá ser de cinco metros por minuto. Es importante hacer notar que con la finalidad de no crear cuellos de botella la banda deberá desplazarse a un ritmo mayor o igual que el de la línea de producción.

3.1.5 Características del producto a transportar

Una vez determinados los factores anteriores el siguiente paso es determinar las principales características del producto que se desea transportar, esto es necesario porque la superficie de la banda se elige tomando como base cada una de ellas.

3.1.5.1 Densidad

Químicamente, se define a la densidad como la relación que existe entre el cociente de la masa y el volumen de un cuerpo, esta característica es importante porque permite definir la superficie de la banda, como ejemplo se puede decir que no es lo mismo transportar una pieza de madera de un metro cuadrado que una esponja de iguales dimensiones. Otro ejemplo puede ser transportar una pieza de costilla de res comparado con transportar frascos de vidrio para envasar mayonesa.

3.1.5.2 Dimensiones y forma

Las dimensiones y forma del producto influye directamente en las dimensiones de la banda, específicamente en el tamaño del eslabón; ya que éste determina la forma en que se transfiere el producto hacia la banda y desde la banda, por ejemplo, si se transportan pasteles las transferencias deben ser suaves para no maltratarlos, por lo tanto para este caso el eslabón debe ser pequeño.

3.1.5.3 Características mecánicas

Todo cuerpo posee propiedades mecánicas, sin importar el material del que esté hecho, la propiedad más importante para la selección de la banda es la dureza, esta propiedad junto a otros factores influye directamente en la selección del material del que esté fabricada la banda, si, por ejemplo, se desea transportar trozos de carne con huesos; el polímero deberá ser capaz de soportar los rayones que en algún momento le pudiera causar el contacto con el hueso.

3.1.5.4 Textura

La textura es una de las características físicas que define la superficie de la banda, ya que de ésta depende la adherencia del producto; por ejemplo, las frutas congeladas requieren de una superficie rugosa para su transporte con esto se evitará que resbalen y caigan del transportador.

3.1.5.5 Características corrosivas

La vida útil de la banda depende de una serie de condiciones, entre ellas se destacan las características corrosivas del material que se transporte, un producto con propiedades corrosivas requerirá de un plástico capaz de soportar la corrosión que el producto pueda provocar. Un ejemplo es la industria pesquera, el marisco recién salido del mar contiene agua salada, ésta provoca deterioro por corrosión por lo tanto la banda debe ser fabricada con un polímero resistente al agua salada.

3.1.5.6 Contenido de humedad

La humedad en el producto puede causar la proliferación de hongos, por ello es importante durante la etapa de diseño considerar esta característica, al hacerlo se tiene la posibilidad de elegir un material que inhiba el crecimiento de hongos o bacterias perjudiciales a la salud humana.

3.1.5.7 Temperatura

Es muy importante considerar la temperatura del objeto que se transporta, el efecto de ésta sobre la banda puede ser contracción o dilatación, si se transportan verduras recién cocidas a una temperatura de setenta grados centígrados, la reacción del polímero será una dilatación considerable.

Continuando con el análisis del efecto de la temperatura supongamos ahora que el producto a mover son mangos congelados, el efecto será de contracción, por lo anteriormente expuesto es importante conocer la temperatura a fin de elegir el material que mejor se adapte a la temperatura del producto.

3.1.5.8 Naturaleza del producto

Esta característica se refiere al origen del producto que se transporta, para éste caso en particular la naturaleza del producto es de origen animal o vegetal puesto que el compendio se centra en el transporte de productos alimenticios.

3.1.6 Cambios del producto durante el proceso

Para realizar el mejor diseño se debe tomar en cuenta los cambios que experimenta el producto durante el proceso y específicamente aquellos que ocurren sobre la banda, par tener un mejor concepto al respecto se discutirán algunos cambios presentes en la mayoría de procesos.

3.1.6.1 Calor

En algunos productos es necesario que durante el proceso se les aplique calor, generalmente se hace a través de resistencias eléctricas y aire, este calor también afecta la banda transportadora, si durante la etapa de diseño no se considera esta situación puede ocurrir que en la banda se presente una dilatación más allá de lo normal, un ejemplo puede ser una empresa que se dedica a comercializar comidas preparadas, las bandejas de comida son recubiertas con plástico termoencogible e irradiadas con aire caliente para lograr que la película plástica se estire. Este factor influye en la elección tanto del material como de la superficie de la banda a utilizar.

3.1.6.2 Enfriamiento

Existen procesos en los que es necesario aplicar frío al producto, este cambio en el producto es importante ya que ayuda a definir el tipo de superficie y el material de la banda, si es necesario enfriar el producto será conveniente utilizar una banda que permita la circulación del aire frío alrededor del objeto; para lograr esto es necesario utilizar una banda con superficie abierta.

3.1.6.3 Lavado, enjuagado, drenaje

En algunos casos es necesario que durante el proceso el producto sea lavado, enjuagado y drenado, por esta razón es necesario considerar la manera en que se realizará esta operación, la banda que mejor se adaptará a estos requerimientos es la de superficie abierta; puesto que ésta permite el paso de agua hacia el producto y el posterior drenado de la misma. Un ejemplo pueden ser las frutas recién cortadas, éstas requieren del proceso de lavado para su posterior preparación.

3.1.6.4 Secado

Si el proceso requiere la eliminación total del agua después de una operación de lavado, seguramente se utilizará aire a gran flujo; para lograr el secado total es necesario que la banda permita la circulación del flujo de aire, esto se logra con una banda de superficie abierta, un ejemplo pueden ser los frascos de vidrio para contener medicinas en polvo. Estos frascos deben ser lavados y posteriormente secados completamente para evitar que el contenido se humedezca y se deteriore con el paso del tiempo.

3.1.7 Condiciones sanitarias y de limpieza

Aunque el mantenimiento mecánico de la banda es mínimo, no se puede pasar por alto la limpieza de la misma, el hecho de manipular alimentos implica que se haga bajo condiciones sanitarias adecuadas, por lo tanto es necesario evitar el crecimiento de microorganismos nocivos a la salud del consumidor final. A continuación se describen algunos aspectos importantes a considerar.

3.1.7.1 Temperaturas severas o sustancias químicas fuertes

Con la finalidad de evitar el crecimiento bacteriológico es necesario muchas veces la aplicación de temperaturas severas o bien sustancias químicas fuertes, determinar esto en la etapa de diseño ayudará a evitar que las mismas causen daños irreversibles en la banda, para ello es necesario que desde el principio se elija el polímero que mejor se adapte a las temperaturas y sustancias químicas necesarias para la limpieza del equipo.

3.1.7.2 Necesidad de limpieza continua

Existen procesos en los cuales al producto se le aplican sustancias o bien se desprenden pequeñas piezas del mismo producto, éstas se acumulan en la banda provocando suciedad, para evitar esto es recomendable que el diseñador implemente elementos de limpieza que remuevan esta materia y además funcionen mientras el transportador está trabajando; éstos elementos de limpieza pueden ser, boquillas aspersoras de agua o bien cepillos. Un ejemplo puede ser un transportador para carne; es inevitable que pedazos de carne se desprendan de la piezas grandes, si éstas no se remueven se acumularán y causarán suciedad por ello es necesario un dispositivo de limpieza que elimine las posibles fuentes de contaminación.

3.1.8 Características ambientales de operación

Otro factor importante en el diseño del transportador es el ambiente en el que operará el equipo, esto influye en la banda a elegir puesto que permite elegir correctamente el polímero, es necesario tener en mente que no es lo mismo operar un equipo en un ambiente seco que en uno polvoriento. Considerar este factor favorecerá el diseño puesto que evitará hacer correcciones de última hora.

3.1.8.1 Temperatura

El plástico es un material sumamente sensible a la temperatura, su desempeño depender de que tan elevada o baja sea la temperatura, no todos los polímeros se desempeñan de la misma manera ante el frío o el calor, es por ello que se hace necesario determinar de antemano la temperatura ambiental de operación del equipo a fin de considerar esta variable en la etapa de diseño. Otro aspecto importante de la temperatura de operación es el hecho de que a determinadas temperaturas las bacterias se desarrollan más rápidamente, y a otras temperaturas se inhibe el crecimiento bacteriano.

3.1.8.2 Humedad, agua de condensación del vapor de agua

La humedad es otro factor ambiental determinante en la selección del material, está junto a otros factores; determinan el tipo de plástico a utilizar, el agua de condensación del vapor de agua contiene cierto tipo de minerales que le fueron agregados al agua con el fin de evitar las incrustaciones en la caldera. Estos minerales pueden ser dañinos para la banda al momento de que el vapor se condense y se depositen en la banda, por ello en la etapa de diseño se debe considerar este factor.

3.1.8.3 Materiales abrasivos

Existen ciertos materiales que son considerados como abrasivos para los polímeros de las bandas, si no se tiene el cuidado de elegir un material lo suficientemente capaz de resistir la abrasión se corre el riesgo de reducir considerablemente la vida útil del equipo, un ejemplo de material abrasivo es el azúcar, razón por la cual en la industria panificadora es sumamente importante elegir un plástico más duro que los cristales del azúcar.

3.2 Selección del material adecuado

En la actualidad existe una gran cantidad de polímeros; cada uno con características que lo hacen útil para unas aplicaciones pero inservible para otras, la mayoría de fabricantes de banda utilizan los mismos materiales, algunos le agregan ciertos compuestos para mejorar el desempeño del material base por ello es importante conocer bien las distintas opciones que cada proveedor ofrece.

La forma de elegir el material que mejor satisfaga las exigencias de un proceso en particular es a través de la consideración de cada uno de los factores descritos en los numerales anteriores; tomar en cuenta cada uno de ellos hará que la elección final sea la mejor, ahora bien es importante tener claro que siempre habrá un factor que interese más que otro y es casi seguro que será este factor el que determine el polímero a utilizar. A continuación se describen los polímeros que la mayoría de fabricantes utilizan para fabricar sus bandas.

3.2.1 Polipropileno

Es un material termoplástico con buenas propiedades de resistencia química a muchos ácidos, bases sales y alcoholes. El polipropileno es un material económico para aplicaciones a temperaturas elevadas. Este material presenta cierta fragilidad a bajas temperaturas.

Posee un buen balance al ser un material liviano y al mismo tiempo de resistencia moderada, flota en el agua con una gravedad específica de 0.90; su rango de temperatura varía entre 34 °F (1°C) a 220 °F (104 °C), no es recomendable su uso donde ocurran impactos demasiado fuertes por debajo de los 45 °F (7 °C). Este material cumple con las regulaciones de la FDA para ser aplicado en manipulación de alimentos.

3.2.2 Polietileno

Es otro termoplástico liviano, caracterizado por su resistencia a los impactos y por su flexibilidad. Flota en el agua con una gravedad específica de 0.95, presenta excelentes características antiadherentes; su desempeño es sobresaliente a temperaturas mucho más bajas. Su rango de temperatura varía entre los -100 °F (-73 °C) a 150 °F (66 °C), es resistente a muchos ácidos, bases e hidrocarburos; este material cumple con las regulaciones del FDA para el contacto con alimentos.

3.2.1 Acetal

El acetal es considerablemente más resistente que el polipropileno y el polietileno y posee un buen equilibrio entre características mecánicas, térmicas y químicas. Posee buena elasticidad y resistencia a la fatiga; tiene un bajo coeficiente de fricción, convirtiéndolo en una buena opción para el manejo y transporte de envases.

El rango de temperatura de operación varía entre $-50\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($-46\text{ }^{\circ}\text{C}$) a $200\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($93\text{ }^{\circ}\text{C}$). su gravedad específica es de 1.4 y es relativamente resistente a impactos. Este polímero es bastante duro por lo que es resistente a los cortes y ralladuras. Este material también es aprobado por la FDA y el USDA.

3.2.4 Nylon HR

Es aprobado por el FDA, su límite superior de temperatura a exposición continua es de $240\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($116\text{ }^{\circ}\text{C}$) y de $270\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($132\text{ }^{\circ}\text{C}$) para exposiciones intermitentes, la gravedad específica es de 1.13. Una peculiaridad de este material es que absorbe agua en ambientes húmedos, haciendo que se dilate la banda. También se expande por cambios de temperatura; su coeficiente de expansión térmica es de $0.000544\text{ pul/pie}/^{\circ}\text{F}$ ($0.081\text{ mm/m}/^{\circ}\text{C}$).

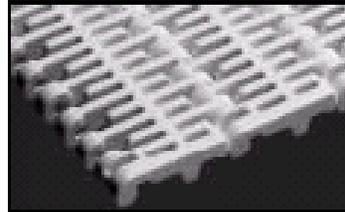
3.3 Selección de la superficie de la banda

La facilidad de los polímeros para ser inyectados en las más diversas formas ha sido aprovechada por los fabricantes para ofrecer una amplia gama de superficies de banda. Cada superficie puede ser utilizada según las necesidades de un determinado proceso; en la figura 12 se ilustran los estilos más comunes de banda.

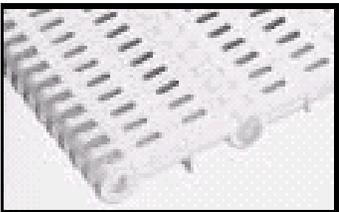
Figura 12. Diferentes superficies de banda



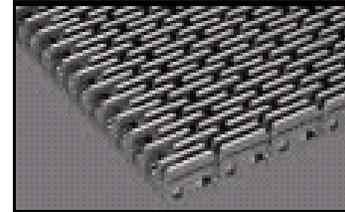
Superficie plana



Superficie de rejilla



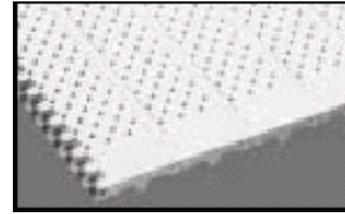
Superficie plana perforada



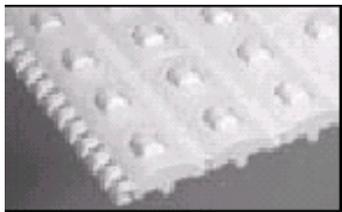
Superficie de costilla elevada



Superficie de fricción



Superficie texturizada



Superficie plana con rodos

Fuente: Página electrónica <http://www.intralox.com> / 15 de abril de 2004

La manera correcta de elegir la superficie de banda que mejor satisfaga la necesidad de un proceso en particular; es a través de la correcta consideración de cada factor descrito en los numerales 3.1.5 al 3.1.8.

Una equilibrada consideración de cada uno de estos factores dará por resultado una buena elección; sin embargo, al igual que en el caso del material, existirán una o dos restricciones de mayor peso que hagan que la elección sea inclinada hacia la satisfacción de esos factores.

3.4 Selección de la banda tomando como base la resistencia de la banda

Para seleccionar la banda hasta ahora se han considerado únicamente aspectos relacionados con el producto a transportar, sin embargo es necesario determinar si existe una banda que se adapte a los requerimientos particulares del proceso en estudio. No todas las bandas se pueden utilizar para elevar producto o para recorridos curvos, por lo tanto es necesario que se consideren algunos aspectos importantes; estas variables son utilizadas generalmente en las fórmulas que los fabricantes han desarrollado para el análisis de la resistencia mecánica de las bandas.

3.4.1 Recorridos rectos e inclinados

Para los recorridos rectos horizontales es posible utilizar prácticamente cualquier estilo de banda ya que esta aplicación es la más sencilla de todas; en el caso de los recorridos inclinados solamente se pueden utilizar algunas bandas diseñadas específicamente para este tipo de aplicación; para pequeñas inclinaciones es posible seleccionar bandas de superficie texturizada, sin embargo, cuando el ángulo de elevación sobrepasa los treinta y cinco grados y el producto viaja mojado es necesario utilizar elementos de arrastre, los cuales pueden ser empujadores rectos, empujadores de cucharón o aleta y tipo cubeta.

Cada uno de los tres tipos de empujador está montado en un ladrillo de la banda, por lo que no se requiere de elementos especiales para sujetarlos a la misma; además de los empujadores existen otros accesorios útiles para evitar que el producto caiga por los lados de la banda, a estos elementos se les conoce como guardas laterales; es importante aclarar que no todos los estilos de banda son capaces de portar estas guardas, por lo tanto si se requieren guardas laterales debe de asegurarse que la banda elegida permita el uso de estos elementos.

3.4.1.1 Peso del producto

Esta variable es la más importante desde el punto de vista del análisis mecánico de la banda puesto que este peso genera una tensión que la banda debe ser capaz de soportar.

3.4.1.2 Largo del transportador entre centro de ejes

Es la distancia que hay entre los ejes de tracción y el de reenvío. Al conocer esta longitud y multiplicarla por el ancho de la banda se determina el área total disponible para el transporte del producto.

3.4.1.3 Cambios de elevación

Esta variable se refiere a la distancia vertical que existe entre el centro de los ejes de tracción y reenvío, es decir la altura a la que se desea elevar el producto.

3.4.1.4 Porcentaje de la banda sobre la cual se estima acumulación de producto

Existen procesos en los que debido al volumen de producción que se maneja ocurre acumulación de producto sobre la banda, ya sea en la entrada o en la salida del transportador, esta acumulación causa un aumento de tensión, por ello es importante considerarla y así asegurarse que la banda soportará este exceso de carga.

Este porcentaje se calcula por medio del área total de la banda. Por ejemplo; si una banda tiene un metro de ancho y cinco de largo, el área total es de cinco metros cuadrados, suponiendo que se acumule producto en un metro cuadrado; el porcentaje de la banda sobre la cual se acumula producto representa el veinte por ciento del total del área disponible.

3.4.1.5 Máxima temperatura de operación

La temperatura de operación del transportador se refiere a la temperatura del recinto dentro del cual funcionará el transportador, esta temperatura es importante porque incide directamente en la banda, si al efecto de la temperatura de operación se le añade el efecto de la temperatura del producto se tendrá una temperatura final capaz de dilatar la banda más allá de lo recomendado.

En las fórmulas matemáticas la temperatura generalmente se expresa en grados centígrados o grados Fahrenheit, esto dependerá del país de origen de la banda que se seleccione. Cada fabricante de bandas posee tablas en las cuales es posible determinar las temperaturas máximas de operación del equipo.

3.4.1.6 Tipo de material sobre el que correrá la banda

Este tipo de bandas deben correr sobre guías plásticas de desgaste, la mayoría de fabricantes utilizan polímeros de alta densidad (HDPE) y de peso molecular alto (UHMW), la banda puede correr sobre metal cuando el proceso es húmedo, sin embargo, para prolongar la vida útil de la banda es necesario utilizar las guías de desgaste.

