



UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ
COORDINACION DE PASANTIAS Y TRABAJO DE GRADO
FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE APROBACION DEL INFORME DE PASANTIA O
TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MANEJO DE
PRODUCTO TERMINADO DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE CAJAS DE
CARÓN LONJIGADO

Realizado por el (la) Br. BOLIVAR DAMIS

C.I. N° 17891529, cursante de la carrera de Ingeniería Ingeniería hace constar después de analizar su contenido y oír la exposición oral, considera que reúne los méritos suficientes para su aprobación asignándole la CALIFICACION DEFINITIVA D VEINTE (20) PUNTOS

El Jurado

Tutor académico (coordinador)
Nombre: GIOVANNI PIZZELLA
C.I. 4455809

Jurado (1)
Nombre: WISTON ESPINOSA
C.I. 988 5895

Jurado (2)
Nombre: TOMY GONZALEZ
C. I.

Fecha: 06/09/2021

PARA SER LLENADO POR LA COORDINACIÓN DE PASANTIA Y TRABAJO DE GRADO

He recibido Original del Acta de Aprobación para ser colocada en la solvencia Académica

Nombre del Graduando:

C. I.

Fecha:

Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado

SEMESTRE: 2021-1CR



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL
MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO DE UNA EMPRESA
FABRICANTE DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO**

Autores:
Albarracin Hiram
Bolívar Danis

Urb. Yuma II, calle N°3. Municipio San Diego.
Teléfono (0241)8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
EL MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO DE UNA
EMPRESA FABRICANTE DE CAJAS DE CARTÓN
CORRUGADO**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autores:

Albarracin Hiram

C.I 19.755.324

Bolívar Danis

C.I 17.891.529

Tutor:

Ing. Giovanni Pizzella P.

San Diego, agosto de 2021



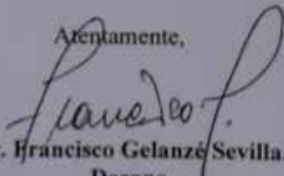
FI-M -006-2021-ICR (TG)

Valencia, 23 de julio de 2021

Ciudadanos:
Albarracín B., Hiram D.
19.755.324
Bolívar F., Daris D.
17.891.529
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 03-2021 de fecha 26-05-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO**, presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Ing. Giovanni Pizzella C.I: 4.455.859 como Tutor Académico que los asesorará en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla,
Decano





**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Giovanni Pizzella, portador de la cédula de identidad N°4455859, hace constar que ha leído el proyecto de trabajo de grado, presentado por los ciudadanos Albarracin Hiram C.I 19.755.324 y Bolívar Danis, C.I 17.891.529 titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe .

En San Diego, a los 15 días mes de julio del año dos mil veintiunos.

Ing. Giovanni Pizzella
C.I. 4455859

DEDICATORIA

A mis padres por darme la vida y formarme para hoy en día ser quien soy. Mis logros, se los debo a ustedes, incluyendo este. Por inculcarme los valores necesarios para inclinarme hacia el Desarrollo constante como ser Humano. Y aunque con reglas, o muchas libertades, al final de cuentas, me motivaron para el Logro de mis anhelos.

Hiram Albarracín

A Dios por haber permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos. Además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Maria del Carmen Flórez por poner toda su fe en mí y confianza de ver su sueño hecho realidad. A mi padrepreciado por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me han influenciado siempre por el valor mostrado para seguir adelante.

Gracias a mi esposa, por brindarme su apoyo incondicional durante todo el desarrollo de la carrera universitaria y la realización de este proyecto. A mis hermanas que desde la distancia siempre brindaron su apoyo.

Danis Bolívar.

AGRADECIMIENTOS

Al gran Dios Todopoderoso, Gran Arquitecto del Universo A mi amada Lic. Beatriz Barrios, por su apoyo y constancia en la culminación de mi carrera. A mis padres Ing. William Albarracín, Arq. Tisbeth Bellorín por inculcarme los deseos de superación tanto morales, espirituales y profesionales.

A todos mis profesores de la Escuela de Ing. Mecánica UJAP por compartirme su Sapiencia y experiencia, en esta maravillosa Carrera Profesional.

A todos mis Amigos presentes o en la Distancia, por su apoyo incondicional y su amistad. A todos, infinitas Gracias.

Albarracín Hiram.

Agradezco principalmente a Dios todo poderoso por darme sabiduría y guiar mis pasos, ya que sin su voluntad no hubiera alcanzado este sueño tan importante en mi vida.

A mis padres (María Flórez y Arturo Bolívar) por su apoyo incondicional que me dieron a lo largo de mi carrera, para así lograr mi meta, así como también a mi amada esposa, mis hermanas (Danielis Bolívar, Mariluz Bolívar).

Al Ingeniero Giovanni Pizzella por ser mi tutor académico y a la Ingeniero Alicia Yáñez De Pizzella tutor metodológico, por darme y guiarme en la elaboración de este Trabajo Especial de Grado, ya que con sus conocimientos y ayuda pude lograr realizarlo de manera correcta.

De la misma forma agradezco a las personas que me apoyaron y prestaron su colaboración en este proyecto en especial a mis suegros), amigos presenté y desde la distancia por su apoyo incondicional, y profesores por toda su enseñanza y consejos durante toda esta trayectoria.

Bolívar Danis.

ÍNDICE

CONTENIDO	pp.
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLA	xii
RESUMEN INFORMATIVO	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance del proyecto.....	6
1.6 Limitaciones del proyecto.....	6

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Bases Teóricas.....	11
2.2.1 Cartón Corrugado. Definición.....	11
2.2.2 Fabricación de cartón corrugado.....	14
2.2.3 El problema del Manejo de Materiales.....	14
2.2.4 Definición de manejo de materiales.....	15
2.2.5 Propósito del manejo de materiales	16
2.2.6 Elementos claves a considerar en el manejo de materiales.....	17
2.2.7 Dispositivos para el manejo de materiales.....	18
2.2.7.1 Sistemas que funcionan por gravedad.....	18
2.2.7.2 Transportadores mecánicos.....	21
2.2.8 Desarrollo del diseño del transportador.....	31
2.2.8.1 Diseño de la banda Transportadora.....	31
2.2.8.2 Esfuerzos.....	52