3.4.1.7 Características de servicio del transportador

Este aspecto se refiere a la forma en que se trabajará la banda, es decir si tendrá arranques frecuentes o no; si se arrancará en vacío o con carga, si arrancará a máxima potencia o se acelerará en un tiempo determinado.

Cada fabricante provee tablas en las cuales se puede obtener un número adimensional el cual corresponde a determinadas características de servicio; este factor se utiliza en las fórmulas matemáticas para evaluar la resistencia a la tracción de la banda.

3.4.2 Recorridos curvos

El otro tipo de aplicación son los transportadores de recorrido curvo, la banda para esta aplicación se caracteriza por el hecho de poder efectuar giros laterales; esto es posible gracias a su diseño de acordeón, en la mayoría de estas bandas los bloques que la forman pueden deslizarse libremente sobre las varillas de unión, logrando así que en las curvas el lado interno de la banda se comprima en tanto que el lado externo se expande permitiendo así el giro de la banda.

La mayoría de bandas radiales requieren guías de desgaste especiales para mantener prisionera la banda en los recorridos curvos; esto con la finalidad de que la banda no se levante en la parte externa de la curva.

Uno de los fabricantes tiene bandas que en la parte de abajo poseen una especie de gancho para mantener sujeta la banda a la guía de desgaste, otro fabricante tiene una banda que permiten el uso de empujadores rectos y de guardas laterales. La variedad de bandas para recorridos curvos es grande; sin embargo, los principios de funcionamiento son básicamente los mismos. Existen algunas consideraciones importantes para el buen diseño de transportadores curvos, por ello se describen a continuación.

3.4.2.1 Longitud de cada recorrido recto

Con la finalidad de que la banda se relaje de las tensiones provocadas por la curva, es necesario que viaje un espacio recto antes y después de cada giro. Estos recorridos rectos tendrán una longitud mínima proporcional al ancho de la banda y dependiente de su ubicación.

Existe una distancia mínima entre el eje conductor y la primera curva y otra entre el eje conducido y la última curva; estas distancias deben ser indicadas por el fabricante de la banda plástica. Finalmente es necesario saber que entre cada par de giros contrarios se requiere una distancia recta que depende del fabricante en tanto que dos giros en la misma dirección no requiere espacio recto alguno.

3.4.2.2 Ángulo y sentido de giro de cada vuelta

Otras dos variables importantes para el diseño de transportadores curvos con banda plástica son el ángulo y el sentido de giro. El intervalo de ángulo en el cual es factible el giro de la banda oscila entre noventa y ciento ochenta grados, lo anterior significa que la banda puede retornar paralelamente a sí misma en un radio proporcional al ancho de la banda.

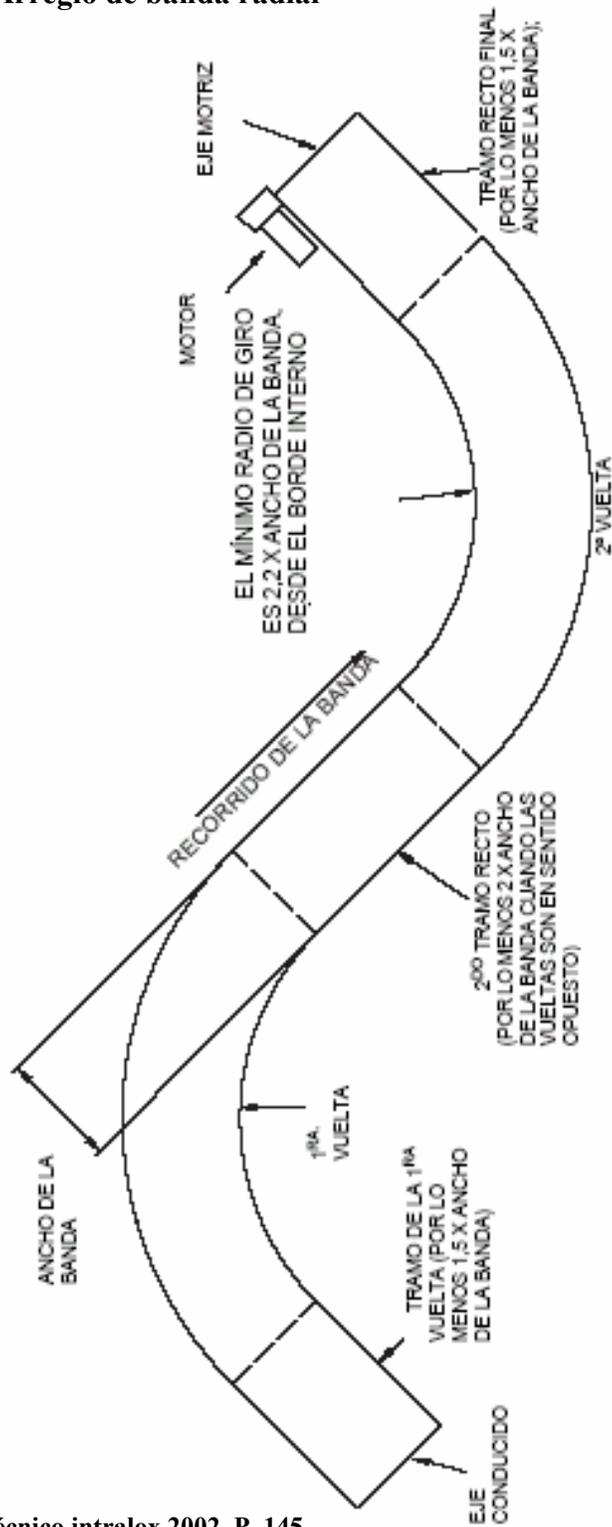
La otra variable importante es el sentido de giro de la banda, el cual puede ser hacia la izquierda o hacia la derecha, las combinaciones posibles son; dos giros en el mismo sentido o dos en sentidos opuestos. De manera más explícita se puede decir izquierda-izquierda, derecha-derecha, izquierda-derecha o derecha-izquierda. Si la disponibilidad de espacio requiere más de dos giros se recomienda consultar con el proveedor de la banda a fin de obtener de él la asesoría necesaria.

3.4.2.3 Radio interno de giro

Esta restricción se refiere a que la banda puede girar únicamente a partir de cierto radio que es proporcional al ancho de la banda, si no se cumple con este requisito la banda no gira. Cada fabricante provee un número adimensional por el cual hay que multiplicar el ancho de la banda y obtener así el radio mínimo de giro.

La figura 13 ilustra un arreglo de banda radial, en ella se pueden observar tramos rectos antes de cada curva así como algunas relaciones entre radio de curvas y el ancho de la banda.

Figura 13. Arreglo de banda radial



Fuente: Manual técnico intralox 2002, P. 145

3.5 Otras variables a considerar

Es importante tomar en cuenta otra serie de variables que influyen en la selección; algunas de estas variables ya fueron consideradas desde el punto de vista del producto a transportar, sin embargo, es necesario evaluarlas nuevamente pero ahora desde el punto de vista de la banda. A continuación se describe el análisis a seguir.

3.5.1 Velocidad de la banda

Desde el punto de vista de la banda, la velocidad es una variable determinante porque influye directamente en el desgaste y por lo tanto en la vida útil; la velocidad tiene efecto directo en los engranajes y las articulaciones de la banda puesto que cada rotación de los engranajes provoca rozamientos en dichas partes. El efecto de la velocidad es mayor cuando la banda es corta puesto que una banda corta pasa mayor número de veces que una banda larga viajando a la misma velocidad, esto significa que el desgaste, además de la longitud de la banda; el número de dientes del engranaje es otro factor determinante, es decir que a mayor número de dientes mayor desgaste en módulos y articulaciones.

Otro efecto de la velocidad es el desgaste provocado por el contacto de la banda con las guía de los rodillos de retorno y demás elementos; finalmente hay que agregar que una operación seca, es decir sin presencia de agua, provoca un mayor deterioro en la superficie de la banda.

3.5.2 Condiciones abrasivas

Si entre la banda y la superficie de deslizamiento se depositan materiales abrasivos; estos, combinados con la velocidad provocarán desgaste prematuro; es decir, mayor al que se presentaría en condiciones normales de operación. En conclusión las condiciones abrasivas provocan desgaste en relación directa con la longitud y la velocidad de la banda.

3.5.3 Forma de los ejes para la tracción

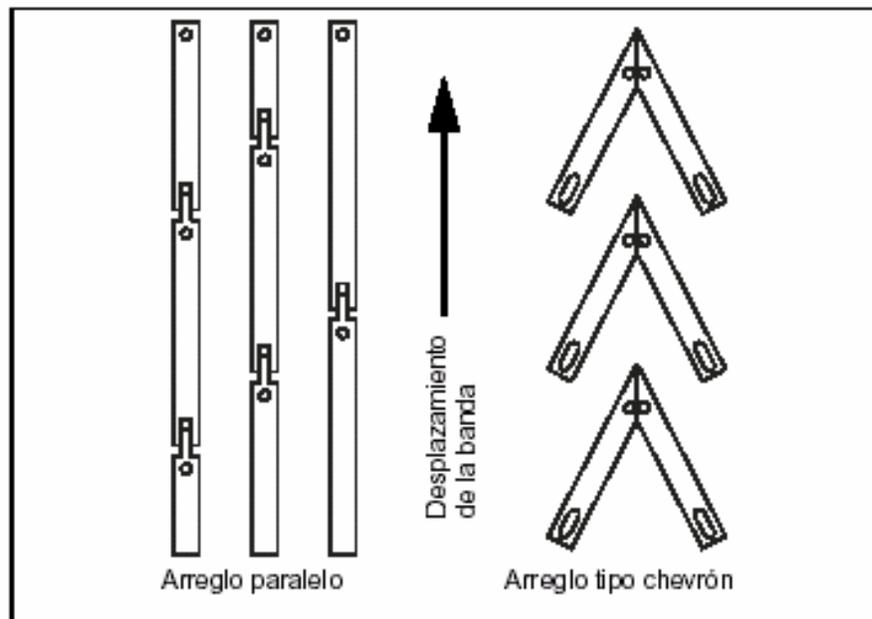
Otra variable influyente en la elección de la banda; es la forma de los ejes para la tracción, la mayoría de proveedores de banda fabrican los engranajes con agujeros cuadrados o redondos, por lo tanto la elección entre uno u otro depende de la tensión que soporta la banda; esta tensión es transmitida al eje provocando sobre este una deflexión, esta deformación no debe exceder de ciertos límites, si el producto a transportar genera una tensión ligera bastará usar un eje redondo en tanto que si la tensión es elevada lo mejor será utilizar un eje cuadrado. Mecánicamente hablando los ejes deberán de evaluarse como una viga simplemente apoyada y comparar el desempeño de cada uno y a partir de esto decidir cual emplear, cada fabricante provee fórmulas matemáticas y tablas útiles para este análisis. Una ventaja de los ejes cuadrados es el hecho de que no necesitan cuñas para traccionar la banda en tanto que los ejes redondos sí.

3.5.4 Guías de desgaste

Las guías son fabricadas de acuerdo al tipo de aplicación del transportador, así una banda radial utilizará guías especialmente diseñadas para asegurar la banda en las curvas; tanto en el recorrido de ida como en el de retorno, el número de guías necesarias depende del ancho de la banda, cada fabricante proporciona tablas en las que se puede determinar la cantidad adecuada a utilizar.

Las guías de desgaste pueden colocarse paralelas entre sí en el sentido de avance de la banda o bien en un arreglo conocido como chevrón, este último arreglo se utiliza cuando se transportan objetos pesados o bien en condiciones corrosivas; y consiste en colocar las guías en ángulo β (entre 10° y 30°) medidos respecto a la longitud y desde la orilla de la banda hacia el centro de esta. La figura 14 muestra el arreglo chevrón o Herringbone y un arreglo paralelo.

Figura 14. Arreglo chevrón y paralelo



Fuente: Manual de instalación de bandas transportadoras intralox 2003, P. 4

3.6 Cálculos necesarios para establecer si la banda resistirá la tensión provocada por la carga a transportar

Una vez elegida la banda es necesario saber si ésta resistirá la tensión que provoca el producto a transportar, la fricción, el producto acumulado y el propio peso de la banda. En estas fórmulas generalmente el peso se expresa como una carga distribuida en un área.

La resistencia de la banda se obtiene en unidades de fuerza entre unidades de longitud de ancho de la misma. Las fórmulas incluyen el factor de servicio e incluso factores por temperatura de operación.

Los resultados obtenidos se comparan con los datos proporcionados por el fabricante, si estos son menores que los valores preestablecidos; la banda seleccionada resistirá, de lo contrario habrá que elegir otro estilo de banda o bien otro material y recalcular.

Cada fabricante provee un manual técnico donde presenta las fórmulas necesarias para evaluar mecánicamente la banda; según el caso particular que se esté considerando, por ello es necesario que cuando se elige una marca en especial se soliciten estos manuales. Algunos proveedores aplican la misma fórmula para transportadores horizontales e inclinados la diferencia esta en el arreglo matemático ya que únicamente hay que incluir o no los cambios de altura; otros consideran cada aplicación por separado.

3.7 Cálculos adicionales útiles para el diseño del transportador

Además de la resistencia de la banda; hay una serie de cálculos adicionales y necesarios para complementar el diseño, entre los principales están:

- Cantidad de engranajes a utilizar; para este fin cada fabricante proporciona tablas en las cuales tomando como base el ancho de la banda se determina cuantos engranes usar; en ocasiones la cantidad depende el estilo de banda.
- Deflexión del eje motriz; este cálculo se realiza analizando el eje como una viga simplemente apoyada, del resultado de este cálculo se determina si el eje será capaz de soportar la tensión que le transmite la banda.

- Potencia del motor; esta potencia se calcula partiendo del par necesario en el eje motriz, luego se calcula la potencia para accionar la banda. Los fabricantes de bandas proporcionan fórmulas sencillas.
- Cantidad guías de desgaste a utilizar; para determinar la cantidad adecuada es necesario consultar las tablas del fabricante, en ellas se especifica con base en el ancho de la banda y el estilo de la superficie la cantidad de guías a utilizar tanto en el recorrido de ida como en el de retorno.

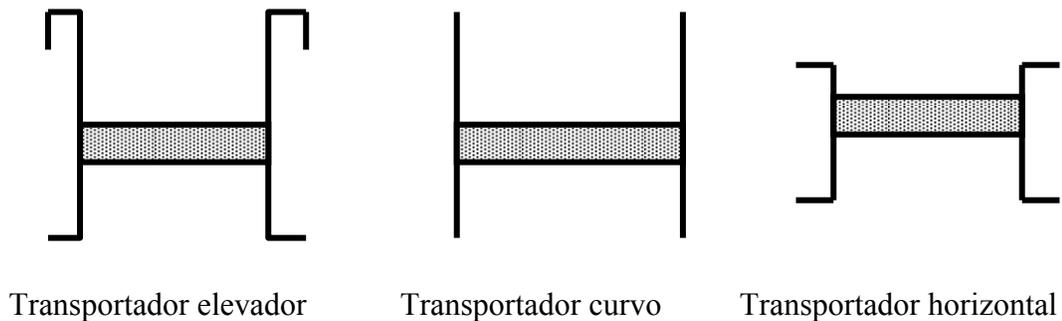
3.8 ¿Cómo influye la banda elegida en el diseño de la estructura metálica del transportador?

Una vez definida la banda a utilizar el paso siguiente es diseñar la estructura del transportador, la banda restringe en muchas ocasiones el diseño ya que cada banda requiere de ciertos elementos indispensables; así por ejemplo, una banda con paso de una pulgada para transferir directamente a otro transportador necesita que la tracción se ubique por abajo y hacia la derecha del punto de transferencia. Otro caso puede ser un transportador elevador con empujadores rectos, si el ancho de la banda es mayor de doce pulgadas será necesario que además de las guías de desgaste laterales en el retorno se coloque una tercer guía en el centro de la banda para evitar así la deflexión transversal de la misma. A continuación se desglosa cada uno de los elementos principales de un transportador de banda plástica.

3.8.1 Diseño del perfil a utilizar

El perfil es el elemento que hace las funciones de viga en la estructura del transportador, éste puede tener formas muy variadas dependiendo del tipo de aplicación; si se trata de un transportador elevador se recomienda que el perfil sea una pulgada más alto que el empujador ya que con esto se evitará que el producto se salga por los lados, en el caso de los transportadores horizontales existen dos opciones; si la banda hace entregas transversalmente lo mejor es que la banda quede por encima del perfil de lo contrario el perfil deberá ser por lo menos del alto del producto que se transporta, el perfil de los transportadores curvos por lo general es del alto de los objetos que se transportan. La figura 15 muestra los distintos perfiles y la aplicación a la que corresponde, la banda aparece es representada por el área ashurada.

Figura 15. Perfiles y su aplicación



Generalmente los perfiles para aplicaciones inclinadas y horizontales son fabricados con lámina de acero inoxidable de 3 mm. de espesor, en longitudes de 2.44 o 3.05 mts. ; sin embargo, si la carga a transportar es liviana se pueden utilizar espesores de 1.5 o 2 mm. En el caso de las aplicaciones curvas, no se tiene un perfil especial, la rigidez necesaria se obtiene utilizando lámina de 6 mm. sin doblez, ya que no es posible darle forma curva a la pieza.

3.8.2 Plataformas de recorrido en transportadores horizontales

Las plataformas de recorrido se subdividen en dos; la de ida y la de retorno, las plataformas de recorrido horizontal son las más sencillas en relación a las otras dos aplicaciones a continuación se describe cada una de ellas.

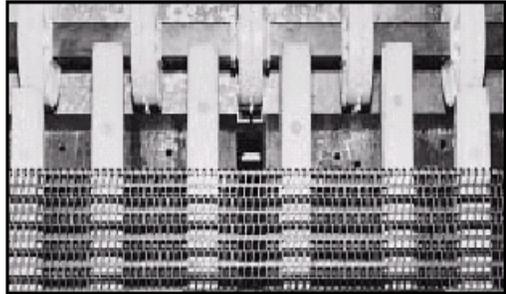
3.8.2.1 Plataformas de ida

Las plataformas de ida son aquellas sobre las cuales la banda circula transportando el producto; ésta plataforma se construye mediante la unión de los perfiles por medio de durmientes, los durmientes son denominados así en analogía a los durmientes de una línea férrea éstos se colocan aproximadamente cada metro.

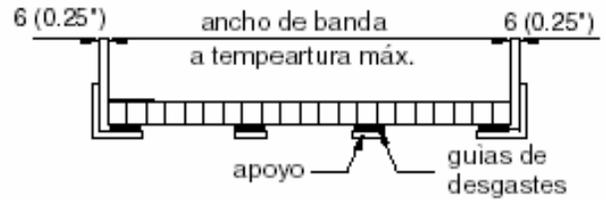
Siguiendo la comparación el siguiente elemento es la base para colocar la guía de desgaste, al igual que los rieles en la línea férrea se instalan perpendicularmente a los durmientes y por lo tanto paralelos al perfil principal.

Es necesario recordar que en el caso de los transportadores horizontales se pueden utilizar dos tipos de arreglos en las guías de desgaste, tal y como se describió en el numeral 3.4.5 un dato importante es saber que las guías de desgaste deben de colocarse 12.7 milímetros mas allá de la línea del eje a fin de evitar hundimientos de banda entre los engranajes y los extremos de las guías de desgaste tal y como se observa en la figura 16a. En la figura 16b se observa como se colocan las guías de desgaste paralelas al recorrido de la banda.

Figura 16. Plataforma de recorrido horizontal



16a



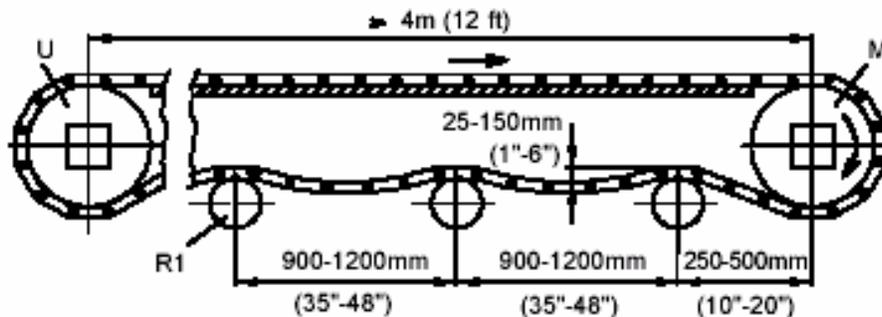
16b

Fuente: Página electrónica <http://www.habasit.com> /15 de mayo de 2004

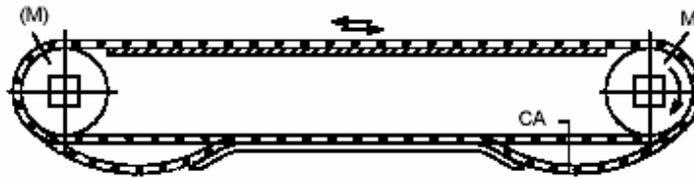
3.8.2.2 Recorrido de retorno

En el caso de los transportadores horizontales se puede reenviar la banda por medio de plataforma con guía de desgaste o bien por medio de rodillos, los fabricantes especifican la cantidad de guías en el retorno así como la distancia máxima entre los rodillos a fin de que la curva que se forma entre rodillo y rodillo no sea muy grande; a esta curva se le denomina generalmente curva catenaria. La figura 17a muestra un retorno de banda utilizando rodillos de reenvío y la 17b guía de desgaste.

Figura 17. Reenvío de banda utilizando rodillos y guías de desgaste



17a



17b

Fuente: Página electrónica <http://www.habasit.com> / 17 de mayo de 2004

3.8.3 Plataformas de recorrido en transportadores inclinados

Las plataformas de recorrido en las aplicaciones con cambio de elevación difieren básicamente en el recorrido de retorno, debido a que las bandas para este tipo de transportadores necesita empujadores para poder elevar el producto.

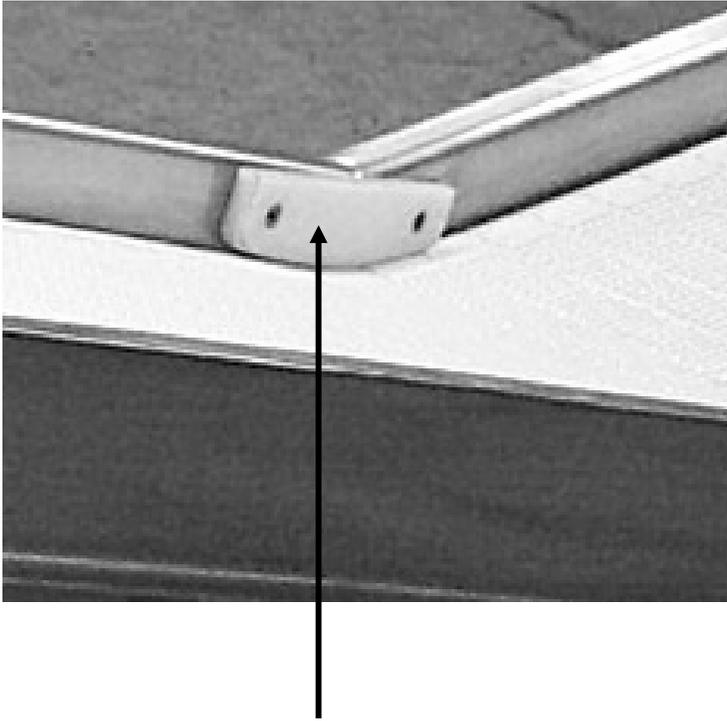
3.8.3.1 Recorrido de ida

Los transportadores inclinados requieren el mismo tipo de disposición de durmientes y bases para guías de desgaste, aquí únicamente es aplicable el sistema de guías paralelas.

La variante se presenta en los cambios de altura, para lograr que la banda se mantenga deslizando sobre la cama de guías es necesario aprisionarla; esto se logra colocando piezas plásticas maquinadas con un radio tal que permita circular la banda entre dicha pieza y las guías de desgaste, estas piezas deben colocarse sobre el perfil principal.

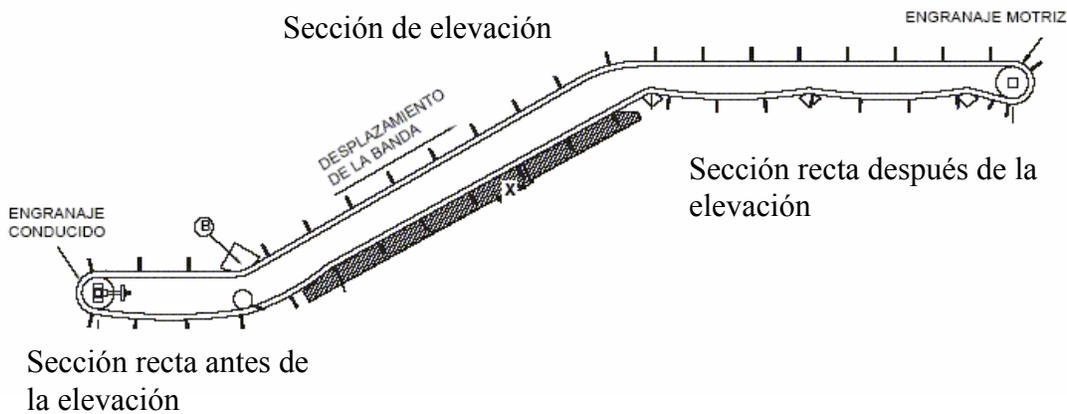
En la figura 18a se detalla la pieza plástica para aprisionar la banda y provocar la elevación. Es recomendable que en el caso de los transportadores elevadores se disponga una sección recta antes y después del cambio de elevación como en la figura 18b.

Figura 18. Guía para aprisionar y transportador con cambio de elevación



Guía plástica para aprisionar la banda y asegurar la elevación

18a



18b

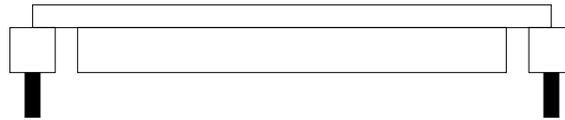
Fuente: Foto de archivo SVI S.A. y manual técnico intralox 2002, P. 198

3.8.3.2 Recorrido de retorno

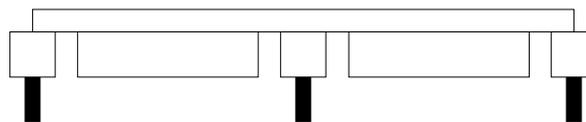
El recorrido de retorno de los transportadores elevadores difiere del recorrido horizontal porque únicamente se puede realizar sobre guías de desgaste debido a la presencia de los empujadores.

Generalmente los empujadores se sitúan a una y media pulgadas de las orilla de la banda, esto se hace con la intención de permitir que en este espacio la banda se apoye sobre las guías en el recorrido de retorno como se observa en la figura 19a. Es importante saber que si la banda es de un ancho superior a veinticuatro pulgadas es necesario colocar una tercera guía de desgaste en el centro de la banda; esto con la finalidad de evitar que la banda se defleccione transversalmente. Es aconsejable que esta tercer guía se apoye directamente sobre la banda al igual que en los apoyos laterales, para ello es necesario que los empujadores tengan una separación en el centro, estos arreglos son realizados por el fabricante de banda al especificarlo en el pedido la figura 19b ilustra esta situación.

Figura 19. Recorrido de retorno en transportadores con cambio de altura



19a (ancho de 60 cm. o menos)



19b (ancho de más de 60 cm.)

3.8.4 Plataformas de recorrido en transportadores curvos

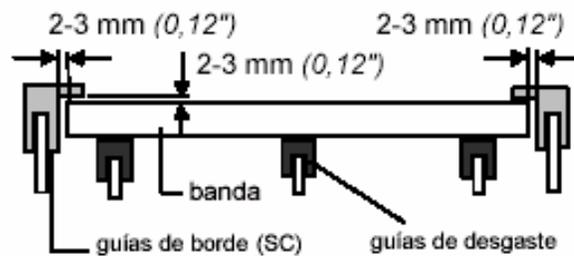
Las plataformas de recorrido en las aplicaciones curvas sólo pueden trabajar con guías de desgaste paralelas debido al efecto de acordeón en la banda, la disposición de las guías de desgaste dependerá del estilo de banda que se elija, a continuación se describe cada recorrido por separado.

3.8.4.1 Recorrido de ida

Tanto en el recorrido de ida como en el de retorno las guías de desgaste se deben de colocar paralelas unas a otras, estas guías deben deformarse para que adopten la forma curva esto se logra a través de una operación denominada rolado, la cantidad de guías dependerá como en las otras aplicaciones del ancho de la banda.

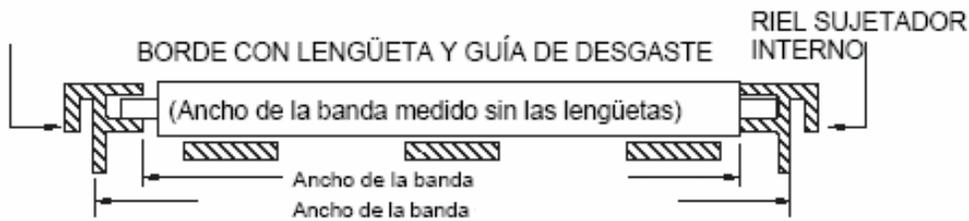
Debido a la variedad de bandas radiales y como cada una utiliza guías particulares; es necesario colocarlas según la banda elegida. La figura 20 muestra dos arreglos de guías para sujetar la banda radial en el recorrido de ida

Figura 20. Arreglo de guías de desgaste y sujetadores



Banda sin lengüetas externas o al ras

RIEL SUJETADOR
EXTERNO



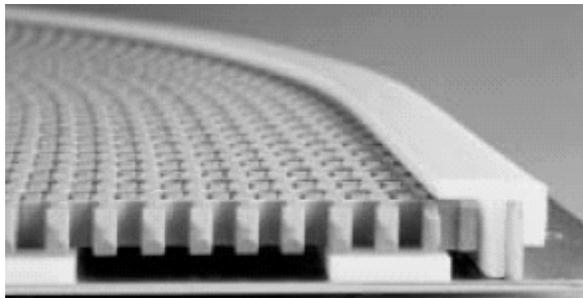
Banda con lengüetas externas

Fuente: Página electrónica <http://www.habasit.com> / 17 de mayo de 2004

3.8.4.2 Recorrido de retorno

Al igual que el recorrido de ida el recorrido de retorno en la sección curva únicamente puede utilizar la base de guías de desgaste. En las secciones rectas antes y después de las curvas si es posible utilizar rodillos de reenvío; en el recorrido de retorno las guías de desgaste también aprisionan la banda. La siguiente figura ilustra un arreglo para el reenvío de banda.

Figura 21. Arreglos para reenvío en aplicaciones radiales



Fuente: Manual de instalación y manual técnico Intralox P. 11 y 152 respectivamente

3.8.5 Diseño de los soportes verticales

Los soportes verticales son los elementos estructurales que tienen la función de columna, estos comúnmente son llamados patas; los soportes se unen a la estructura por medio del perfil principal ya sea soldados o atornillados; sus dimensiones largo y ancho dependen de la aplicación y de la carga que deberán soportar. Por lo general, se fabrican de tubo cuadrado o redondo de 1.5 mm. de espesor, por razones de estética la medida del tubo del cual se fabricarán los soportes debe ser del ancho del perfil principal, el soporte deberá tener por lo menos quince centímetros de regulación ajustable; en esta regulación se debe colocar una platina provista de un agujero para fijar el transportador al piso.

Para aumentar la resistencia vertical de los soportes es aconsejable colocar tensores transversales para formar una “H” este arreglo dará solidez transversal a la estructura; para obtener solidez longitudinal es necesario unir los soportes entre sí utilizando también tensores longitudinales.

3.8.6 Diseño del sistema de tracción

Una vez seleccionados los ejes y los engranajes a utilizar; es necesario diseñar la forma en que se transmitirá la potencia a los ejes, existen dos posibilidades; la primera es transmitir la potencia directamente del sistema motriz al eje conductor o bien utilizar *sprocket* y cadena; la segunda es un sistema de poleas y fajas. Para definir esto se necesita conocer la disponibilidad de espacio que hay en el lugar en donde trabajará el equipo; si el espacio es amplio, se puede optar por la transmisión directa pero en caso contrario la mejor es transmitir la potencia utilizando alguno de los dos métodos antes mencionados.

Las otras dos variables son la velocidad angular y la potencia, en ocasiones en el mercado no se encuentran sistemas motrices que entreguen las revoluciones requeridas ni la potencia necesaria por lo que no hay más opción que utilizar sistemas intermedios de transmisión. El primer paso para diseñar el sistema de tracción es conocer la velocidad lineal de la banda, luego utilizando el diámetro del engranaje a usar se transforma la velocidad lineal en velocidad angular y posteriormente se busca un juego de *sprocket* que provean la velocidad y la potencia requeridas.

3.8.7 Selección de las chumaceras a utilizar

Las chumaceras son los elementos rodantes en los cuales se montan el eje conducido y el conductor. Para el eje conductor hay dos opciones, utilizar chumaceras de banco o de pared; recuerde que este tipo de bandas no funciona por tensión por lo tanto los rodamientos de este extremo deben estar fijos.

La elección entre estos dos tipos de chumaceras dependerá del espacio disponible y de la estética que se desee en el transportador. En el lado conducido son también dos opciones, utilizar chumaceras de banco montadas sobre bases ajustables longitudinalmente o bien optar por chumaceras tensoras.

Estas chumaceras se utilizan no para tensar la banda sino para lograr un completo paralelismo entre los ejes conducido y conductor, otra de las funciones de estos rodamientos es el mantener siempre engranada la banda evitando así saltos tanto en el lado de tracción como en el de reenvío. La elección final dependerá de criterios económicos, estéticos y de espacio.

3.8.8 Diseño del sistema eléctrico

Como ya se mencionó en el capítulo uno, el sistema eléctrico de los transportadores está constituido por un circuito de potencia y uno de mando; la manera correcta de proceder en el diseño es el siguiente; tomando como base el cálculo de potencia mencionado se elige el motor eléctrico, se decide el voltaje en que ha de funcionar, con estos dos datos se eligen los elementos de fuerza, contactores, guardamotores y cables con la capacidad adecuada.

El circuito de mando se diseña a partir de ciertas funciones que se requieren en cuanto al funcionamiento del transportador, así se puede dar el caso en el que la banda tenga que arrancar únicamente cada cierto período de tiempo, para ello será necesario que un pulsador de una señal a temporizadores, éstos gobiernan una bobina de mando y ésta a su vez la bobina de fuerza. Como es evidente dar una guía de cómo diseñar un circuito de esta clase no es posible puesto que cada aplicación difiere de las demás, por lo tanto, lo mejor será contar con un electricista que transforme las secuencias y restricciones en circuitos reales.

En cuanto a la seguridad es recomendable que tanto el circuito de mando y de fuerza estén aislados del ambiente húmedo que generalmente reina en la industria alimenticia, pero de no ser posible esto; en el caso del circuito de mando, lo mejor es utilizar elementos especiales que soportan la presencia de agua y vapor.

3.8.9 Diseño de elementos complementarios

Como elementos complementarios se puede mencionar; cubrecadenas, carrileras del producto, bandejas para drenar el agua del producto que se transporta y paletas antiretorno de producto.

Todos estos elementos deben de fabricarse tomando en cuenta que en ningún momento deben causar rozamiento o golpes a la banda, en el caso de las bandejas de drenaje es recomendable que se instalen diez centímetros por debajo de la parte más baja de la banda, ésta altura evitará que las gotas golpeen con fuerza y salpiquen los alrededores del transportador; la altura de la bandeja debe ser tal que le permita al drenaje desalojar el agua sin que existan derrames laterales.

En el caso de las paletas antiretorno se debe evitar que éstas provoquen trabones en la banda y su ubicación debe ser como máximo a dos centímetros y medio por arriba de la banda; si se trata de bandas con empujadores será necesario que la paleta se fabrique en un material liviano y resistente a la vez; esto evitará que los empujadores se esfuerzen demasiado al tener que levantarla.

Las carrileras sirven para guiar al producto a distintas salidas; ya sea longitudinal o transversalmente al avance, éstas deben suspenderse del perfil principal mediante marcos y jamás deben rozar la banda para evitar el desgaste de la misma, es importante tomar en cuenta que carriles muy estrechos provocarán que el producto se atasque y se dañe.