2.3	Definición de términos básicos.....	56
III MARCO METODOLÓGICO		
3.1	Tipo de Investigación.....	57
3.2	Nivel de la Investigación.....	57
3.3	Diseño de Investigación.....	58
3.4	Población y Muestra.....	59
3.4.1	Población.....	59
3.4.2	Muestra.....	59
3.5	Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.....	59
3.6	Fases Metodológicas.....	60
IV RESULTADOS		
4.1	Evaluar las características actuales del proceso de conformación de bultos y paletizado de las cajas de cartón corrugado	64
4.2	Diseñar el sistema mecánico de transporte desde la salida de la máquina flexográfica (producto terminado) hasta la zona donde se efectúa el paletizado.	66
4.2.1	Proponer las diversas alternativas de solución para el transporte de envases	66
4.2.2	Selección de la mejor solución para el transporte de producto terminado.....	67
4.2.3	Selección de la mejor solución para el proceso de paletizado.....	73
4.2.4	Diseño de la banda Transportadora.....	79
4.2.5	Diseño del sistema transportador de cajas en la máquina flejadora.....	85
4.2.6	Diseño del transportador de rodillos.....	94
4.2.7	Selección del transportador por gravedad.....	101
4.2.8	Diseño del cordón de soldadura.....	102
4.2.9	Selección del sistema para el proceso de paletizado..	105
4.3	Diseñar un sistema de control automático para el transporte de producto terminado.....	109
4.3.1	Sistema automatizado.....	110
4.3.2	Selección de equipos.....	111
4.3.3	Lista de direcciones.....	112
4.3.4	Diagrama de conexiones del PLC.....	113
4.3.5	Diagrama escalera del PLC.....	114
4.4	Análisis de rentabilidad del proyecto.....	115

CONCLUSIONES.....	121
RECOMENDACIONES.....	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
ANEXOS	
A Velocidades máximas recomendadas.....	128
B Tablas y gráficos para la selección de cadenas.....	129
C Diámetros de los rodillos aconsejados.....	143
D Factores de Potencia.....	144
E	

13	Banda têtil de goma.....	27
14	Materiales empleados en bandas termoplásticas.....	27
15	Representación de una banda metálica.....	28
16	Materiales empleados en bandas metálicas según temperatura de trabajo.....	29
17	Representación esquemática de una banda modular.....	30
18	Materiales comunes en bandas modulares.....	31
19	Aplicaciones de cada tipo de banda transportadora.....	31
20	Componentes de una banda transportadora tipo.....	33
20	Componentes de una banda transportadora tipo.....	33
21	Deslizamiento de banda sobre arreglo de rodillos.....	35
22	Deslizamiento de banda sobre placa plana continúa.....	36
23	Estaciones con rodillos de una banda transportadora.....	40
24	Estaciones suspendidas con guirlandas de una banda transportadora.....	41
25	Paso de las estaciones.....	41
26	Paso máximo aconsejable de las estaciones.....	42
27	Diagrama de cuerpo libre.....	45
28	Impulsor de cadena de rodamientos.....	47
29	Reacciones aplicadas al rodillo.....	52
30	Fases de la investigación.....	62
31	Transportador de rodillos y maquina flejadora.....	65
32	Transportador de rodillos (Final de la línea).....	65
33	Paletizado de los bultos de cajas de cartón corrugado.....	66
34	Posible solución 1.....	68
35	Posible solución 2.....	69
36	Posible solución 3.....	70
37	Posible solución 1. Polipasto sobre puente.....	74
38	Posible solución 2 Manipulador de carga por vacío.....	75
39	a-Posible solución 3. Manipulador de carga electrónico.....	76
39	b-Representación de los procesos.....	79
40	Ubicación de la banda transportadora en el proceso.....	80
41	Banda transportadora diseñada.....	84
42	Banda transportadora diseñada (Recubrimientos, lona y rodillos).....	85
43	Máquina flejadora.....	85
44	Diagrama de corte y momento flector del rodillo.....	96
45	Reacciones aplicadas a la estructura.....	97
46	Diagrama de corte y momento flector de la estructura.....	99
47	Soldadura entre la lámina y el perfil.....	102
48	Manipulador de carga electrónico.....	106

49	Longitudes del espacio para la implementación.....	107
50	Longitud vertical para el sistema de manipulación de carga.....	107
51	Liftronic Easy versión Column + Arm.....	108
52	Ubicación de sensores.....	109
53	Diagrama de conexiones del PLC.....	113

ÍNDICE DE TABLA

TABLA	Pág
1 Condiciones de los orígenes y destinos de las cargas.....	66
2 Comparación de restricciones Vs. Posibles Soluciones.....	71
3 Ponderación de criterios.....	72
4 Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección.....	72
5 Comparación de restricciones vs. Posibles Soluciones. Proceso de paletizado.....	77
6 Ponderación de criterios. Proceso de paletizado.....	78
7 Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección. Proceso de paletizado.....	78
8 Hoja de datos del PLC seleccionado.....	112
9 Lista de direcciones del autómata programable.....	112
10 Inversión Inicial.....	115
11 Tiempo de pago.....	120



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MANEJO DE
PRODUCTO TERMINADO DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE CAJAS
DE CARTÓN CORRUGADO**

Autores: Albarracín Hiram y Bolívar Danis

Tutor: Ing. Giovanni Pizzella P.

Fecha: julio 2021.

RESUMEN INFORMATIVO

Las palabras calidad y productividad constituyen actualmente dos conceptos verdaderamente importantes para las organizaciones modernas, las cuales cada vez más los integran a su filosofía de trabajo. En la búsqueda de alcanzar esa calidad y productividad, la empresa **CARTOFORMAS VENEZOLANAS, C.A.** se planteó la necesidad de mejorar el proceso de fabricación de cajas de cartón corrugado en la máquina flexográfica; específicamente el manejo del material terminado, ya que en la actualidad es un proceso que se realiza completamente manual por los operadores, produciendo mermas en la productividad, además de ocasionar graves problemas desde el punto de vista físico a los trabajadores. Es de hacer notar que, al revisar los sistemas empleados para el transporte y paletizado en la máquina flexográfica, quedan al descubierto las debilidades del proceso y es entonces que surge como objetivo principal el diseño de un sistema automatizado para el manejo de producto terminado de una empresa fabricante de cajas de cartón corrugado. Por otra parte, la presente investigación se desarrolló bajo la modalidad de investigación de campo de carácter descriptiva, con el objetivo de ofrecer una propuesta para la optimización del proceso operativo con el fin de aumentar al máximo el rendimiento de los recursos en torno a este. En base a esta investigación se realizó un sistema automatizado, empleando el control mediante lógica programada, que realice las actividades de flejado de los bultos de cajas de cartón, además de implementar sistemas mecánicos con una mínima intervención de los operadores. Por último, entre las conclusiones más importantes se tiene: incremento en la producción, cerca del 16%; disminución de mano de obra, el mejoramiento de las condiciones de trabajo para los operadores. Se recomienda estudiar la posibilidad de implementar sistemas similares en las demás líneas de producción para continuar incrementando la operatividad general de la empresa.

Palabras claves: automatización, manejo de material, diseño.

INTRODUCCIÓN

Cartoformas Venezolanas, C.A., es una empresa ubicada en Guacara Edo. Carabobo, Venezuela, dedicada a la fabricación de cartón corrugado, la conversión, flexo grabado y comercialización de cajas, dirigidas a la industria de alimentos, licores, detergentes, papel de archivo e higiénico, entre otras. En la zona de conversión, el sistema de transporte del producto terminado se realiza manualmente por medio de unos rodillos, esto genera una disminución en la productividad debido al mal manejo de materiales en el proceso de producción y además trae como consecuencia que los operarios de las líneas se ven expuestos a elevados niveles de riesgos en posturas de trabajo y en levantamiento de cargas, que de no ser disminuidos o eliminados los llevarían a sufrir de enfermedades ocupacionales.

Por estas razones, el presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar un sistema de transporte para el manejo de producto terminado en una máquina flexográfica; lograr la automatización de dicho proceso, generar ahorro de tiempo aumentando la productividad y además garantiza el bienestar del personal operador de dicha máquina. Es así como, los objetivos planteados se lograron siguiendo una estructura establecida que involucra el conocimiento y manipulación de todas las variables que intervienen en el proceso. Haciendo uso de algunas técnicas de investigación se obtuvo la mayor información posible, se analizó y luego se seleccionó la solución más viable, aquella que satisfaga la mayor cantidad de criterios establecidos para solucionar dicho problema.

Por lo demás, la investigación está estructurada en cuatro (4) capítulos conformados de la siguiente manera: En el capítulo I, se plantea el problema, se establecen los objetivos, se justifica la realización del estudio, se delimitan los alcances y las limitaciones de este. En el capítulo II, se plantean los antecedentes de la investigación y los tópicos que sustentan el desarrollo del proyecto. En el capítulo III,

se describe la metodología que será utilizada para el cumplimiento de los objetivos planteados; donde se muestran aspectos como el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo dicha investigación. En el capítulo IV, se presentan el desarrollo de la investigación con una evaluación dando como resultado el sistema a diseñar, posteriormente se realizó el diseño y se sometió a un estudio económico para conocer su factibilidad económica.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.

La empresa Cartoformas Venezolanas, C.A., ubicada en la ciudad de Guacara Edo. Carabobo, inicia operaciones en agosto de 2.006 como iniciativa de un grupo de emprendedores del Sector de Empaques que desde Caracas deciden ampliar horizontes y convertir un modesto negocio familiar que fabricaba Estuches Litográficos, en una empresa con estructura y gestión corporativa para la Fabricación de Cartón Corrugado. En el Año 2.010 decide ampliar sus instalaciones y trasladar la fábrica de estuches a Guacara iniciando operaciones el mismo año. Esto permitió diversificar la Operación de Cartoformas Venezolanas C.A. y pasar a ofertar una solución integral a sus clientes desde el mismo espacio físico, teniendo como visión la fabricación de cartón corrugado, la conversión, flexo grabado y comercialización de cajas, dirigidas a la industria de alimentos, licores, detergentes, papel de archivo e higiénico, entre otras.

Hoy en día Cartoformas Venezolanas , C.A., cuenta con una capacidad operativa que le permite el empleo directo de 150 trabajadores, capaz de fabricar más de tres millones de metros cuadrados de cartón corrugado al mes y máquinas de conversión que permiten generar tres millones quinientas mil cajas mensuales. Además, la empresa cuenta con dos máquinas impresoras y una flexográfica en la zona de conversión, donde se realizan los procesos de cortes longitudinales, transversales, doblado y conformación de las cajas de cartón, las cuales son flejadas y luego paletizadas.

Es necesario acotar que existe una inconformidad por parte de la gerencia en lo referente a los rodillos que transportan el producto terminado desde la salida de la máquina flexográfica, donde sale el producto terminado (Ver figura 1), hasta el lugar donde se paletizan los bultos de cajas, ya que éstos, no disponen de la inclinación

adecuada ni de la lubricación requerida para el arrastre de las mismas, situación que le exige al trabajador el traslado a los rieles y efectuar el empuje de las cajas para ser llevadas hasta el final de la línea, lugar en el cual, el proceso es completamente manual donde los operarios deben apilar en las paletas el material terminado; todo esto, genera una disminución en la productividad porque deben realizarse paradas continuas de la maquinaria para que el personal pueda disponer de tiempo para realizar estas actividades.

Por otra parte, otro problema que se presenta en la empresa como consecuencia de este sistema, es el desgaste físico del personal, según estudio realizado por ISEACA-Ingeniería de Seguridad Ergonomía y Ambiente CA, en el cual se evaluó las estaciones de trabajo, determinando elevados niveles de riesgos en posturas de trabajo y en levantamiento de cargas, tanto en la carga individual como en la acumulativa (tonelaje jornada).

Por esta razón, la empresa se ve en la necesidad de tomar acciones que le permitan mejorar el proceso en el manejo de producto terminado a objeto de incrementar la productividad por jornada diaria, además de mejorar las condiciones de trabajo y medio ambiente a sus trabajadores.

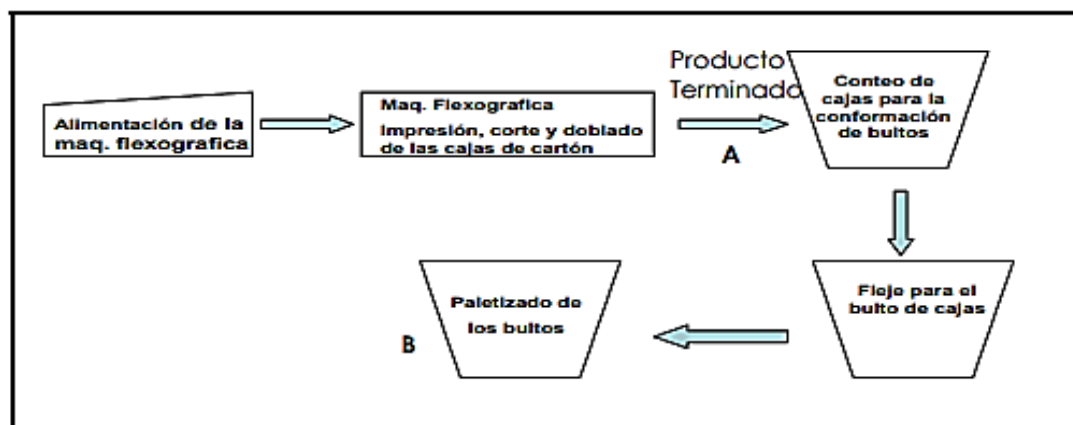


Figura 1: Representación de una banda transportadora.