En el caso de los cobertores para cadena, es necesario que estos se fabriquen de manera que nunca toquen los ejes, *sprocket* o la cadena; lo mejor es que se construyan en dos piezas, una debe fijarse al transportador y por detrás de los elementos transmisores de potencia y la otra asegurada a la primera y por encima de los *sprocket*. Al construirse de esta manera será fácil darle mantenimiento al sistema de tracción.

3.8.10 Diseño del sistema motriz

El sistema motriz es el encargado de generar movimiento circular y potencia, este sistema entrega su trabajo al sistema de tracción y éste a su vez produce el movimiento lineal de la banda, el sistema motriz puede estar formado únicamente por un moto-reductor, un motor y una caja reductora o un motor hidráulico, la elección dependerá de las posibilidades económicas de la empresa y de la disponibilidad de estos equipos en el mercado.

La primera opción es el moto-reductor, este sistema es el más sencillo de todos puesto que el motor y el reductor ya están acoplados, en ocasiones el eje de salida ya es parte del moto-reductor; pero puede darse el caso de que no sea así; de ser esta la situación será necesario fabricar el eje de salida de acuerdo al agujero que el reductor presente para esto se puede utilizar el material conocido como *cold roll*, sin embargo, si el ambiente es demasiado húmedo se recomienda el uso de acero inoxidable para evitar la corrosión entre la cuna y el eje de salida.

En caso de tener que usar motor y caja reductora por aparte; lo primero será acoplar el motor y el reductor, esto se puede hacer por medio de un acople flexible; estos acoples están formados por dos partes metálica y una parte de hule intermedia, un extremo se maquina al diámetro del motor y el otro al diámetro del eje de entrada al reductor, la elección del acople adecuado se hace tomando como base la potencia del motor.

La tercer y última opción es un motor hidráulico, estos equipos se caracterizan por la entrega de alta potencia a velocidad variable, si la planta cuenta con un sistemas hidráulico central bastará con disponer un ramal hacia el transportador, de no ser así se requiere de un sistema particular.

El costo de un sistema individual es elevado, la inversión es más del doble que las dos opciones anteriores por esta razón el sistema motriz hidráulico es poco utilizado en nuestro país.

Si el sistema motriz se acopla a los elementos intermedios de transmisión de potencia, se debe hacer de tal manera que sea posible tensar la cadena o faja según el caso, la forma de tensar la cadena dependerá de la disponibilidad de espacio que se tenga en el lado de la tracción.

Figura 22. Cajas reductoras y motoredutores



Fuente: Página electrónica <http://www.maquinarias-henriques.com> / 20 de enero de 2005

3.9 Instalación de los transportadores

Una vez diseñado y construido el transportador; la siguiente etapa es su instalación, este trabajo debe realizarse en el menor tiempo posible para que al final se obtenga un equipo económico y funcional, para realizar la instalación lo mejor es hacer una planificación de los recursos que se emplearán en esta actividad. Los siguientes numerales describen uno a uno los pasos a seguir para instalar el equipo.

3.10 Coordinar con el departamento de producción la fecha de instalación del equipo

El primer paso para la instalación del transportador es la coordinación de dicha actividad con el departamento de producción, ellos son los encargados de producir; por lo tanto conocen las fechas de menor movimiento, es recomendable realizar la solicitud por escrito, especificando el tiempo que se requiere para realizar el trabajo; la autorización también debe ser por escrito a fin de evitar olvidos o confusiones.

3.11 Garantizar la disponibilidad de servicios

Cuando se va a realizar la instalación del equipo es necesario que se garantice la disponibilidad de los servicios que se utilizarán para este trabajo, el prever esto permitirá realizar las actividades de manera más eficiente; ya que si sobre la marcha se enfrenta a una carencia, será necesario invertir tiempo valioso en satisfacer dicha necesidad antes de seguir avanzando en la instalación. A continuación se describen los principales servicios que se utilizarán.

3.11.1 Electricidad

El fluido eléctrico es vital para muchas de las actividades durante la instalación, por ello es necesario que se disponga de al menos tres tomacorrientes de 110V y dos de 220V.

Es preferible que estos tomacorrientes estén próximos al lugar donde se instalará el equipo para evitar el uso de extensiones largas que entorpezcan la circulación del personal, estos tomacorrientes deben de estar protegidos por interruptores de suficiente capacidad para evitar continuos cortes de energía por sobrecarga.

3.11.2 Aire comprimido

En ocasiones es necesario realizar algunos ajustes al equipo, para ello quizás sea necesario realizar cortes con equipo de plasma o bien retocar la pintura del equipo si éste fuera pintado. Cualquiera que sea el caso será necesario disponer de aire comprimido a la presión y calidad que se requiere; al igual que en el caso de los tomacorrientes será necesario que las tomas de aire se localicen lo más cercano posible al equipo que se instala.

3.11.3 Agua

Tal y como se mencionó existen equipos que requieren limpieza continua; esta limpieza se puede realizar por medio de boquillas aspersoras de agua, estas boquillas se colocan en el lado de retorno, por lo tanto es necesario instalar la tubería que conduzca este fluido hasta ellas; al final de la tubería se debe colocar una manguera a fin de evitar que la vibración del equipo fatigue las uniones de los tubos y se rompan; el agua debe contar con la pureza y temperatura necesaria esto significa que se debe prever con suficiente anticipación todo el equipo y material que se necesite.

3.11.4 Tubería de aceite hidráulico

El sistema motriz puede ser hidráulico, estos equipos requieren la instalación de tubería para conducir el aceite hasta el equipo, la tubería debe ser capaz de soportar la presión de trabajo.

Es recomendable instalar la tubería de forma aérea o bien en el piso por medio de alcantarillas, cualquiera que sea el caso, será necesario que al final de la tubería se instalen mangueras al igual que en el caso del agua.

3.12 Preparar el espacio donde se colocará el equipo

Una vez garantizados los servicios el paso siguiente es la instalación, para ello es necesario despejar el lugar donde se colocará el equipo nuevo, si éste reemplazará uno ya existente; lo primero es desinstalar el equipo viejo, a veces se deben mover máquinas adyacentes, o bien romper paredes para ingresar el equipo y desalojar el anterior, en fin, la logística de preparar el espacio es grande, todo esto se debe prever para no toparse con imprevistos que retrasen el trabajo.

3.13 Armar la estructura en el lugar correspondiente

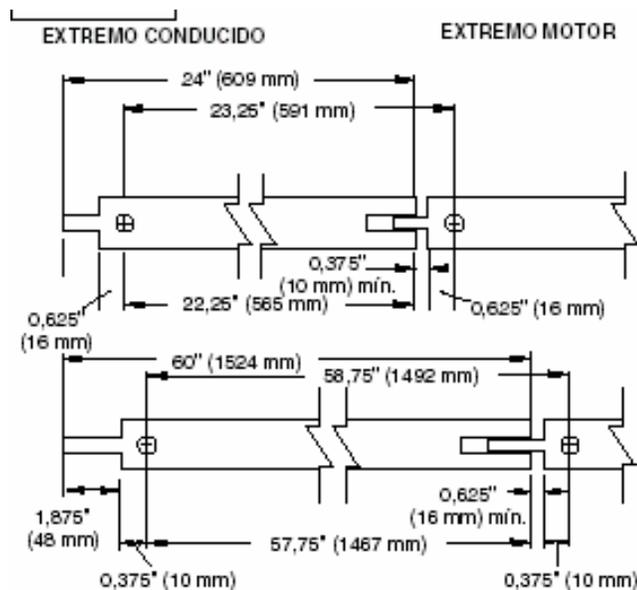
Cuando no es posible ingresar la estructura armada completamente, se debe armar en el lugar de trabajo; para esto se debe fabricar la estructura completamente desarmable; si el transportador es largo seguramente la estructura principal se compone como mínimo de dos secciones, el primer paso es unir las mediante tornillos el siguiente paso es unir las patas a la estructura antes mencionada.

3.14 Colocar guías de desgaste y accesorios

Una vez concluido el trabajo de armar la estructura; el paso siguiente es colocar las guías de desgaste y los sujetadores, la mayoría de guías se instalan a presión por lo que únicamente se necesita un martillo de hule para golpearlas.

Si se usaran guías de desgaste atornilladas se debe iniciar por el recorrido de ida, desde el lado de la tracción hasta el de reenvío con la intención de dejar en las uniones el extremo final de una bajo el extremo inicial de la siguiente y así sucesivamente hasta terminar. Posteriormente, en el recorrido de retorno se deben colocar las guías empezando desde el lado de reenvío hasta terminar en el de tracción siguiendo el mismo procedimiento que en el recorrido de ida. La figura 23 ilustra la descripción anterior.

Figura 23. Detalle de la unión de guías atornilladas



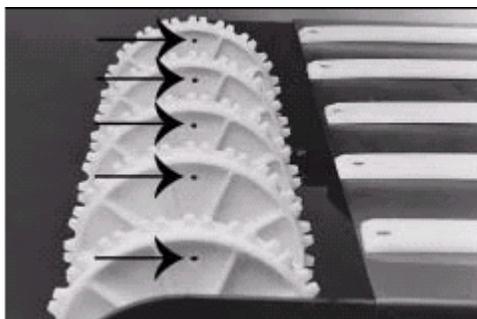
Fuente: Guía de selección de productos habasit 2003

3.15 Montar los engranajes y chumaceras en los ejes

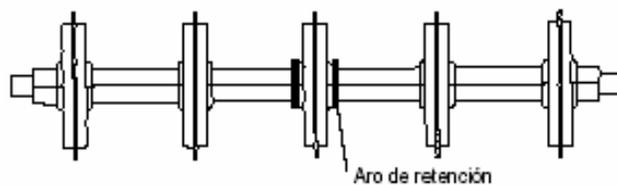
Los engranajes de tracción y de reenvío se deben montar en los ejes de manera correcta, para hacer esto es necesario seguir al pie de la letra las instrucciones del fabricante, sin embargo, es regla casi general el que los engranajes con un número de dientes divisible exactamente dentro de cuatro se monten sin ningún cuidado especial; en tanto que en aquellos engranajes cuyo número de dientes no es divisible dentro de cuatro se debe localizar una marca; la cual indica la posición en que deben montarse todos los engranajes para obtener la alineación deseada.

En este tipo de bandas no deben fijarse todos los engranajes, dependiendo del fabricante únicamente es necesario retener uno o dos; cuando es un solo engranaje el que se asegura normalmente es el del centro y cuando son dos los engranajes que se fijan es común que sean los de los lados. Esta operación de retener engranajes se debe hacer tanto en el eje conductor como en el conducido. La figura 24a ilustra la manera en que se deben alinear los engranajes cuyo número de dientes no es divisible exactamente dentro de cuatro; y la figura 24b muestra como se debe retener el engranaje del centro.

Figura 24. Engranajes marcados para correcta alineación y retención en el eje



24a



24b

Fuente: Página electrónica <http://www.intralox.com> / 15 de mayo 2004

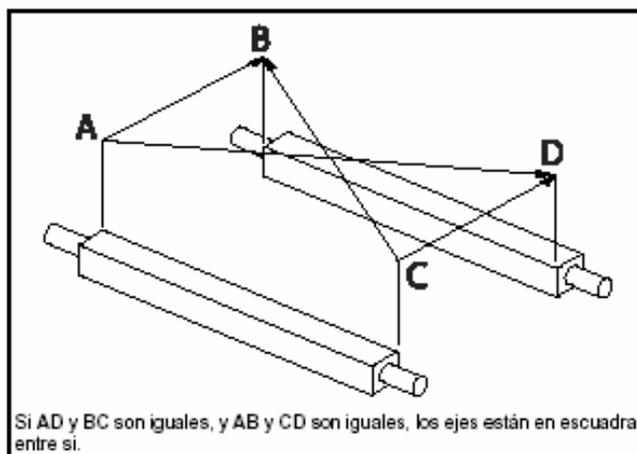
Las chumaceras deben montarse en los ejes teniendo el cuidado de no forzarlas, para realizar esta operación es importante que se repase la literatura que el proveedor de rodamientos proporciona.

3.16 Montar los sistemas de tracción a la estructura

Concluida la operación de montar engranajes y chumaceras el paso siguiente es colocar los ejes en la estructura, la manera de asegurar este sistema es por medio de las chumaceras. Como ya se mencionó el lado de tracción debe ir fijo por lo tanto se usan tornillos; en tanto que el lado de reenvío utiliza chumaceras tensoras, éstas normalmente se instalan sobre correderas especiales.

No obstante hay que recordar que fabricando correderas especiales también se pueden utilizar chumaceras de bancada por lo que el uso de tornillos también sería necesario, ya fijos ambos ejes el paso siguiente es escuadrarlos para garantizar el paralelismo entre el eje de tracción y el de reenvío; para ello la figura 25 muestra la forma de hacerlo.

Figura 25. Manera correcta de escuadrar los engranajes



Fuente: Manual de instalación de bandas Intralox P. 2

3.17 Acoplar el sistema motriz al lado de la tracción

El sistema motriz es el encargado de generar el movimiento y la potencia necesaria para hacer funcionar el transportador; cuando ya se han montado y escuadrado los ejes el paso a seguir es instalar el sistema motriz; como se recordará se tienen dos opciones; montarlo directamente en el eje conductor o bien utilizar un conjunto intermedio de potencia.

Si el caso es el primero basta con acoplar la salida del reductor al eje, si el caso es el de sistema intermedio de transmisión de potencia el primer paso es alinear y fijar el motor y el reductor, a continuación se instala el eje en la salida del reductor si fuere necesario, seguidamente se instala la primera parte del cubrecadenas, luego se colocan los *sprocket* correctamente alineados, el quinto paso es colocar la cadena y el último es colocar la parte superior del cubrecadena.

3.18 Montar la banda según lo recomienda el fabricante

Existen un número considerable de fabricantes de este tipo de banda y cada uno ofrece una gran variedad de estilos, por esta razón es imposible describir el procedimiento específico para cada una de las bandas, por lo anteriormente expuesto es preciso que al momento de elegir la marca y el estilo; se solicite el respectivo manual de instalación.

A continuación se describe un procedimiento general de cómo instalar banda de plástico, es importante aclarar que este procedimiento puede tener algunas variaciones de acuerdo al estilo y marca de la banda; previo al trabajo de instalación debe verificarse el sentido de avance de la banda puesto que existen modelos que únicamente se pueden desplazar en un sentido.

El paso numero uno en el montaje de la banda es colocar la banda enrollada sobre el recorrido de ida con la superficie de contacto hacia arriba, de manera que al desenrollarla se haga hacia el lado de reenvío, a continuación envuelva los engranajes de retorno con la banda; asegurándose que la banda engrane perfectamente, los engranes de los lados deben quedar a pulgada y media de las orillas, asegúrese que la banda quede centrada respecto a la estructura.

El tercer paso consiste en pasar la banda por la plataforma de retorno o los rodillos de retorno según el caso, seguidamente ya con el extremo de la banda próxima a los engranajes de tracción el procedimiento a realizar es envolver los engranajes motrices con la banda, asegurándose que ésta engrane en la misma posición que en el lado de reenvío, asegúrese de que las orillas de ambos extremos de la banda coincidan correctamente para evitar desalineación. El quinto paso consiste en que ya entrelazadas las puntas de la banda se proceda a unir las por medio de la varilla plástica.

3.19 Ajustar la banda

Una vez instalada la banda se debe proceder a ajustarla, esto significa que se debe hacer crecer o decrecer la curva que se forma entre los rodillos de retorno; para ello es necesario consultar el manual de instalación del estilo de banda elegido y determinar la altura que debe tener la curva catenaria. Se debe verificar esta altura y si la diferencia entre lo recomendada y la existente no es mucha se puede ajustar con el lado de retorno; pero de no ser así habrá que agregar o remover hileras hasta alcanzar la distancia vertical óptima.

Si se pasa por alto este ajuste; el excedente de banda provocará sacudidas longitudinales en el lado de retorno, con la posible consecuencia de rotura de bloques o hileras; otro problema que se puede presentar es el de que el exceso de banda genere saltos de ésta sobre los engranajes.

En el caso de que la banda esté muy ajustada el principal problema será el exceso de tensión lo cual provocará mayor desgaste en la banda y en los dientes de los engranajes con la probable fractura de estos dos elementos.

3.20 Colocar elementos complementarios

En esta etapa de la instalación del transportador se proceden a colocar todos aquellos elementos que se diseñaron para el desempeño eficiente y seguro del equipo, sin perder de vista el cuidado de la banda; como ya se mencionó, es necesario verificar que tanto las carrileras, bandejas de drenaje y antirretornos no entorpezcan la circulación de la banda tanto en el recorrido de ida como en el de retorno.

Otros dos elementos complementarios importantes son los traslados del producto, tanto hacia el transportador como de éste hacia el siguiente equipo, los traslados deben instalarse teniendo en cuenta que jamás deben tocar la banda para evitar golpes o ralladuras que con el tiempo provoquen ruptura de las misma.

En el caso del traslado que alimenta al transportador; se deben instalar de tal manera que no permitan que el producto se regrese y caiga de la banda especialmente en las aplicaciones en las que se utilizan empujadores; de igual manera se debe proceder en la entrega del producto en el lado de la tracción.

3.21 Realizar la instalación eléctrica

Concluida la instalación de los elementos complementarios; el siguiente paso es hacer la instalación eléctrica, aunque ésta se puede trabajar paralelamente al ensamble del transportador, indistintamente del momento en que se de inicio esta actividad la forma más común de hacerla es la siguiente; se inicia por fijar el panel de control si es que el circuito no se ha alambrado en un panel ya existente.

A continuación se debe cablear desde las salidas del circuito de mando todos aquellos elementos que deban necesariamente colocarse sobre el transportador, en ocasiones es necesario utilizar botones de emergencia y éstos por lo general se instalan directamente en el equipo. Otros elementos que podrían colocarse directamente sobre el equipo son celdas ópticas o detectores de metales concluida la instalación de los elementos de mando se debe continuar con el cableado del motor, es recomendable que todos los cables se protejan de la humedad, sustancias corrosivas o roedores a fin de evitar cortos circuitos que causen daños al personal o al motor del transportador.

A fin de evitar que los cables eléctricos entorpezcan la libre circulación por las colindancias del equipo; se recomienda que éstos se ubiquen en el techo del recinto que aloja al transportador.

En el caso de las empresas cuyo proceso requiere del uso de agua abundante para la limpieza y desinfección de los equipos, se debe aplicar algún tipo de sello a prueba de agua. Finalmente se debe alimentar con corriente el circuito para poder realizar una prueba de arranque.

3.22 Fijar la estructura al piso u otras estructuras cercanas

Concluida la instalación eléctrica se debe proceder a fijar el transportador, esto se hace con la finalidad de evitar que las vibraciones provocadas por el motor muevan el equipo del lugar en el que se instaló, como se recordará en el diseño de los soportes verticales se mencionó que en el extremo de éste se debía prever la manera de fijar la estructura al piso.

En el caso de los transportadores horizontales y los elevadores de menos de dos metros basta con fijarlos al piso; sin embargo, si se diera el caso de un elevador de seis u ocho metros de altura la fijación en el piso es insuficiente puesto que el momento que provoca la parte más alta es demasiado como para ser soportado por la fijación de los soportes verticales, en estos casos es necesario fijar ésta estructura a alguna viga o estructura cercana.

3.23 Realizar arranque de prueba

Concluido todo el proceso de instalación del transportador el paso final es el de realizar una prueba de arranque; esto se hace para verificar el funcionamiento tanto mecánico como eléctrico, el primer paso es revisar que la banda no tenga ningún objeto encima que pueda provocar trabones o golpear a alguien si éste cae, luego se procede a arrancar el motor para verificar el sentido de giro y el consumo de corriente del mismo; controladas estas dos variables se debe revisar el funcionamiento de la banda verificando que ésta no roce con ninguna pieza metálica que pueda causarle daño.

Seguidamente se debe revisar la tensión de la cadena de los elementos intermedios de transmisión de potencia si es que los hubiera; finalmente se procede a revisar el funcionamiento de todos los elementos de mando eléctrico para determinar si trabajan correctamente o no. Si todo funciona bien el transportador está listo para operar, de no ser así se procede a corregir los defectos detectados.

4. APLICACIÓN DEL COMPENDIO

4.1 Realizar una descripción detallada de la parte del proceso que se desea modificar

El primer paso para aplicar correctamente este compendio de diseño e instalación, es describir con el mayor detalle posible la parte del proceso donde funcionará el transportador; esta descripción se debe hacer por escrito y preferiblemente con la ayuda del personal de producción que labora en dicha parte del proceso; pues son ellos quienes mejor conocen el porqué de cada operación.

El encargado del proyecto se puede auxiliar de herramientas gráficas como lo son los diagramas de flujo, de proceso y el de hombre-máquina, cada uno de estos le ayudará a visualizar mejor la situación, como ejemplos se pueden mencionar los siguientes; el diagrama de flujo es útil para dimensionar el equipo y establecer el tipo de aplicación a diseñar, el de proceso para determinar características como lo son la velocidad y el volumen de producto a movilizar y el de hombre-máquina para conocer como interactúa el equipo que se va a diseñar con las personas que trabajaran en él; otra utilidad del diagrama hombre-máquina es el que permite diseñar un equipo ergonómico que permita reducir la aparición de enfermedades profesionales.

4.2 Establecer la disponibilidad del espacio útil

Hay empresas cuya disponibilidad de espacio es muy limitada o bien operan en locales alquilados; en cualquiera de los dos casos cada metro cuadrado representa un recurso muy valioso, por tal motivo es importante aprovechar al máximo el espacio que se tiene para colocar el nuevo equipo.

Una herramienta útil para establecer la disponibilidad de espacio son los planos del área donde se instalará el transportador, sin embargo, es mejor realizar una medición física del lugar, de esta manera se sabrá a ciencia cierta las limitaciones de espacio y se obtendrán datos importantes como lo son características del piso sobre el que se instalará el equipo se conocerá si es de loza rustica o pintada con algún epóxico si está nivelado o existe alguna inclinación y hacia donde se orienta; en el caso de transportadores con cambios de elevación es útil conocer la distancia entre el piso y el techo. En definitiva medir y observar es de mucha ayuda para el responsable del proyecto.

4.3 Enlistar las características del producto y los cambios que éste sufre en la etapa a modificar

Conocido el proceso productivo y determinada la disponibilidad de espacio se debe empezar a pensar en qué tipo de banda se utilizará; para ello es necesario que se recabe una serie de información relativa al producto que se va a transportar.

Por su naturaleza, los productos alimenticios llevan implícita la característica de desigualdad; es decir que uno varía notablemente de otro, esta variabilidad debe ser tomada en cuenta cuando se van a definir las características del producto a transportar, por lo tanto, lo mejor es buscar el promedio de pesos, tamaños, densidades, texturas, temperaturas, etc.

En lo referente a los cambios que el producto debe experimentar durante el paso por el transportador; es importante considerar todos los datos técnicos con que se disponga. Si por ejemplo el producto es mojado con agua caliente; conocer la temperatura del agua es un dato técnico valioso puesto que la banda deberá resistir esta presencia de temperatura.

Otro ejemplo son los productos de pollo empanizados, es importante conocer como dato técnico el tamaño de los granos de empanizado para saber elegir la abertura correcta en la banda y evitar que estas aberturas sean tapadas por la acumulación de empanizador.

4.4 Determinar características especiales de limpieza

La limpieza es sinónimo de salud; en la industria alimenticia la limpieza es de vital importancia, la condición de material percedero obliga a realizar actividades de limpieza diaria, la suciedad que queda después de todo un día de producción se debe eliminar.

Dependiendo del tipo de producto que se procese así será la limpieza a realizar por ello es importante considerar desde el diseño del transportador todos estos aspectos, es importante recordar que de no realizar una correcta limpieza y desinfección del equipo pronto habrá presencia de microorganismos dañinos para la salud.

Los fabricantes recomiendan un procedimiento básico de limpieza, sin embargo, todos los agentes químicos que se utilicen así como la forma y tiempo de aplicación son responsabilidad del usuario final de la banda; es necesario que cuando se elija un proveedor de banda se le consulte lo referente a la limpieza y desinfección del equipo. Como ya se mencionó en el capítulo tres, la necesidad de limpieza continua puede ser manejada mediante el uso de boquillas de aspersion y cepillos ubicándolos estratégicamente en lugares en los que no entorpezcan la actividad productiva.

El usuario final de la banda deberá realizar un consenso entre las recomendaciones del fabricante de la banda y el representante de la compañía que provee los químicos para la limpieza a fin de no dañar la banda y reducir así la vida útil de la misma.

Finalmente, la limpieza pues debe ser vista no como un gasto diario sino como la manera de garantizar que el producto que se está procesando está completamente libre de agentes nocivos para la salud del consumidor.

4.5 Recolectar los datos según el tipo de aplicación del transportador

Una vez determinada las necesidades especiales de limpieza el paso siguiente es recolectar toda la información necesaria para evaluar mecánicamente la resistencia de la banda. En el numeral 3.4 se hace referencia a las variables que generalmente se utilizan en las fórmulas matemáticas para evaluar las bandas. El valor de cada variable debe ser recopilado de la manera más fidedigna posible, así se obtendrá un cálculo muy cercano a la realidad.

Para recolectar esta información resulta muy útil apoyarse en las personas que están relacionados directamente con el proceso y en particular con la etapa que se pretende modificar. En el capítulo tres se describió uno a uno cada numeral, en ellos se puede comprender fácilmente a que se refiere cada variable. No se debe perder de vista que aunque en el caso de las aplicaciones curvas no se detalla el contenido de los numerales 3.4.1.1 al 3.4.1.7 estos también deben considerarse, simplemente se omitieron para evitar repetir la descripción.

4.6 Ejecutar los cálculos relativos a los numerales 3.6 y 3.7

En el numeral 3.6 se hace referencia a todos los cálculos que se deben hacer para saber si la banda será lo suficientemente fuerte como para resistir la carga que provoca el producto que se transportará, éstos se realizan con base en fórmulas matemáticas que los fabricantes deben proporcionar. En el presente compendio no se muestra ninguna fórmula ya que cada fabricante difiere en el arreglo algebraico de éstas, sin embargo, las variables son las mismas.

Toda fórmula matemática se debe manejar teniendo el debido cuidado de expresar los valores de las variables utilizando un mismo sistema de unidades. Algunos fabricantes han producido programas de computadora en los que únicamente se deben ingresar los datos para que la máquina realice los cálculos respectivos.

Los resultados obtenidos deben compararse con la resistencia nominal de la banda, si los resultados obtenidos son menores que los datos de resistencia máxima entonces la banda se puede utilizar de lo contrario habrá que optar por otra banda, material.

En el caso de los cálculos adicionales del numeral 3.7 cada uno de ellos sirve para definir algunos elementos del transportador; como lo son el tamaño del eje, la capacidad del motor y el número de guías y engranajes que se deben utilizar, estos cálculos al igual que los anteriores deben realizarse tomando en cuenta la uniformidad en el sistema de unidades.

4.7 Diseñar la estructura de la banda considerando las características de la banda elegida apoyándose en los pasos del numeral 3.8

Una vez elegida la banda y confirmada mediante el cálculo, el paso siguiente es diseñar la estructura para este diseño, se deben considerar todos los aspectos descritos en el numeral 3.8, también se debe apoyar en la información que el fabricante presente de la banda que se ha escogido.

Tanto los recorridos de ida como los de retorno se ven influenciados por la banda en la información que el fabricante proporciona; hay especificaciones de la distancia tanto horizontal como vertical a la que hay que instalar los engranajes de la banda respecto al recorrido de ida tanto en el lado de tracción como en el de reenvío.

Cumplir con estas especificaciones ayudará a lograr un mejor desempeño del equipo; en el numeral 3.8 se detallan uno a uno los distintos elementos que conforman la estructura del transportador, sin embargo, la creatividad del diseñador del equipo debe de ponerse de manifiesto ya que cada proceso es distinto por lo tanto cada diseño es único y más aún si se considera que en ocasiones en el mercado nacional escasean algunos materiales o equipos.

5 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL COMPENDIO Y DE LOS TRANSPORTADORES

5.1 Mejor conocimiento de la tecnología de bandas modulares

Con la creación de éste compendio, el acceso a un documento con contenido técnico referente a la tecnología de bandas modulares de plástico, ya no será privilegio exclusivo de quienes distribuyen éste tipo de bandas, por el contrario cualquier persona que esté interesada podrá conocer qué son, cómo funcionan , cómo se eligen y cómo se instala esta tecnología.

Al conocer este tipo de bandas el número de opciones disponibles para fabricar un transportador aumenta ya que tradicionalmente se han empleado bandas de caucho o de metal, sin embargo, como ya se mencionó antes estas bandas pueden ser aplicadas en un sin fin de casos con resultados satisfactorios.

Éste compendio contiene información de varios de los fabricantes de bandas modulares, por lo tanto es una herramienta muy útil para conocer aspectos generales y particulares de esta tecnología.

Desde ahora el estudiante podrá tener conocimientos relativos a las bandas modulares de plástico y no tendrá que esperar a enfrentarse a una necesidad real para aprender lo necesario de este tema.

5.2 Menor tiempo invertido en el diseño del equipo

Cuando por primera vez se tiene contacto con una tecnología desconocida el hacer uso correcto de la misma resulta difícil y el tiempo invertido en dominarla es grande, el caso de las bandas modulares de plástico sucede exactamente lo mismo, al no tener experiencia previa resulta complicado hacer un buen diseño debido a la incertidumbre con que se avanza.

Con la creación del presente compendio, la persona interesada estará en la capacidad de comprender más fácilmente cuáles son los pasos a seguir para diseñar e instalar un transportador de banda modular plástica; así mismo los catálogos y guías de selección de banda de cualquier fabricante serán más fáciles de comprender, el tiempo a invertir para desarrollar un diseño será menor que el que se emplearía si se pretendiera únicamente apoyarse en los documentos que el fabricante nos proporcione.

5.3 Eliminación de métodos y equipos innecesarios

En nuestro país algunos productores aún utilizan métodos manuales en sus procesos productivos, en muchos casos esto es por falta de capital para invertir; una de las empresas grandes de nuestro medio antes de implementar el sistema de transportación entre máquinas realizaba el traslado de sus productos de una estación de trabajo hacia otra; utilizando canastas plásticas, esto implicaba la necesidad de emplear mucho espacio, personal para la manipulación y traslado de las canastas y personal para la limpieza de dichos recipientes.

Este sistema de trabajo era demasiado caro si se toma en cuenta que la planta productiva tiene problemas de espacio. Con la implementación de los transportadores de banda plástica la empresa eliminó el obsoleto sistema de acumulación, empleó al personal en tareas de control, la empresa luce más ordenada y los trabajadores en general laboran en condiciones más seguras que antes.

5.4 Optimización del espacio

Con la implementación de las bandas transportadoras el espacio es optimizado al máximo ya que se elimina el uso de sistemas manuales de acumulación y traslado del producto en un espacio mínimo, un transportador es capaz de movilizar grandes volúmenes de producto ya que lo traslada de manera continua.

Estos transportadores pueden ser contruidos en varias formas y tamaños, en una empresa de la costa sur de nuestro país tienen un transportador de banda plástica que funciona debajo de otros dos transportadores, tiene aproximadamente treinta centímetros de altura en la parte baja y posteriormente se eleva hasta un metro cincuenta de altura.

En otra empresa ubicada en la ciudad capital poseen un transportador de dos niveles; en un nivel transportan el producto entero, y en otro nivel transportan partes del producto, esto es evidencia de que los transportadores ayudan a optimizar el espacio disponible. Los transportadores pueden instalarse de forma aérea es decir que pueden ser asegurados al techo o estructuras elevadas para aprovechar de mejor manera el espacio, esto significa que se puede tener mayor espacio disponible.

5.5 Continuidad del proceso

Imagine por un momento la siguiente situación; a la salida de una máquina trabajando a plena carga una mesa de acumulación para el producto, a un lado de la mesa canastas plásticas apiladas una sobre otra hasta alcanzar una altura de dos metros, junto a las canastas dos o tres carretillas esperando ser cargadas con canastas llenas de producto para ser trasladadas hasta la siguiente estación de trabajo y continuar el proceso productivo.

Esta situación presenta varios inconvenientes y riesgos para los trabajadores, en primer lugar la mesa, las canastas y las carretillas ocupan un área considerable de espacio, el apilar las canastas implica un riesgo ya que cualquier descuido en su manipulación puede provocar que las canastas caigan y golpeen al personal de producción que labora en esa área.

El hacer uso de las carretillas implica lentitud en el traslado del producto y cansancio en el personal ya que estos equipos no se pueden manipular rápidamente debido al peso y volumen que se traslada en ellos, además las canastas deben ser lavadas y desinfectadas para su uso esto conlleva el riesgo de que durante el proceso las canastas sean insuficientes y el proceso se detenga; todo lo anteriormente descrito causa que el proceso sea lento y discontinuo.

Todas estas situaciones negativas son eliminadas con el uso de transportadores de banda, estos equipos son instalados directamente a la salida de la maquinaria desalojando el producto de forma continua y trasladándolo a la vez hacia la alimentación de la siguiente máquina, logrando así un proceso continuo sin el uso de equipo y personal extra.

5.6 Menor manipulación del producto

Si se trae a la memoria la descripción del inciso anterior; en la que se utilizan sistemas manuales de acumulación y traslado del producto y se analiza la acción de colocar el producto dentro de las canastas y posteriormente extraerlo de éstas para alimentar la siguiente máquina es evidente que el producto es manipulado en dos ocasiones por cada traslado a la siguiente máquina; todo manejo del producto que se haga sin el debido cuidado, puede provocarle daños y en el caso particular de los alimentos al no poderse reprocesar, todo daño representa una pérdida irreparable.

A lo anterior es necesario agregar que el manejo negligente del producto implica el riesgo de que en el producto caigan objetos como cabellos, joyas o incluso sudor. Al instalar sistemas de transportación continua entre las distintas máquinas del proceso productivo; se evita la manipulación excesiva del producto; este limitado contacto físico con el trabajador reduce el riesgo de que el alimento que se procesa se contamine con cualquier objeto o sustancia perjudicial para la calidad deseada.

Los sistemas de transportación continua por sí solos no son medida suficiente para evitar la contaminación del producto; por ello es necesario que las empresas implementen o mejoren sistemas de buenas prácticas de manufactura para minimizar la posibilidad de contaminar los alimentos que se procesan.

5.7 Aumento de la producción

Está ampliamente comprobado que la tecnificación y automatización de los procesos provoca un aumento de la producción de las empresas; el uso de los transportadores se considera como una automatización ya que el producto que se procesa es trasladado de un lugar a otro de manera continua y sin la intervención humana, esto permite que se pueda procesar más producto por unidad de tiempo.

Todas las máquinas realizan su trabajo de manera continua, es decir sin interrupciones debidas a cansancio, enfermedad o accidentes, al ser continuo el traslado de los productos; el volumen de producción que se puede procesar por unidad de tiempo es mayor puesto que no es necesario acumular cierta cantidad de producto para proseguir con la siguiente etapa del proceso.

5.8 Personal disponible para tareas de control

Una de las principales ventajas del uso de sistemas de transportación continua; es el que se reduce el uso del recurso humano para el traslado del producto de una estación de trabajo hacia otra. El hecho de tener una máquina que haga el trabajo pesado permite a los jefes de área disponer de mano de obra que al ser capacitada correctamente puede ayudar a realizar tareas más importantes para la empresa.

Una vez implementado el sistema de transportación dependerá de los jefes de área el explotar los talentos que sus colaboradores poseen; las principales actividades en las que se puede emplear a los trabajadores son la supervisión de procesos, el control de la calidad del producto y el mantenimiento de la maquinaria y equipo.

5.9 Condiciones de trabajo más seguras

Con la implementación de los transportadores como parte del proceso productivo, las labores cotidianas se desarrollan de manera más segura, ya que al eliminar los sistemas de acumulación y traslado manual también se eliminan una serie de condiciones inseguras como lo son el almacenaje y manejo de los recipientes en los que se deposita y traslada el producto en proceso.

El circular dentro de la planta con carretillas cargadas es otra condición insegura; además de las condiciones inseguras para los trabajadores también están los actos inseguros, recuerde que al trabajar con seres humanos se tiene la posibilidad de que éstos incurran en actos inseguros ya sean provocados por la negligencia o bien por el cansancio acumulado de jornadas largas de trabajo.

Tanto las condiciones como los actos inseguros son eliminados con el uso de transportadores, una máquina no piensa ni tampoco se cansa, por lo tanto no existe la posibilidad de accidentes de consecuencias lamentables; los transportadores de banda modular plástica son equipos sumamente seguros, de operación silenciosa.