Fuente: Bolívar D. (2021)

1.2 Formulación del problema.

Con la realización de este trabajo de grado se busca conocer la respuesta a la siguiente interrogante: ¿Cómo se puede incrementar la productividad por jornada diaria en el proceso de fabricación de cajas de cartón corrugado, además de mejorar las condiciones de trabajo y medio ambiente a los trabajadores en la empresa Cartoformas Venezolanas , C.A.?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo General.

Diseñar un sistema automatizado para el manejo de producto terminado en una fábrica de cajas de cartón corrugado.

1.3.2 Objetivos Específicos.

1. Evaluar las características actuales del proceso de conformación de bultos y paletizado de las cajas de cartón corrugado.
2. Diseñar el sistema mecánico de transporte desde la salida de la máquina flexográfica (producto terminado) hasta la zona donde se efectúa el paletizado.
3. Diseñar un sistema de control automático para el transporte de producto terminado.
4. Realizar el análisis de rentabilidad del proyecto.

1.4 Justificación de la investigación.

Para hacer un proceso de producción eficiente es necesario contar con sistemas que permitan llevar a cabo las actividades de forma más eficientes y seguras, por ello, la implementación de un diseño automatizado permitirá mejorar los procesos de producción por jornada diaria, disminuir los tiempos de paradas además de reducir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal para así garantizar a los trabajadores las condiciones de salud y bienestar en el trabajo establecidas en la Ley Orgánica de Prevención Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.

La elección del presente proyecto, se ha tenido en cuenta tanto por parte del estudiante como del especialista de producción en la empresa debido a los siguientes aspectos:

Se trata de un proyecto que abarca un campo de la ingeniería interesante por el hecho del rediseño de un sistema de transporte que actualmente no cumple con las características de diseño que son requeridas para el transporte desde la máquina flexográfica hasta el paletizado de forma continua y eficiente.

La modificación de las variables o parámetros críticos que condicionan el proceso actual están regidas por el estudio de los principios ideales de diseño para este tipo de sistema de transporte, aplicación de teoría de máquinas, basamento de proyectos de ingeniería, utilización ingeniería gráfica, estructuras industriales entre otros.

1.5 Limitaciones de la investigación.

Se tienen dos limitantes principalmente, poco espacio disponible para la disposición del sistema a implementar y el tiempo disponible del que se dispondrá para la realización del trabajo de grado que corresponde a dos semestres; periodo lectivo 2020-3CR y periodo lectivo 2021-1CR respectivamente. Otra limitación es el uso de información de carácter confidencial para la empresa: En la ejecución del proyecto puede ser utilizada información sensible para Cartoformas Venezolanas, C.A. que dificulte su visualización en el trabajo final de grado.

1.6 Alcance de la investigación.

La investigación solo abarcará el diseño del sistema para el manejo de producto terminado. El diseño contemplará el transporte de material terminado desde la salida de la máquina flexográfica hasta el lugar donde se realiza el paletizado, esto incluye el fleje de los bultos. El sistema diseñado debe cumplir con los criterios de maximización de beneficios y minimización de costos.

Finalmente, el informe de la investigación será obligatorio como credencial de mérito para optar al título de Ingeniero Mecánico en la Universidad José Antonio Páez.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Toda investigación permite aclarar, juzgar e interpretar la situación planteada teniendo presente que debe estar sustentada en una base sólida. Los antecedentes sirven para una síntesis conceptual a través del proyecto o trabajos realizados de la misma índole, para determinar el enfoque metodológico de la misma y poder indicar una conclusión existente al problema planteado, de manera que, los siguientes trabajos citados serán de referencia y plataforma en la realización

Muñoz y Lagos (2016), en su trabajo especial de grado, titulado **“Diseño de una Cinta Transportadora Intralox para Pesquera Bahía Caldera S.A,”** realizan un análisis y diseño de la utilización de bandas transportadoras modulares en una línea de envasado de pescado, puesto que las bandas transportadoras que utiliza dicha línea de producción son metálicas y dado la aplicación del lugar éstas no son rentables, debido a que requieren de constantes mantenimientos correctivos y paradas no programadas que afectan el desempeño del área productiva, producto del transporte inadecuado del pescado. En tal sentido, los autores proponen la implementación de bandas transportadoras tipo modular la cual son las utilizadas para este tipo de proceso, que es la ideal para líneas de envasado tipo alimenticio y farmacéutico.

Siendo así, los autores fundamentan su propuesta diseñando un prototipo de banda transportadora modular de plástico marca Intralox con el fin de aumentar su factor de operación y así con ello poder cumplir de manera eficiente las necesidades y metas establecidas por la empresa, lo cual efectúan analizando y calculando los criterios y parámetros de los componentes principales de la instalación que rigen el comportamiento de una banda transportadora aplicado al proceso de estudio, lo que

ofrece un prototipo que mitiga el mal transporte del pescado visto desde la banda transportadora como elemento de desplazamiento.

En tal sentido, el proyecto de investigación se relaciona con la investigación del autor, al poder aprovecharse la información recopilada referente a las consideraciones más relevantes que afectan el funcionamiento de una banda de transporte y comparar cual de aquellas no ha sido optimizada en el caso de estudio.

Así mismo, Grimes, E. (2006), en su proyecto de grado titulado **“Design of a Bottling Line Mechanism”**, realiza un diseño del sistema de transporte de una línea de embotellado haciendo foco en el comportamiento de los rieles que encausan los envases desde el pulmón de la banda transportadora hacia la disposición de las botellas en serie. El autor replantea la orientación de los rieles por consecuencia de sucesivas botellas caídas que ocasionan truncamiento de la línea y por ende repetitivas paradas no programadas. En este sentido, Grimes, hace énfasis en el comportamiento de los envases durante su traslado a través de las bandas en paralelo que son movidas a velocidades tangenciales diferentes, la fricción de las botellas con la banda transportadora y el centro de gravedad de los mismos, permitiéndole proponer la implementación de un sistema rechazador de envases caídos que en conjunción a la modificación del encausamiento de los rieles sobre las botellas produce que al equipo de llenado ingresen envases en la posición correcta y un acumulamiento de los mismos en el pulmón de la banda sin vibraciones, choque y caída de estos respectivamente.

De esta manera, dicha investigación sirve de apoyo para el análisis del comportamiento de los envases PET y vidrio sobre los rieles de encausamiento desde el área de despaletizado hacia el proceso de llenado, sitio donde se está produciendo la constante volcadura de envases que origina un transporte no fluido de los envases puesto que estos sirven de obstáculos en el avance de los otros cuando intentan posicionarse en fila a través del encausamiento de los rieles.

Asimismo, Bracho, J. (2012), en su trabajo de grado realizado en la Universidad José Antonio Páez, titulado **“Rediseño del sistema de transportación del**

paletizador de la línea de salsas negras “merge” de la empresa ALIMENTOS HEINZ C.A”, realiza el rediseño del sistema de transportación de la salida del paletizador de la línea de salsa negra o merge de la empresa Alimentos Heinz C.A, ubicada en el municipio de San Joaquín, estado Carabobo. El sistema actual presenta una problemática de mucha relevancia, debido a que al momento en que las paletas son transportadas hacia la zona de almacenaje presentan una inestabilidad y comienzan a balancearse en el proceso, lo que genera en muchas ocasiones que se caigan las cajas de productos al suelo ocasionando pérdidas de productos y pérdida de tiempo en la producción, además que este sistema ya es obsoleto y presenta muchos inconvenientes para su mantenimiento. El presente proyecto tiene como finalidad diseñar un sistema de transportación de cadenas que es mucho más eficiente y garantiza una mayor estabilidad en el proceso de transportación de las paletas, superando también los medios de mantenimiento con respecto al sistema actual, ya que este sistema es mucho más fácil de lubricar y de realizar su mantenimiento. Este sistema también garantiza disminuir los tiempos de paradas en la producción por parte de este equipo. Este proyecto solo abarca el diseño del sistema mecánico del transportador.

Esta investigación resulta de interés porque permite establecer un procedimiento para identificar y diagnosticar los problemas los problemas que se pueden presentar en la automatización de la línea de transportación.

Por otra parte, Barona, C. (2014), en su proyecto de grado **“Mejoramiento de la producción de una Planta Embotelladora de Cerveza Súper Línea de Cervecería”**, propone la implementación de un plan preventivo a una línea de envasado de cerveza como una estrategia para el mejoramiento de la producción mediante un incremento de la eficiencia de la línea mencionada. El autor se enfoca en brindar un análisis estructurado que involucra la identificación y recopilación de fallas de los equipos para determinar oportunidades de mejoras y las medidas más efectivas que pueden incluirse en el plan preventivo a fin de eliminar o mitigar las continuas averías que están generando paradas no programadas y por ende, planes de producción

no alcanzados y costos de mantenimiento por encima del valor esperado, atribuido a equipos funcionando en las condiciones no adecuadas por la identificación incorrecta de las fallas existentes que han originado planes de mantenimiento en las direcciones incorrectas.

En este sentido, esta investigación resulta de interés porque permite establecer el análisis causa-efecto que siguió el autor para identificar y diagnosticar los problemas implícitos en el proceso a través de una metodología que recopila todos los aspectos o variables que afectan el desenvolvimiento de un proceso o máquina y en base a este diagnóstico, desarrollar la forma o metodología de optimización que conlleva a una mejora del proceso en estudio.

Finalmente, Lugo R. J. (2017), en su informe de pasantías que tiene por título **“Semiautomatizado de la línea de producción número tres para el empackado en cajas de cartón para envases de galón de producto terminado de la empresa Alimentos Berrios ALBECA, C.A.”**, fundamenta el proyecto en el semiautomatizado de la línea de producción número 5 para el empackado en cajas de cartón para envases de galón de producto terminado de la empresa Alimentos Berrios ALBECA, C.A, con la finalidad de mejorar el proceso existente, ya que el mismo es completamente manual, afectando los índices de producción y mermando en la salud laboral de los trabajadores involucrados. Metodológicamente es un proyecto factible donde se desarrolló una propuesta para solucionar un problema en la empresa. El proyecto tuvo la finalidad de diseñar un sistema de transportación de cadenas que es mucho más eficiente y garantiza una mayor estabilidad en el proceso de transportación de los envases de galón. Se diseñó el sistema de transportación más apropiado en las dimensiones del espacio físico disponible actual, el mecanismo de empackado de los envases de galón y su vez, el sistema de cerrado de los empaques de cartón. Este sistema también garantiza disminuir los tiempos de paradas en la producción por parte de este equipo. Además, se seleccionaron los equipos más idóneos para lograr el semiautomatizado deseado.

El aporte a la investigación radica en la situación problemática debida al esfuerzo repetitivo que debe realizar el operario al momento de liberar los envases atascados, ya que además de estar de pie dicho esfuerzo implica una merma en las condiciones físicas y psicológicas del mismo, afectando considerablemente la producción, porque el rendimiento de la misma estaría sujeto al desempeño del operario.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Cartón Corrugado. Definición.

El cartón corrugado es una estructura formada por un nervio central de papel ondulado, reforzado externamente por dos capas de papel (Papeles liners o tapas) (ver figura 2) pegadas con adhesivo en las crestas de la onda o flauta. Es un material liviano, cuya resistencia se basa en el trabajo conjunto y vertical de estas tres láminas de papel. El mismo pierde su resistencia si la onda sufre aplastamientos o quebraduras producidos por fuerzas externas.

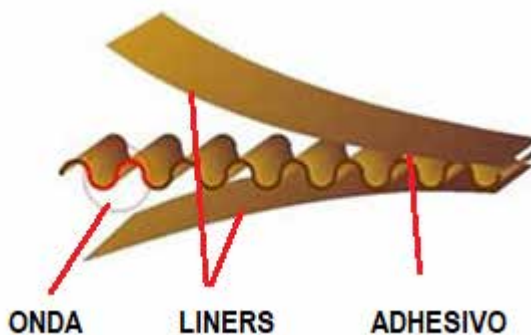


Figura 2: Componentes del Cartón Corrugado.