5.10 Reducción considerable de mantenimiento

Todo equipo mecánico requiere de mantenimiento tanto preventivo como correctivo y los transportadores de banda modular plástica no son la excepción, sin embargo, comparativamente hablando este tipo de transportadores requiere menor cantidad de horas-hombre para labores de mantenimiento que los otros tipos de transportadores.

Como ya se mencionó en el capítulo uno, este tipo de transportadores trabaja bajo el principio de engranamiento; por lo tanto no es necesario realizar periódicos ajustes de tensión en la banda como ocurre en los transportadores de banda de caucho, los transportadores de rodillos vivos presentan el problema de que cuando un rodillo se daña es necesario desarmar todo el sistema de tracción para reemplazarlo en cambio sustituir módulos dañados es fácil y rápido.

Algunos fabricantes de bandas modulares de plástico han publicado documentos en los que se enlistan problemas comunes, las posibles causas y la línea de acción a seguir por ello es importante que cuando se elija la marca de banda modular se solicite toda la información posible tanto escrita como en archivos digitales.

CONCLUSIONES

1. Los transportadores son maquinas industriales; las cuales mediante el uso de un sistema motriz y una banda; hacen el traslado de objetos de una estación de trabajo a otra y dependiendo de las necesidades del proceso de producción se clasifican en: horizontales, inclinados y curvos.

2. La creación del presente compendio se hace necesaria debido a que
 - En la actualidad no se dispone de ningún documento público escrito a través del cual se pueda conocer la forma adecuada de diseñar e instalar transportadores de banda modular de plástico.
 - Las empresas nacionales que se dedican a la fabricación de transportadores con este tipo de banda, son muy reservadas en cuanto a compartir información, por temor a ser víctimas de competencia desleal.
 - Las pocas empresas conocidas con derechos de distribución de este tipo de banda; únicamente se dedican a la venta del producto y sus accesorios como tal; no así al diseño, mucho menos a la fabricación e instalación.

3. Las principales variables a considerar para el diseño de transportadores empleando banda modular de plástico son:
 - Características del producto: peso, densidad, dimensiones y forma, propiedades corrosivas, temperatura, su naturaleza, contenido de humedad, condiciones sanitarias, cambios del producto durante el proceso.

- Características generales: tipo de aplicación, disponibilidad de espacio, dimensiones generales (ancho, largo y alto), velocidad y características ambientales de operación.

4. La forma correcta de elegir la banda adecuada es atendiendo lo siguiente

- Seleccionar el material que mejor se desempeñe de acuerdo a las características del producto y del proceso.
- El producto a transportar y el tipo de aplicación del transportador determinan la superficie de la banda.
- La forma de recibir y entregar el producto determinan el paso de la banda y por lo tanto del engranaje a utilizar.
- Las deflexiones laterales, así como el radio de la curva; determinan el estilo de la banda radial. La elección del paso depende del producto y los traslados, la superficie abierta es la única disponible debido a la compresión y tensión a que se ve sometida la banda en su paso por la curva.

5. La forma en que la banda elegida influye en el diseño de la estructura del transportador se evidencia en el hecho de que cada banda requiere una serie de accesorios y complementos los cuales se deben ubicar respetando medidas y arreglos estructurales específicos.

6. La instalación de los transportadores se debe realizar siguiendo la siguiente secuencia general

- Coordinar con del departamento de producción el periodo necesario.
- Garantizar la disponibilidad de servicios y espacio.
- Armar la estructura y colocar accesorios.

- Montar el sistema motriz y la banda modular.
 - Colocar elementos complementarios.
 - Fijar el equipo y realizar pruebas de arranque.
7. Con la redacción del presente compendio se dispone ya de una guía de fácil comprensión y de alcance inmediato para cualquier estudiante o profesional interesado en el desarrollo de este tipo de transportadores. Tras la implementación de este tipo de banda se obtienen las siguientes mejoras
- Eliminación de cuellos de botella.
 - Eliminación de sistemas manuales de traslado de productos en proceso.
 - Reducción considerable del riesgo de contaminación del producto por excesivo contacto con las manos.
 - Aumento de la producción gracias a la continuidad del proceso.
 - Aprovechamiento al máximo del espacio disponible en la planta.
 - Equipo aprobado internacionalmente para el contacto con alimentos.
 - Reducción considerable de operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo en lo que a bandas transportadoras se refiere.
 - Tareas de limpieza más sencillas.

RECOMENDACIONES

1. Para realizar un diseño adecuado es necesario cumplir con todos los requisitos del fabricante y valorar justamente la experiencia que el personal operativo y de supervisión pueda brindar, pues son ellos quienes a diario utilizan los equipos y por lo tanto conocen cada detalle del proceso.
2. Si la elección de la banda se complica, preguntar al proveedor si dispone de literatura adicional, algunos fabricantes han publicado folletos para industrias particulares y en ellos recomiendan la banda ideal para una operación específica.
3. Durante el diseño de la estructura del transportador se debe verificar que el mercado disponga de todos los perfiles, rodamientos y elementos motrices que se necesitarán para la fabricación, procediendo de esta manera se tendrá el tiempo suficiente de conseguir los elementos ideales y evitar tener que hacer adaptaciones de último momento.
4. Después de un mes de instaladas las bandas es recomendable revisar
 - La superficie de la banda tanto por arriba como por abajo, los engranajes y las guías de desgaste para localizar ralladuras y determinar la causa de las mismas.
 - Revisar los rodillos de retorno para determinar si están girando correctamente.
 - Retirar dos o tres varillas de unión para verificar que no estén gastadas o deformadas al grado de tener la apariencia de un eje de levas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez Higueros Mario Roberto. Consideraciones para el diseño de un transportador de caña en la industria azucarera. Tesis Ing. Mecánico Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2002 p. 51
2. Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
3. Catalogo de productos, habasit 2002, Reinach-Basel, Suiza.
4. Catalogo de productos, Uni-chains Int. A/S 1997 Estados Unidos.
5. Flinn, Richard A. y Trojan Paul K. **Materiales de ingeniería y sus aplicaciones.** 3^{ra} ed. México: McGRAW-HILL 1992.
6. Guías de higiene en el procesamiento de carnes y aves para la banda FLAT TOP de las series 800 y 1800 , Laitram Corp. © 1999 Intralox, Inc. Harahan Lousiana USA.
7. <http://www.comes.es/español/home.html> 16 de marzo de 2004
8. <http://www.habasit.com> 10 de marzo de 2004
9. <http://www.maquinarias-henriques.com/transmision.htm> 20 de mayo de 2004
10. Manual de instalación de bandas transportadoras, mantenimiento y localización de fallas, Laitram Corp. . © 2003 Intralox, Inc. Harahan Lousiana USA
11. Manual Técnico, Laitram Corp. © 2002 Intralox, Inc. Harahan Lousiana USA.
12. Ordóñez Pac José Alfonso. Proyecto para la fabricación de un transportador de botella de vidrio para bebidas carbonatadas. Tesis de Ing. Mecánico Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2002 p. 106

APÉNDICE 1

La siguiente descripción detalla las condiciones y restricciones del problema a resolver tal y como se describió en el numeral 4.1.

Desde un cuarto frío se necesita transportar horizontalmente 72,600 kilogramos de carne congelada a de res hasta un tanque de agua para remover la escarcha y ser enbandejada posteriormente. La carne se deposita en una mesa para luego ser colocada sobre la banda transportadora. Esta operación se debe realizar en ocho horas efectivas de trabajo, la jornada se interrumpe únicamente durante una hora para almorzar; el peso promedio por unidad de area es de 34.23 kgs/mts^2 la distancia a transportar las piezas de carne es de 10.66 metros en un ancho de 91.44 centímetros. La velocidad de la banda deberá ser de 6.096 metros/minuto la temperatura de operación es ambiente.

El primer paso es establecer la disponibilidad de espacio numeral 4.2; esta disponibilidad como se detalla en la descripción limita a una longitud de 10.66 mts. y un ancho de 0.9144 metros, para un espacio total de:

$$10.66 \text{ mts. de largo} \times 0.9144 \text{ mts de ancho} = 9.75 \text{ mts}^2$$

en cuanto a la altura no se da ningún dato por lo tanto se asume que es a la altura normal de trabajo la cual es de 0.94 mts.

El paso siguiente es determinar las características del producto como se indica en el numeral 4.3 y para este caso en particular el producto a transportar es carne congelada lo que significa que su temperatura es muy baja, de textura lisa, densa, amorfa, dura y húmeda por estar congelada, de naturaleza animal. Con peso promedio de 34.23 kgs/mts²; el enunciado del problema no describe ningún cambio en el producto durante su paso por el transportador.

El numeral 4.4 hace referencia a las necesidades especiales de limpieza. Para este caso de estudio realmente no se requiere el uso de boquillas aspersoras o de cepillos para limpiar constantemente la banda, ya que el producto está congelado y por lo tanto difícilmente ocurrirá desprendimiento de trozos de carne que ensucien la banda. En cuanto a la limpieza al final del día este fabricante recomienda

RECOMENDACIONES BÁSICAS

- Durante la primer lavada, se debe utilizar la aspersion del agua con una alta presión (8.3 bar [+120 psi]) y una alta temperatura (49-54°C [+120-130°F]), para quitar la mugre visible de la banda y de la estructura. Puede aplicarse manualmente, con un cabezote de aspersion o combinando los dos sistemas.
- Después de la primera lavada los químicos de limpieza se aplican a las bandas para emulsionar la mugre restante. Estos limpiadores químicos se pueden rociar o aplicar en forma de espuma sobre las bandas. Si estos limpiadores contienen cloro no deben tener una concentración mayor de 200 ppm, ni deben permanecer en la banda por mucho tiempo. Si no se siguen estas instrucciones el cloro puede dañar y decolorar la superficie de la banda.

- Durante la segunda lavada no es necesario utilizar agua a alta presión. En esta operación salen los residuos químicos con la mugre visible emulsionada. Debe emplearse suficiente agua para removerlos.
- Durante la fase de desinfección, después de remover la mugre invisible, se aplica a la banda un agente desinfectante. Estos químicos deben ser efectivos en el control de los microorganismos. También deben ser compatibles con las características químicas del agua empleada en la planta. El representante de la compañía química de limpieza debe estar en capacidad de dar las recomendaciones necesarias.
- En la última lavada se eliminan de la banda los químicos residuales. No debe haber alta presión porque ésta podría atomizar el agua y hacer que las partículas que se encuentran en el aire contaminen las superficies recientemente desinfectadas. De nuevo, debe utilizarse una buena cantidad de agua para eliminar estos residuos.

En el numeral 4.5 se hace referencia a las variables necesarias para evaluar la resistencia de la banda para esto es preciso determinar los valores de dichas variables; que para este caso en particular son:

- Tipo de aplicación: horizontal
- Peso del producto: 34.23 kgs/mts²
- Largo entre centro de ejes: 10.66 mts.
- Ancho de banda: 0.9144 mts
- Cambios de elevación: 0 mts.
- Porcentaje de acumulación de producto: 0 %
- Máxima temperatura de operación: 20°C
- Tipo de material sobre el que correrá la banda: UHMW

- Temperatura del producto: -10°C

Con los datos hasta ahora analizados es posible hacer una preselección del material, el tipo de superficie y el paso de la banda que más conviene. De acuerdo a los datos se puede decir que el material adecuado es el polietileno.

Si se considera que la temperatura mínima de operación de este material es -73°C y la carne se encuentra congelada a -10°C es evidente que existe aún un buen margen por lo que operar a esta temperatura no representa ningún problema. Otra ventaja es su gran resistencia a los componentes de la sangre y esta aprobado por la FDA y el USDA-FSIS (carnes, aves y lácteos)

En cuanto al tipo de superficie se puede inferir que la más apropiada es la lisa ya que durante el transporte no es necesario elevar, drenar o lavar el producto por ello no hay razón para elegir una superficie texturizada o abierta.

En el caso del paso de la banda, tomando como base el hecho de que el peso por unidad de área no es muy grande se puede elegir un paso de 50.8 mm. Por lo tanto la banda Intralox serie 800 estilo *flap top* es la más adecuada considerando únicamente las características del producto; la tabla de abajo detalla las características físicas de dicha banda.

Tabla I. Datos físicos de la banda

Característica física	Pulgadas	Milímetros
Paso	2.00	50.8
Ancho mínimo	2.00	51
Incrementos de ancho	0.66	16.8
Dimensión de abertura (aprox.)	-	-
Área abierta	0%	
Tipo de articulación	Abierta	
Método de tracción	Acción central	

Fuente: Intralox. Manual Técnico. Pagina 61

La elección preliminar debe ser confirmada con un análisis mecánico de la banda; tal como se describe en el numeral 4.7, para realizar esta evaluación es necesario conocer las fórmulas matemáticas que Intralox utiliza para evaluar si la banda elegida a priori es capaz de soportar los requerimientos del proceso. El procedimiento a seguir es el siguiente

- Se calcula la tracción de la banda provocada por el producto.
- Se compara la tracción de la banda con la tracción permitida.
- Se determina el número de guías y de engranajes según el ancho de banda.
- Se evalúa la resistencia del eje motriz
- Se calcula la potencia del motor.

Las fórmulas presentadas a continuación son utilizadas para evaluar los parámetros anteriormente enlistados

Fórmula 1 (carga con producto aglomerado)

$$M_p = M \times F_p \times (\text{porcentaje de acumulación del área de la banda} / 100)$$

Nota: Si el producto no se fricciona sobre la banda, no hay acumulación de producto, ignore M_p ya que no se aplica

Donde M es la carga provocada por el producto, F_p es el coeficiente de fricción entre el producto que se transporta y la banda. Para este caso en particular el producto no se acumula sobre la banda por lo tanto la carga con producto aglomerado no es aplicable; $M_p = 0$.

Fórmula 2 (tracción de banda)

$$BP = [(M + 2W) \times F_w + M_p] \times L + (M \times H)$$

En la fórmula 2 aparecen nuevas variables como W que representa el peso de la banda y F_w que representa el coeficiente de fricción entre la banda y las guías de desgaste ambos factores pueden ser encontrados en la Tabla II y III respectivamente.

Tabla II. Peso de la banda Intralox serie 800 en todos sus estilos de superficie

PESO DE LA BANDA (w) Lb/pie ² (kg/m ²)				
SERIE	ESTILO	MATERIALES ESTANDAR		
		POLIPROPILEN O	POLIETILENO	ACETAL
800	FLAT TOP	1.77 (8.66)	1.87 (9.13)	2.75 (13.43)
	PERFORATED FLAT TOP	1.54 (7.52)	1.59 (7.76)	2.28 (11.15)
	PERFORATED FLAT TOP 5/32" Ø	1.54 (7.52)	1.59 (7.76)	---
	FLUSH GRID	1.45 (7.08)	1.55 (7.57)	2.25 (10.99)
	MINI RIB	1.90 (9.23)	1.98 (9.67)	2.92 (14.26)
	NUB TOP	1.90 (9.23)	2.01 (9.80)	2.95 (14.40)
	CONE TOP	1.84 (8.97)	1.93 (9.44)	2.84 (13.89)
	ROLLER TOP	2.93 (14.34)	2.99 (14.62)	4.11 (20.10)
	MESH TOP	1.60 (7.86)	---	---

Fuente: Datos tomados de la tabla 1 del manual técnico Intralox página 215

Tabla III. Coeficiente de fricción entre la banda y la guía de desgaste

COEFICIENTE DE FRICCIÓN F _w ENTRE GUÍAS DE DESGASTE Y BANDA								
MATERIAL DE GUÍAS DE DESGASTE	POLIPROPILENO				POLIETILENO		ACETAL	
	SUPERFICIE LISA		SUPERFICIE ABRASIVA		SUPERFICIE LISA		SUPERFICIE LISA	
	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO	HÚMEDO	SECO
U.H.M.W	0.11	0.13	NR	NR	0.24	0.32	0.10	0.10
H.D.P.E.	0.09	0.11	NR	NR	NR	NR	0.09	0.08

Fuente: Datos tomados de la tabla 2A del Manual técnico de Intralox página 216

Otra nueva variable es L que representa el largo del transportador y finalmente H que es la diferencia de altura si la hubiera. Aplicando esta fórmula al ejemplo de cálculo se tiene:

$$BP = [(34.23 + 2 (9.13)) x 0.24 + 0] x 10.66 + (34.23 x 0)$$

$$BP = 134.29 \text{ kg/m de ancho de banda}$$

A continuación se deben considerar los efectos que causa la forma de operación del transportador, esto significa que es necesario determinar, por ejemplo, si el transportador arranca en vacío o con carga; si se dan varios arranques al día o uno solo. De la forma de trabajo dependerá el valor del factor de servicio SF que aparece en la siguiente fórmula:

Fórmula 3 (tracción ajustada de la banda)

$$ABP = BP x SF$$

La tabla que aparece a continuación permite determinar el factor de servicio para las bandas modulares marca Intralox.

Tabla IV. Factor de servicio

FACTOR DE SERVICIO SF	
Arranques bajo “no carga”, “con carga” aplicada gradualmente.....	1.0
Arranques frecuentes bajo carga (mas de una vez por hora) Agregar	0.2
A velocidades mayores de 100 pies/min (30 mts/min) Agregar.....	0.2
Bandas transportadoras para elevación Agregar	0.4
Transportador de empuje Agregar	0.2
T O T A L	
Nota: para velocidades superiores a los 15 mts/min (50 pies/min) en transportadores que arrancan con acumulación de producto, se recomienda usar motores de arranque suave.	

Fuente: Tabla 3 Manual técnico Intralox página 25

Analizando la descripción del problema se determina que el transportador arranca en vacío y la carga es aplicada gradual y uniformemente, además la jornada sólo provoca un arranque extra el cual no se puede considerar como arranque frecuente puesto que se hace varias horas después del arranque matutino. Por lo anterior el SF de la banda en estudio es únicamente 1.0 según la tabla de la página anterior.

$$ABP = 134.29 \times 1.0$$

$$ABP = 134.29 \text{ kg/mts de ancho de banda}$$

Ahora es necesario determinar si la banda es capaz de resistir la tensión; para ello se debe calcular la resistencia permitida de la banda, esto se hace a través del uso de la siguiente ecuación:

Fórmula 4 (resistencia disponible de la banda)

$$ABS = BS \times T \times S$$

Esta fórmula requiere de tres variables nuevas que son BS, T y S. BS representa la resistencia nominal de la banda; T es un factor de temperatura el cual se determina mediante la temperatura de operación del equipo y finalmente S que representa un factor de resistencia. Cada una de estas nuevas variables se determinan mediante tablas o gráficas.