Fuente: Cartoformas venezolanas, C.A. (2021)

El cartón corrugado es una combinación de lo que se conoce como liner y flauta, en donde el liner es una gruesa lámina plana y la flauta, que es una lámina acanalada que va adherida al liner mediante goma presión y calor. Todo esto, hecho de base de pulpa de papel de pino o papel reciclado. Así mismo, logra obtener fuerza adicional en las cajas mediante los dobles, uniones y perforaciones especiales que se les dan a estas

en lugares claves de sus respectivos diseños estructurales, los cuales se conciben en base al uso específico a las que serán destinadas. (Ver figura 3).

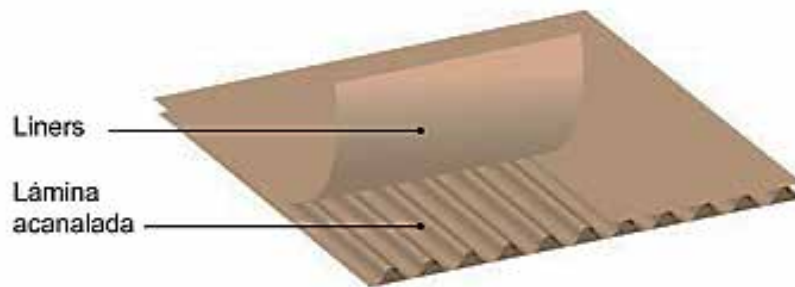


Figura 3: Componentes del Cartón Corrugado.

Fuente: Cartoformas Venezolanas, C.A. (2021)

El cartón corrugado pared sencilla (Fig. 4 (a)) y (Fig. 5 (a)) está compuesto por dos caras planas y una de papel ondulado, adherido por medio del adhesivo; si a este se le añade un segundo módulo de pared sencilla, constituye el llamado doble pared (ver Fig. 4 (b) y Fig. y 5 (b)).



Figura 4: Tipos de Cartón Corrugado.

Fuente: Cartoformas Venezolanas, C.A. (2020)

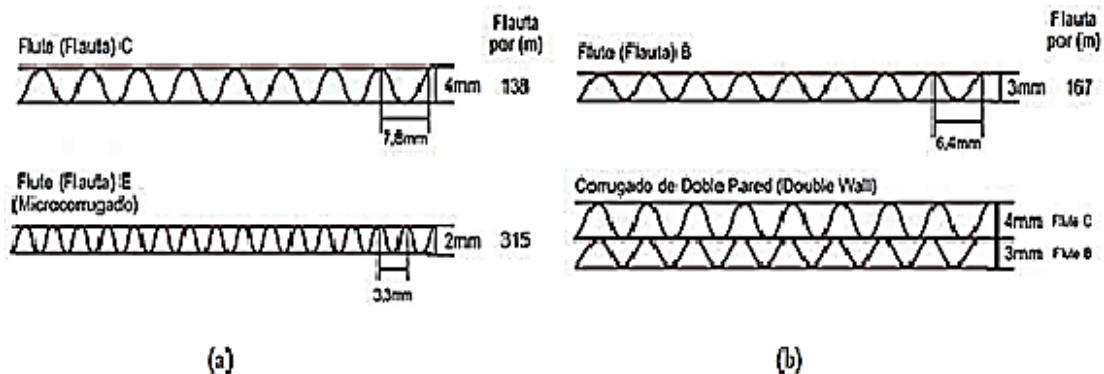


Figura 5: Tipos de Cartón Corrugado.
Fuente: Cartoformas Venezolanas, C.A. (2020)

Existen cuatro grandes gamas de perfil de onda y cada una se caracteriza por, la altura, el peso o la distancia entre los vértices, el número de canales u ondas por metro lineal de cartón y el coeficiente de ondulación (Ver Tabla 1). Las ondas o flautas poseen particulares propiedades, siendo la onda C la mejor en la relación precio/consumo de papel/calidad. Está dotada de una excelente resistencia al aplastamiento en plano (FCT) y a la compresión vertical (BCT), de allí su popularidad.

Tabla 1: Características de las flautas

Perfil del ondulado	Calibre del cartón (mm)	Paso (mm)	Número de canales (m ²)	Coeficiente de ondulación
Onda grande (Canal A)	5 mm aprox.	>8	110 a 116	1,48 a 1,52
Onda mediana (Canal C)	4 mm aprox.	7 a 8	123 a 137	1,41 a 1,45
Onda pequeña (Canal B)	3 mm aprox.	6 a 7	152 a 159	1,33 a 1,36
Micro canal (Canal A)	2 mm aprox.	<4	294 a 313	1,23 a 1,30

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

2.2.2 Fabricación de cartón corrugado

El primer paso consiste en colocar las bobinas o rollos de papel en la máquina corrugadora. Para esto se desenrolla el cartón de los límites o caras de un primer rollo, y debajo de este se coloca el segundo rollo de cartón que será utilizado para formar el corrugado interior, al hacerlo pasar por los rodillos que le dan la ondulación característica, posteriormente se engoma y se pega al primer rollo de cartón que se esta desenrollando para formar la cara. En caso de necesitarse un doble corrugado se pasa a una segunda etapa que engoma el corrugado por el lado que quedo libre y se pega la segunda cara.

Posteriormente, el cartón pasa por una sección de calor que fijará la unión correctamente, para luego ser llevado, en medio de una banda a la sección de enfriamiento. Donde posteriormente pasará por la sección de corte donde dependiendo de los requerimientos para lo cual se va a utilizar, el cartón corrugado se corta en láminas de distintos tamaños. Una vez terminadas, las láminas de cartón corrugado son primeramente impresas con el diseño gráfico característico que llevara la caja o envase, para posteriormente ser cortadas y marcadas en la maquina troqueladora para formar las diferentes partes del envase o de la caja. Existen algunas máquinas que tienen estos procesos integrados, de cualquier forma, la última parte del proceso consiste en el pegado que normalmente se realiza en una máquina por separado donde se engoma o se engrapan las uniones de la caja o envase. (Ver Fig. 6).

2.2.3 El problema del Manejo de Materiales.

El manejo de materiales, es parte esencial de todo proceso de manufactura y ocurre cada vez que un material, parte, o producto terminado, se mueve o es transportado de un lugar a otro. Este se presenta a través del ciclo completo de fabricación del producto, antes, durante, y después del proceso. Por otra parte, dependiendo de la naturaleza de la industria, el costo de manejo de materiales puede representar desde un 5% hasta un 90% del costo total de producción, con un promedio probable del 25%. Durante la manipulación se añade muy poco o ningún valor al producto, pero se le incorpora costo

adicional, lo que hace que esta actividad se considere improductiva y de acuerdo a las nuevas filosofías de productividad y calidad, esto representa un “desperdicio”. (E. y Rachadell F. 2002).

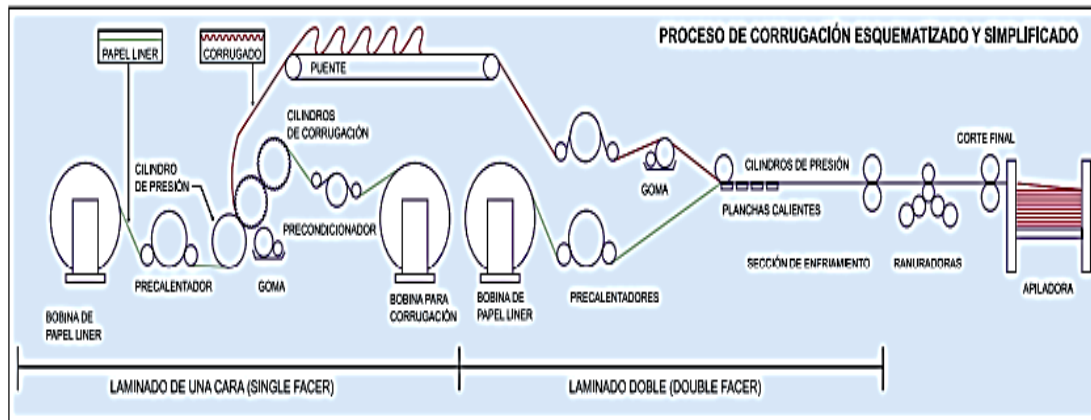


Figura 6: Proceso de corrugación.
Fuente: Cartoformas Venezolanas, C.A. (2021)

En virtud de lo anterior cuanto mayor esfuerzo se dedique a la reducción del manejo de materiales, tanto más competitivo será el producto, sin embargo, como las posibilidades de eliminarlo totalmente son remotas las acciones deben estar orientadas a su mejoramiento continuo, tal y como lo indican Gómez, E. y Rachadell F. (2002).

2.2.4 Definición de manejo de materiales.

La Sociedad Americana de Manejo de Materiales, ha definido el manejo de materiales en forma amplia como: “El arte y ciencia del movimiento, empaclado y almacenamiento de sustancias en cualquiera de sus formas”. Manejar Materiales: consiste en el suministro, mediante el uso del método correcto, de la cantidad exacta del material adecuado, en el lugar indicado, en el momento preciso, en la secuencia indicada en las mejores condiciones y al mínimo costo posible. (E. y Rachadell F. 2002).

2.2.5 Propósito del manejo de materiales

El propósito de las técnicas y equipos de manejo de materiales es el suministro de los materiales necesarios en el tiempo preciso en el lugar adecuado, así como la maximización de la utilización del espacio y la minimización del número de pasos de manejo, realizando los estrictamente necesarios, tan eficientemente como sea posible. Según los autores, las técnicas de manejo de materiales aplicadas adecuadamente pueden mejorar las operaciones de la siguiente manera:

- a) Reducción en los costos: El costo de una operación puede reducirse por la eliminación de manejo innecesario o repetitivo y por la integración de pasos de manejo de materiales con el flujo de materiales a través de la planta.
- b) Reducción de la mano de obra: Buenas prácticas de manejo de materiales, evitan el excesivo esfuerzo manual y generalmente reducen la mano de obra a niveles mínimos necesarios.
- c) Mayor seguridad: Reduciendo la mano de obra y las tareas manuales inseguras se mejora la seguridad total de una operación. Sistemas automatizados equipados con interruptores de seguridad pueden reducir accidentes durante las operaciones.
- d) Incremento de la capacidad productiva: El manejo de materiales puede incrementar la capacidad de una fábrica con el uso eficiente del espacio disponible para el trabajo y el almacenamiento, promoviendo el efectivo control de inventario aumentando la capacidad mediante el uso de equipo automatizado.
- e) Reducción de desperdicio: Mejoras en el manejo de materiales en proceso, mejora la calidad del producto, reduce los desperdicios y minimiza los daños al mismo.
- f) Mejora servicio a los clientes: Mejores métodos de manejo, ayudan a servir a los clientes más eficientemente, asegurando que sus suministros lleguen a tiempo, en la cantidad requerida con daños mínimos.
- g) Mayor productividad: Efectivo manejo de materiales aumenta la productividad de los empleados, mejora la utilización de la maquinaria y ayuda a la empresa a ser más competitiva.

2.2.6 Elementos claves a considerar en el manejo de materiales.

Según Gómez, E. y Rachadell F. (2002) cuando se realiza un estudio de manejo de materiales es necesario considerar los elementos claves que afectan el problema, tales como:

- **El Producto:** Las características de los equipos a utilizar están determinadas por los materiales y productos a transportar. De acuerdo a su presentación los materiales, se clasifican en materiales a granel y materiales embalados. Materiales a granel: Significa cualquier sustancia suelta, en polvos, granos o trozos, es decir que no estén contenidos en envases para su manipulación, como por ejemplo: arena, piedra picada, maíz, cemento, harinas, etc. Materiales embalados o empaquetados: Son aquellos materiales que se presentan envasados o contenidos en dispositivos tales como: cajas de madera o cartón, cestas, barriles, sacos de fibra o papel; plástico o cualquier recipiente que contenga materiales o productos fabricados.
- **La Cantidad:** Para la selección del sistema de transporte es importante conocer el flujo de material por unidad de tiempo requerido por el sistema. Este punto busca satisfacer los requerimientos de la empresa, al menor costo posible, tomando en cuenta que para grandes producciones, se justifican la implementación de sistemas automatizados.
- **La Ruta:** Se refiere a la dirección en que se mueve el material, sea vertical u horizontal. La ruta que siguen los materiales estará determinada por el tipo de proceso y su secuencia, así como la disposición de las instalaciones, siendo ésta una limitante en la mayoría de los estudios.
- **El tiempo:** Está ligado al momento en el cual se realizarán los movimientos. Se debe considerar: la regularidad con la cual deben realizarse los movimientos y la duración de los mismos. Para evitar la acumulación de productos entre las estaciones que conforman el proceso y reducir demoras en la producción, es necesario sincronizar las entradas a las distintas etapas del proceso.