En el caso de BS se determina directamente de una tabla, solamente es necesario conocer la serie de la banda y el estilo de superficie para determinar su valor. El factor de temperatura T se determina mediante una gráfica; en ésta se localiza la temperatura de operación en el eje de las ordenadas; se proyecta hacia la curva y luego se busca el valor correspondiente en el eje de las abscisas; es importante recordar que cada polímero se comporta de manera distinta ante la temperatura por ello cada material posee una gráfica distinta. Para el caso del factor de resistencia S la gráfica presenta en el eje de las abscisas valores numéricos que representan el cociente entre la velocidad y el largo del transportador.

El resultado de dicha división se localiza sobre las rectas que representan los dientes de los engranajes a utilizar, este punto sobre la gráfica se proyecta hacia el eje de las ordenadas para obtener así el valor del factor de resistencia S. La siguiente tabla muestra los valores de resistencia de la serie 800 para cada estilo de superficie:

Tabla V. Resistencia de la banda serie 800 en sus distintas superficies

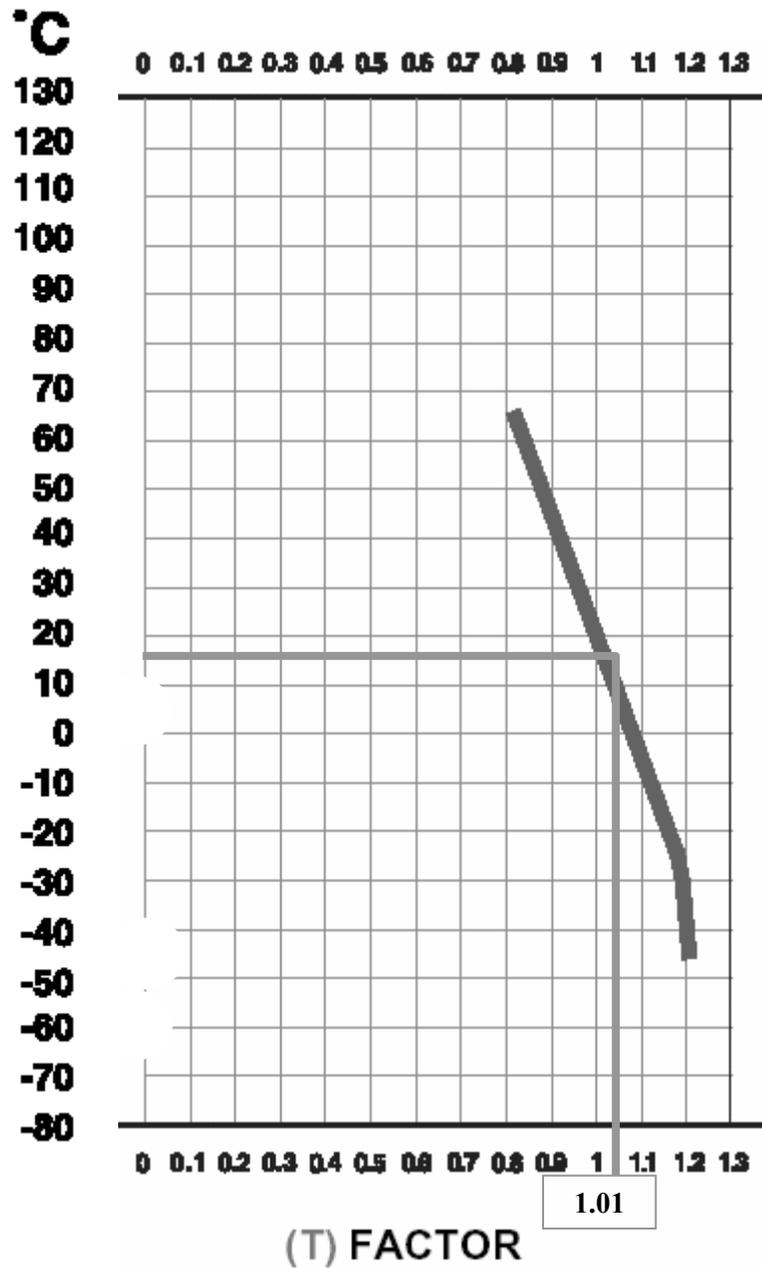
RESISTENCIA DE LA BANDA lb/pie (Kg/mts)				
SERIE	ESTILO	POLIPROPILENO	POLIETILENO	POLIETILENO
800	<i>FLAT TOP</i>	1000 (1490)	500 (750)	900 (1340)
	<i>PERFORATED FLAT TOP</i>	1000 (1490)	500 (750)	900 (1340)
	<i>PERFORATED FLAT TOP 5/32"</i> <i>REDONDO</i>	1000 (1490)	500 (750)	--
	<i>FLUSH GRID</i>	1200 (1782)	750 (1114)	1000 (1485)
	<i>MINI RIB</i>	1000 (1490)	500 (750)	900 (1340)
	<i>NUB TOP</i>	1000 (1490)	500 (750)	900 (1340)
	<i>CONE TOP</i>	1000 (1490)	500 (750)	900 (1340)
	<i>ROLLER TOP</i>	1000 (1490)	500 (750)	900 (1340)
	<i>MESH TOP</i>	1000 (1490)	--	--

Fuente: Fragmento de la tabla 3 del Manual técnico Intralox página 217

Según la tabla anterior; para el ejemplo en estudio, la banda de la serie 800 en el estilo *flat top* posee una resistencia nominal de 750 kg/metro. Conocido este dato se procede a obtener de las gráficas los demás datos para calcular la resistencia disponible de la banda.

La siguiente figura muestra el comportamiento del polietileno ante la presencia de temperatura, es útil recordar que los plásticos ven afectadas sus propiedades físicas al aumentar la temperatura.

Figura 26. Factor de temperatura T para el polietileno



Fuente: Manual técnico Intralox p. 18

Según la descripción del problema, la temperatura a la que opera el transportador es la temperatura del ambiente y en el caso de las plantas procesadoras de carne ésta es de 17°C por lo tanto al utilizar la gráfica anterior se determina que para el polietileno el factor de temperatura es de 1.01.

Corresponde ahora el cálculo del factor de resistencia considerando las variables velocidad, largo del transportador y el número de dientes del engranaje. La relación V / L ,antes mencionada tiene un valor de:

$$6.1 / 10.66 = 0.572 \sim 0.6$$

La siguiente tabla muestra los datos de los engranajes de la serie 800 marca Intralox; en ella se resaltan las casillas que corresponden al engrane de diez dientes que se elige considerando que el traslado de las piezas de carne al tanque de agua para descarchado no requiere de ningún cuidado especial.

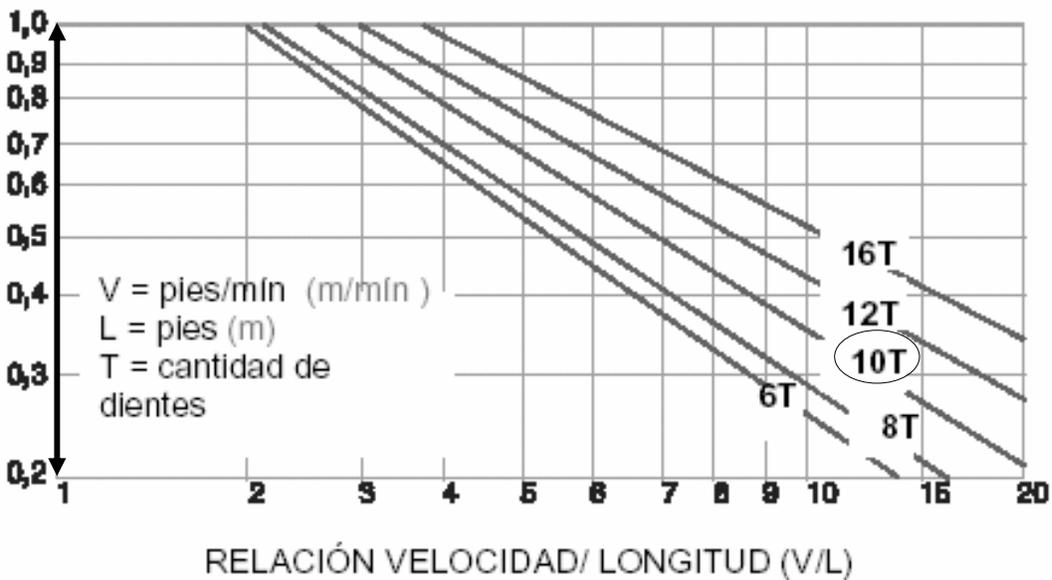
Tabla VI. Datos de los engranajes disponibles para la serie 800 de la marca Intralox

Datos de engranajes moldeados para banda serie 800				
Número de Dientes	Diámetro de paso nominal (mm)	Diámetro nominal externo (mm)	Ancho nominal del cubo (mm)	Dimensiones disponibles de cubos (mm)
6	102	97	38	40
8	132	127	38	40
10	165	157	38	40
12	196	191	38	40
16	262	257	38	40

Fuente: Valores extraídos de la tabla de datos de engranajes moldeados para la serie 800, p. 72 del Manual técnico de Intralox.

Establecida la relación entre la velocidad y longitud del transportador y el número de dientes del engranaje a utilizar se procede a determinar el factor de resistencia S en la siguiente gráfica.

Figura 27. Factor de resistencia S



Fuente: Manual Técnico Intralox Página 71

Determinados todos los valores de las variable de la fórmula de la resistencia disponible de la banda se procede a calcular dicho valor.

$$ABS = BS \times T \times S$$

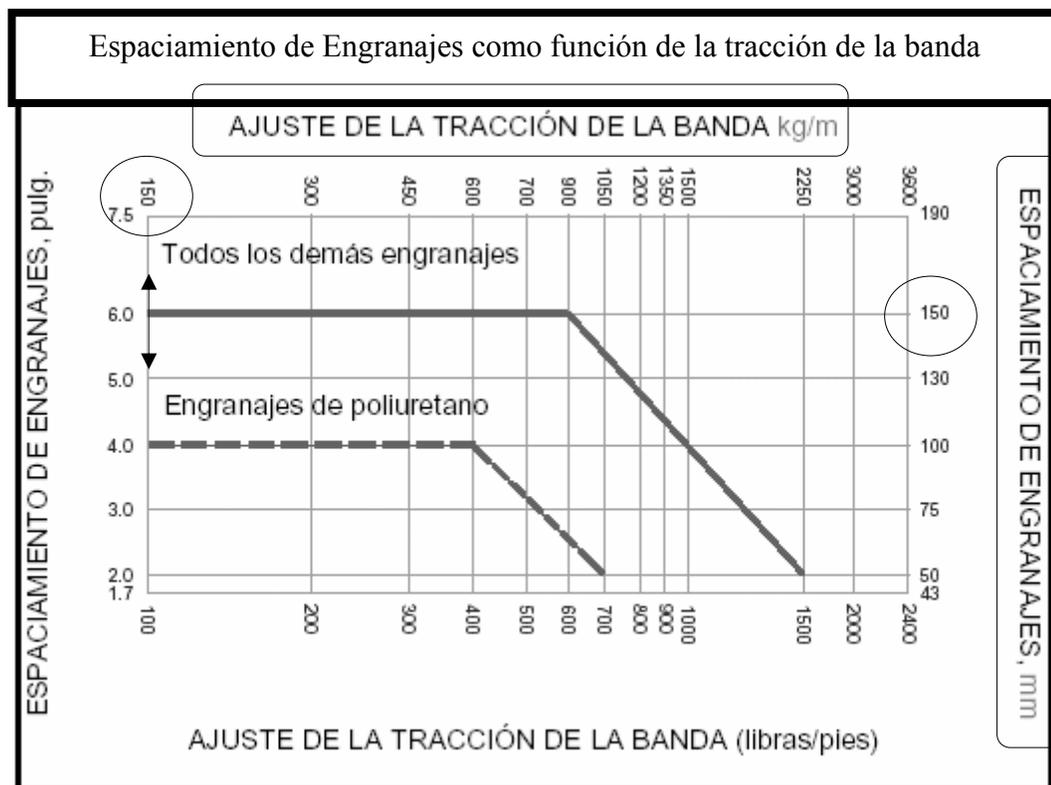
$$ABS = 750 \times 1.01 \times 1$$

$$ABS = 757.5 \text{ kg/m de ancho de banda}$$

Tomando en cuenta que ABS sobrepasa a ABP por un buen margen, se confirma que la banda Intralox, serie 800 estilo *flat top* de polietileno es la banda adecuada para utilizar en el traslado de las piezas congeladas de carne.

Ahora es necesario determinar la distancia máxima de separación entre los engranajes, su número y la cantidad de guías de desgaste que se han de utilizar tanto en el recorrido de ida como en el recorrido de retorno. Para este fin es necesario utilizar la siguiente gráfica en la cual se determina la distancia máxima entre los engranajes tomando como base la tracción ajustada de la banda ABP que para este caso es de 134.29 kg/m de ancho de banda; es importante saber que cada serie posee una gráfica particular.

Figura 28. Determinación de la distancia máxima entre engranajes de la banda serie 800 estilo *flat top*.



Fuente: Manual técnico Intralox, página 72

En la gráfica anterior se puede observar que el ABP de la banda en estudio (134.29 kg/m) es menor que el valor mínimo graficado (150 kg/m), por lo tanto se utiliza el espaciamiento máximo de 150 mm.

Para determinar el número de engranajes y de guías de desgaste se utiliza la siguiente tabla; la cual corresponde a la serie 800 marca Intralox.

Tabla VII. Cantidad de engranajes y guías de desgaste para la serie 800

Referencia de cantidad de engranajes y apoyos				
Rangos de ancho de banda		Número mínimo de engranajes por eje	Guías de desgaste	
(pulg)	(mm)		Recorrido de ida	Retorno
2	51	1	2	2
4	102	1	2	2
6	152	2	2	2
8	203	2	2	2
10	254	2	3	2
12	305	3	3	2
14	356	3	3	5
16	406	3	3	5
18	457	3	3	5
20	508	5	4	5
24	610	5	4	5
30	762	5	5	4
32	813	7	5	4
36	914	7	5	4
42	1067	7	6	5
48	1219	9	7	5
54	1372	9	7	6
60	1524	11	8	6
72	1829	13	9	7
84	2134	15	11	8
96	2438	17	12	9
120	3048	21	15	11
144	3658	25	17	13
Para otros anchos, use un número impar de engranajes con un espaciamiento máximo de 6 pul. (152 mm)			Espaciamiento máximo de 9 pulg. (229 mm)	Espaciamiento máximo de 12 pulg. (305 mm)

Fuente: Manual técnico Intralox, página 71

Tomando como base el ancho de 914.4 mm se localiza en la tabla anterior que son necesarios 7 engranajes en cada eje, 5 guías de desgaste en el recorrido de ida y 4 en el recorrido de retorno. Ahora se debe determinar si el eje elegido es capaz de soportar la tracción provocada por la carga; este análisis se realiza evaluando la deflexión que sufre dicho elemento y comparándola con patrones preestablecidos. Para ello es necesario calcular la carga total mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 6 (carga total del eje)

$$w = (ABP + Q) \times B$$

Donde ABP es la tracción ajustada de la banda, Q es el peso del eje y B es el ancho de la banda. Para determinar el peso del eje se utiliza la siguiente tabla;

Tabla VIII. Datos de los distintos ejes disponibles

Datos del eje				
Datos del eje	(Q) PESO DELEJE, Lb/Pie (kg/mt)			I Momento de inercia Plg^4 (mm ⁴)
Tamaño	Aluminio	Acero al carbón	Acero Inoxidable	
5/8" Cuadrado	0.46	1.33	1.33	0.013
1" Cuadrado	1.17	3.40	3.40	0.083
1.5" Cuadrado	2.64	7.65	7.65	0.42
2.5" Cuadrado	7.34	21.25	21.25	3.25
3.5" Cuadrado	14.39	41.60	41.60	12.5
25 mm Cuadrado	(1.699)	(4.920)	(4.920)	(32,550)
40 mm Cuadrado	(4.335)	(12.55)	(12.55)	(213,300)
60 mm Cuadrado	(10.05)	(29.11)	(29.11)	(1,080,000)
65 mm Cuadrado	(11.79)	(34.16)	(34.16)	(1,487,600)
E Módulo de elasticidad Lb/pulg ² (kg/mm ²)	10.000.000 (7,000)	30.000.000 (21,100)	28.000.000 (19,700)	

Fuente: manual técnico Intralox página 220.

En la tabla V se eligió el engranaje de 10 dientes con un cubo de 40 mm por esta razón el eje a utilizar será de 40 mm y el material deberá ser acero inoxidable por tratarse de un transportador para alimentos. De la tabla VII se obtienen los datos necesarios para determinar la carga total sobre el eje.

$$w = (134.29 + 12.55) \times 0.9144$$

$$w = 134.27 \text{ kg}$$

Una vez determinada la carga total sobre el eje se procede a calcular la deflexión en el eje de tracción, para ello se utiliza el siguiente arreglo matemático:

Fórmula 7 (deflexión del eje - 2 chumaceras)

$$D = (5 / 384) \times [(w \times L_s^3) / (E \times I)]$$

Tanto los valores del módulo de elasticidad (E) como el momento de inercia (I) se obtienen de la tabla VII; en el caso de L_s representa el largo del eje sin apoyo, es decir el espacio entre las chumaceras y para este caso en particular es de 914.4 mm del ancho de la banda más 120 mm que existen entre los extremos de la banda y el punto de apoyo del eje sobre las chumaceras en total se tiene 1034.4 mm.

$$D = (5 / 384) \times [(134.27 \times 1034.4^3) / (19,700 \times 213,300)]$$

$$D = 0.46 \text{ mm}$$

Según el fabricante de bandas Intralox; la deflexión máxima recomendable es de 2.5 mm por lo tanto el eje cuadrado de acero inoxidable de 40 mm satisface ampliamente la restricción de la deflexión.

El paso a seguir es la determinación de la potencia del motor que ha de utilizarse. Para este fin es necesario calcular antes el par motor del eje motriz aplicando la siguiente fórmula:

Fórmula 9 (par motor, eje motriz)

$$T_o = ABP \times B \times (P.D. / 2)$$

Nota: D.P. representa el diámetro de paso de su engranaje en pulgadas (mm)

Para el ejemplo de estudio el par motor es

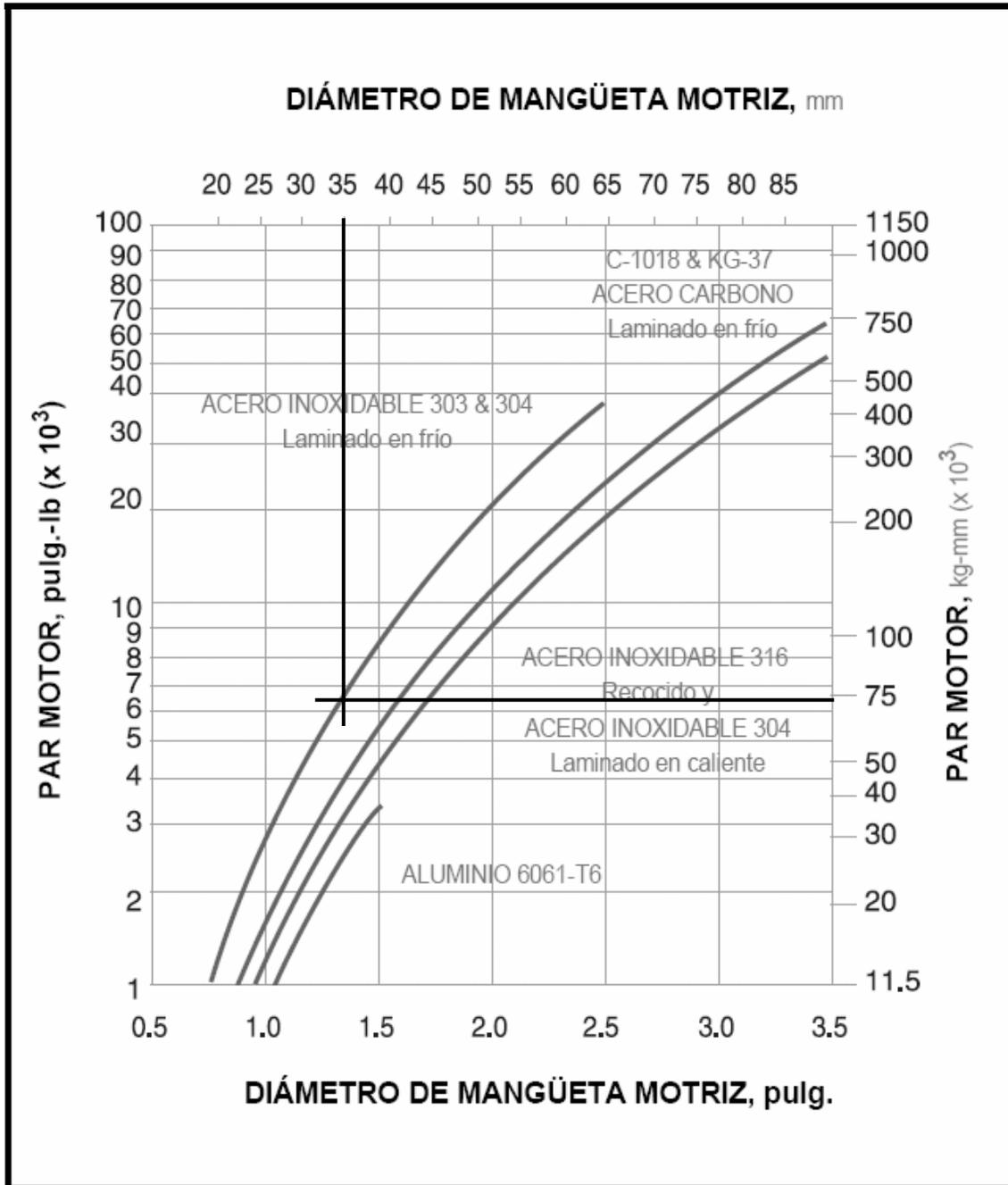
$$T_o = 134.29 \times 0.9144 \times (165 / 2)$$

$$T_o = 10,130.56 \text{ kg-mm}$$

El par motor en el eje es de 10,130.56 kg-mm este torque se aplica en el eje cuadro de 40 mm ,sin embargo, es necesario recordar que para montarlo sobre chumaceras es necesario maquinarlo hasta un diámetro determinado; en este caso se elige un diámetro de el cual deberá ser capaz de resistir dicho momento.

Para saber si el eje resistirá este par torsionante es necesario utilizar la gráfica de la figura 29; en ella el fabricante relaciona experimentalmente para cada tipo de material; el diámetro de eje versus el par motor máximo recomendado

Figura 29. Máximo par motor recomendado para el eje motriz



Fuente: Manual técnico Intralox, Pagina 220

De la gráfica anterior se determina que el máximo torque recomendado es de 75,000 kg-mm por lo tanto, el eje cuadrado de 40 mm y maquinado a un diámetro de 35 mm es suficientemente capaz de transmitir el par torsor requerido.

A continuación se determina la potencia necesaria para accionar la banda, para establecer este parámetro se debe utilizar la siguiente fórmula:

Fórmula 13 (potencia en unidades métricas)

$$\text{Potencia, vatios} = (T_o \times V) / (3.06 \times \text{P.D.})$$

Donde: T_o = par motor, kg-mm

P.D. = diámetro de paso, mm

Evaluando esta ecuación con los valores del ejemplo en cuestión se tiene:

$$\text{POTENCIA, VATIOS} = (10,130.56 \times 6.1) / (3.06 \times 165)$$

$$\text{POTENCIA, VATIOS} = 122.39 \text{ Watt}$$

Finalmente para determinar la potencia del motor a utilizar se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Caballaje del motor} = \frac{(\text{Potencia de accionamiento de la banda})}{(100\% - \% \text{ total de pérdidas})} \times 100$$

Esta fórmula requiere que se determine el porcentaje de pérdida de potencia que se presenta en el transportador debido al uso de elementos mecánicos, dichas pérdidas se determinan mediante la siguiente lista;

ELEMENTOS DE MAQUINARIA	PROMEDIO DE PÉRDIDAS DE EFICIENCIA MECÁNICA
Chumaceras comunes de camisa2% a 5%
Chumaceras de bolas	1%
Reductores de engranajes:	
Engranajes helicoidales o rectos	
de reducción simple	2%
de reducción doble.	4%
de reducción triple	5%
Engranajes de tornillo sin fin	
de reducción simple	5%
de reducción doble.	10% a 20%
Cadenas de rodillos.	3% a 5%
Bandas en V	2% a 4%
Sistema de energía hidráulica. . .	(consulte al fabricante)

En la lista anterior aparecen en negrilla las pérdidas aplicables al ejemplo; de la cuales tenemos un total de 11% aplicando la fórmula para determinar la potencia del motor se tiene:

$$\text{Potencia del motor} = [122.39 / (100\% - 11\%)] \times 100$$

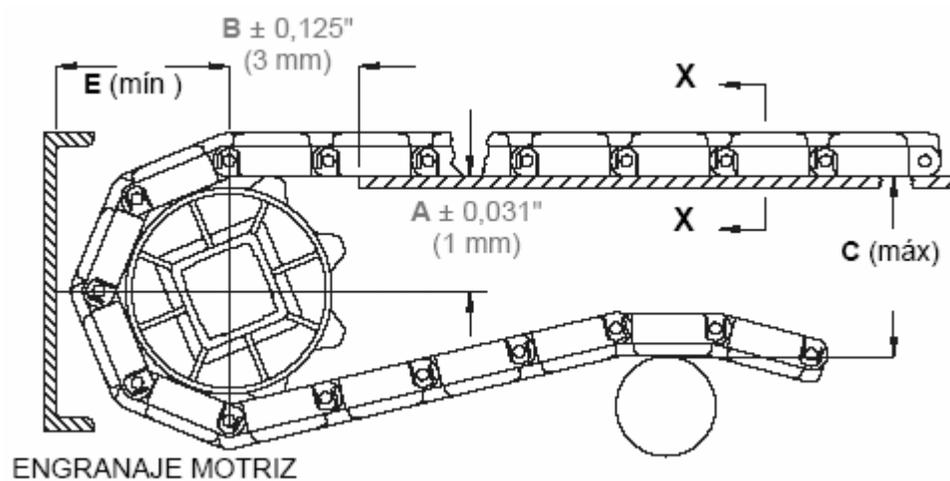
$$\text{Potencia del motor} = 137.51 \text{ Watt}$$

Finalizado el análisis mecánico de la banda elegida, determinada la cantidad de accesorios necesarios y establecida la potencia necesaria del motor a utilizar se debe diseñar la estructura del transportador; en todo diseño existe libertad para crear, sin embargo, en el caso de los transportadores que utilizan banda modular plástica marca Intralox existen una serie de consideraciones que son necesarias aplicar al diseño, estas restricciones son las siguientes:

- Ubicación del engranaje motriz y conducido
- Ubicación de las guías de desgaste
- Ubicación de los rodillos de reenvío

La siguiente figura ilustra las principales dimensiones a respetar en la colocación de los ejes motriz y conducido. Cabe aclarar que cada estilo y superficie posee dimensiones propias las cuales están tabuladas de acuerdo al diámetro de paso y al número de dientes del engranaje.

Figura 30. Requisitos dimensionales básicos



Fuente: Manual técnico Intralox, página 187

Las dimensiones para la banda Serie 800 *flat top* con diámetro de paso de 165 mm y 10 dientes son las siguientes:

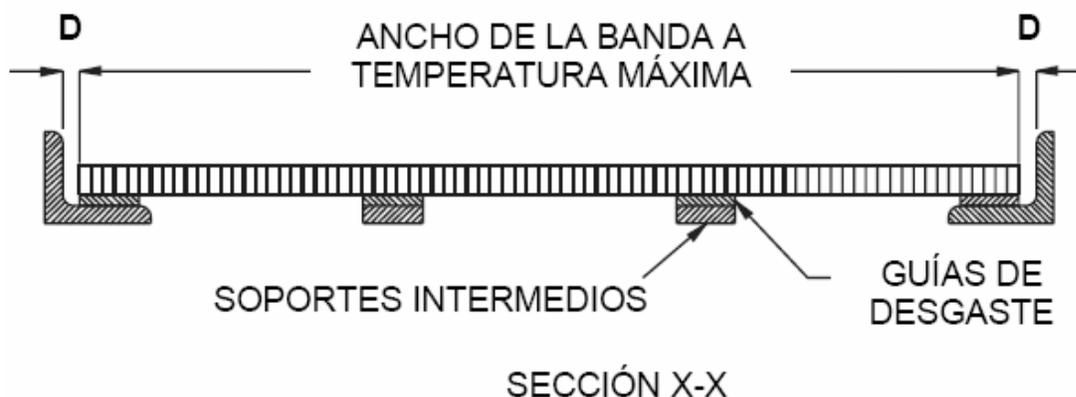
- A: Entre 70 y 74 mm
- B: 76 mm
- C: 165 mm
- E: 92 mm

Las guías de desgaste son otro elemento importante de los transportadores de banda plástica; éstas deben ser colocadas uniformemente de tal manera que proporcionen una base firme sobre la cual se deslice la banda. El número de guías de desgaste para este caso es de cinco para el recorrido de ida y cuatro para el de retorno, sin embargo, pensando en el factor económico el retorno de la banda se hará por medio de rodillos de reenvío por lo que únicamente se debe atender el recorrido de ida.

La ubicación de las guías debe hacerse lo más próximo posible al engranaje motriz a fin de evitar que la banda penda entre el extremo de las guías y los engranajes; para evitar esto es necesario que los extremos de las guías se ubiquen 12.7 mm por detrás del centro del eje motriz tal como lo ilustra la figura 16a.

Para evitar que la banda se friccionen con los perfiles principales durante el funcionamiento del transportador; el fabricante de banda Intralox recomienda que circule separada lateralmente una distancia $D = 6.4$ mm tal como lo ilustra la figura 31:

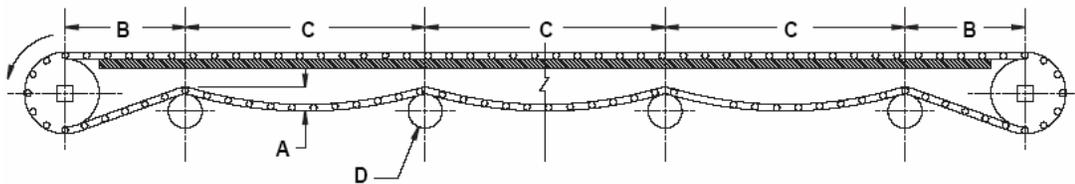
Figura 31. Espacio D necesario entre la banda y el perfil principal



Fuente: Manual técnico Intralox, página 187

Para este ejemplo se utilizarán rodillos en el lado de retorno para lo cual Intralox define dimensiones especiales tal como lo ilustra la figura 32.

Figura 32. Dimensiones básicas en el recorrido de retorno utilizando rodillos



Fuente: Manual técnico Intralox, página 193

Las dimensiones acotadas en el dibujo anterior son

A: Distancia vertical máxima de la curva catenaria que se forma entre cada par de rodillos cuyo valor puede oscilar entre 25 mm y 102 mm.

B: Distancia entre los engranajes tanto motriz como de reenvío y los rodillos de apoyo con valor entre 0.23 m y 0.46 m, estos rodillos deben ser instalados de tal manera que la banda envuelva a los engranajes entre 180° y 210°.

C: Distancia entre los rodillos de retorno la cual puede ser como mínimo 0.9 m y 1.22 m como máximo.

D: Diámetro del rodillo de retorno el cual debe ser de 102 mm para bandas con paso mayor a 27 mm.

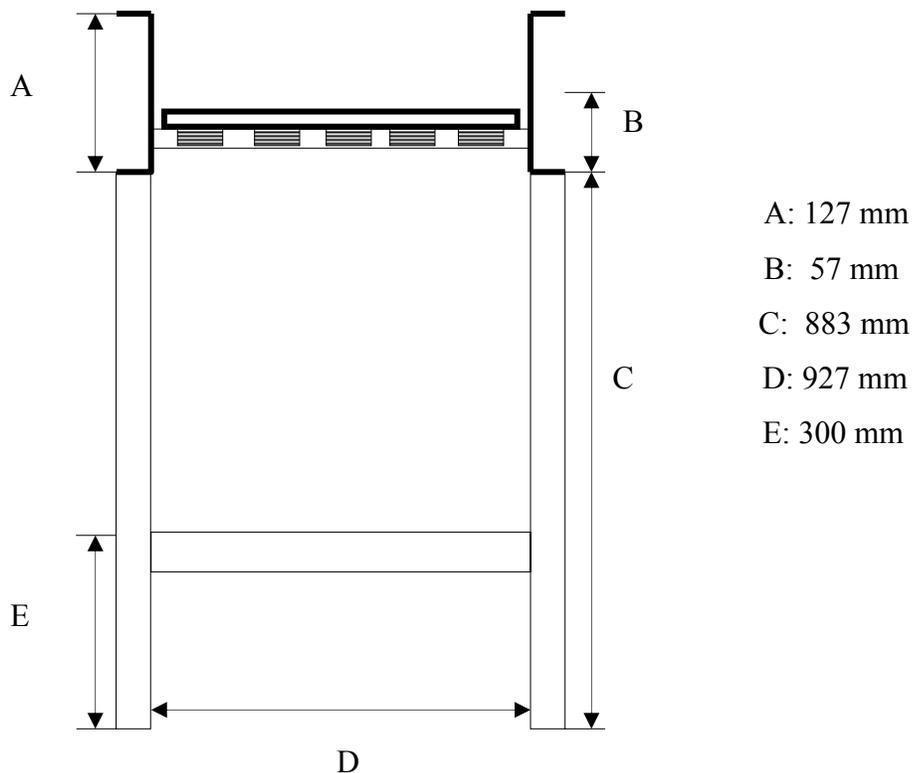
Estructuralmente el transportador tendrá las siguientes características:

- Perfil tipo C (ver figura 9, transportador horizontal) fabricado de lamina de acero inoxidable de 3 mm de espesor.

- Durmientes de tubo cuadrado de 25 mm y 1.5 mm de espesor.
- Soportes verticales de tubo cuadrado de 38 mm y 1.5 mm de espesor con refuerzos horizontales a 0.30 m del piso.

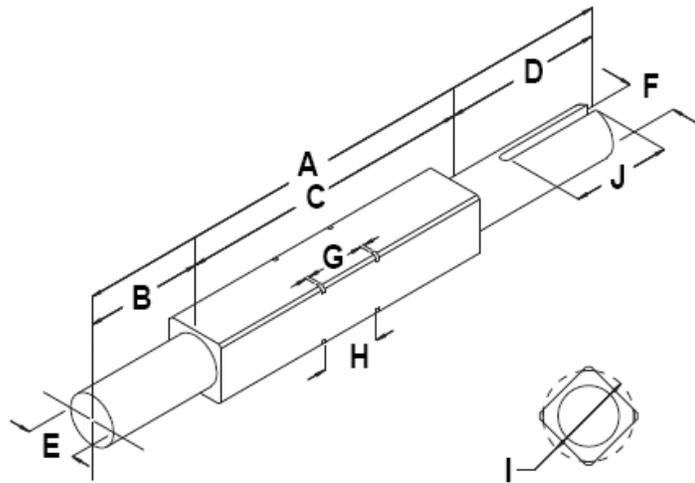
Debido a que el largo del transportador es de 10.66 m. Este se armará con tres secciones dos de ellas con un largo de 3 m y la tercera de 4.26 m , los restantes 0.2 m se dispondrán para los ejes y chumaceras. La siguiente figura muestra las principales dimensiones del transportador en diseño.

Figura 33. Principales dimensiones del transportador en estudio



Los ejes deben ser maquinados considerando todas las dimensiones que se detallan a continuación en la figura 34:

Figura 34. Dimensiones del maquinado del eje motriz



Fuente: Manual técnico Intralox, página 175

Para el ejemplo de diseño las dimensiones respectivas son:

- A - Largo: total 1070 mm
- B - Largo: chumacera 40 mm
- C - Largo: sección cuadrada 925 mm
- D - Largo: chumacera 105 mm
- E - Diámetro: chumacera 35 mm
- F - Diámetro: de la chumacera motriz 35 mm
- G - Ancho: ranura del anillo de retención 2.5 mm
- H - Ancho: cubo del engranaje 38 mm
- I - Diámetro: ranura del anillo motriz 51 mm
- J - Largo: ranura para clavija 60 mm

La figura 35 ilustra las dimensiones principales de cada una de las tres secciones en que se divide el transportador así como la carga que cada una debe soportar.

Figura 35. Dimensiones principales del transportador y carga soportada por cada sección