- **Los servicios:** Para llevar a cabo operaciones productivas y de manejo de materiales deberá existir un número de servicios que hagan que el proceso funcione con normalidad. Los procedimientos de recepción y despacho, los sistemas de suministro de electricidad, gas, agua, vapor y combustibles y las facilidades de mantenimiento, son servicios esenciales.

2.2.7 Dispositivos para el manejo de materiales.

El número de dispositivos para el manejo de materiales de que actualmente se dispone es demasiado grande, por lo que se describirán brevemente solo algunos de ellos.

2.2.7.1 Sistemas que funcionan por gravedad

Los equipos o aparatos incluidos dentro de esta clasificación se caracterizan por ofrecer un medio bastante económico para el transporte de materiales. El hecho de usar la fuerza de gravedad como energía motriz hace que no se requiera mecanismo impulsor alguno; por otra parte, al estar conformados por ninguna o pocas partes móviles, el desgaste de sus componentes es mínimo y los costos de mantenimiento son prácticamente despreciables. Por su naturaleza su uso está restringido al traslado de materiales en trayectorias inclinadas descendentes, aunque en algunos casos pueden utilizarse para movimientos en el plano horizontal. Dentro de este grupo se consideran, fundamentalmente, dos clases de equipos:

- a) Transportadores de ruedas.
- b) Transportadores de rodillos.

a) Transportadores de ruedas

La superficie de deslizamiento de estos transportadores está constituida por un conjunto de ejes de acero, sobre los cuales va montado un grupo de ruedas de acero o aluminio estampado. Los ejes, colocados en forma horizontal y paralelos entre si, se apoyan sobre una estructura metálica de perfiles angulares o en U. Adicionalmente poseen dos o tres largueros entre los soportes laterales que aseguran el alineamiento de los ejes y la rigidez del conjunto. En la figura 7 se ilustra el transportador de ruedas.

Usos

Estos transportadores se adaptan perfectamente a cargas que poseen un fondo liso, plano y suficientemente resistente para soportar la presión de las ruedas. Específicamente se pueden manejar cartones, estuches, paquetes de papel, cajas de madera y de metal livianas y en general todos aquellos artículos sin salientes ni ranuras. Se exceptúan todas aquellas cargas angostas que pudieran incrustarse en las ruedas.

Inclinación

Debido a la poca fricción existente entre las ruedas y el eje, la inclinación necesaria es muy pequeña. Una pendiente entre 0, 75° y 1, 50° resulta suficiente en la mayoría de los casos.



Figura 7: Transportador de Ruedas.

Fuente: <https://mx.misumi-ec.com/es> (2020)

b) Transportadores de rodillos

El principio de funcionamiento de estos transportadores es fundamentalmente el mismo de los transportadores de ruedas, pero la superficie de deslizamiento está compuesta de una serie de rodillos cilíndricos, paralelos entre sí. En la figura 8 se ilustra el transportador de rodillos.

Usos

Se emplean para el transporte de artículos tales como: cestas cajas metálicas o de fibra, barriles y tambores, incluyendo objetos largos y angostos (vigas, listones, pletinas) que pudieran causar incrustaciones si se transportan con ruedas. Las cargas deben tener una superficie rígida de apoyo y preferiblemente debe ser del mismo material y con pesos aproximadamente igual.



Figura 8: Transportador de Rodillos por gravedad
Fuente: Venmir de Colombia SAS (2020)

Inclinación

El desnivel necesario entre los puntos de carga y descarga varía según la naturaleza del material en contacto con los rodillos y el peso de la unidad de carga. La determinación de la inclinación debe hacerse con suma precisión para evitar que las cargas alcancen altas velocidades en su recorrido y puedan generar riesgos tanto para la carga misma como para las personas que laboran en el área. Con base a la experiencia en aplicaciones comunes se presentan a continuación algunos valores que pueden ser usados como referencia:

Tipo de carga	Inclinación (pulgadas/10' de longitud)
Barriles metálicos	3" (76,2 mm)

Cajas de madera o acero	4”(101,6 mm)
Cajas de cartón pesadas	5”(127 mm)
Cajas de cartón livianas	Hasta 15”(381 mm)

2.2.7.2 Transportadores mecánicos

A diferencia de los equipos que funcionan por gravedad, los transportadores mecánicos se caracterizan por disponer de un sistema de impulsión que provee la energía necesaria para el movimiento de los materiales. El uso de estos es bastante extendido en el medio industrial por la variedad de aparatos existentes que pueden satisfacer una amplia gama de necesidades en lo relativo a capacidad, trayectoria, naturaleza de los materiales, etc. En virtud de la diversidad de equipos agrupados dentro de esta clasificación, solo se tratarán algunos de ellos.

a) Rodillos activados

Estos transportadores son similares, en su estructura, a los sistemas de rodillos locos. La diferencia básica está en que en éstos, los rodillos son accionados por un conjunto motor-reductor mediante una correa o cadena. Dependiendo del mecanismo de transmisión utilizado, se pueden diferenciar dos tipos:

- i) Transportadores de transmisión por correa.
- ii) Transportadores de transmisión por cadena.

Aplicaciones

En general se usan para el traslado de cajas, bultos, paquetes, contenedores, cargas paletizadas y cualquier otro material que tenga una cara de apoyo relativamente rígida. Pueden funcionar en posición horizontal o con ligeras inclinaciones, además tienen la ventaja de que las cargas pueden ser detenidas en su recorrido con suavidad y transportadas en ambos sentidos. Los transportadores de transmisión por correa se usan principalmente para cargas livianas y altas velocidades, permitiendo un traslado libre de ruidos. Los transportadores de transmisión por cadena (ver Fig. 9) están robustamente contruidos para manejar cargas pesadas y resistir los daños que pueden

ocasionar algunos contaminantes como grasas, aceites y polvos. Están diseñados para operar a bajas velocidades y uso continuo.

b) Bandas transportadoras

Consta de una cinta o banda flexible y continua que se desplaza apoyada sobre una superficie rígida o sobre estaciones de rodillos locos espaciados convenientemente. El movimiento de la cinta se logra mediante un mecanismo impulsor (motor-reductor) que acciona un tambor o rodillo colocado en uno de los extremos o en la parte inferior del transportador. Todo el conjunto se encuentra montado sobre una estructura metálica de perfiles angulares o en U.

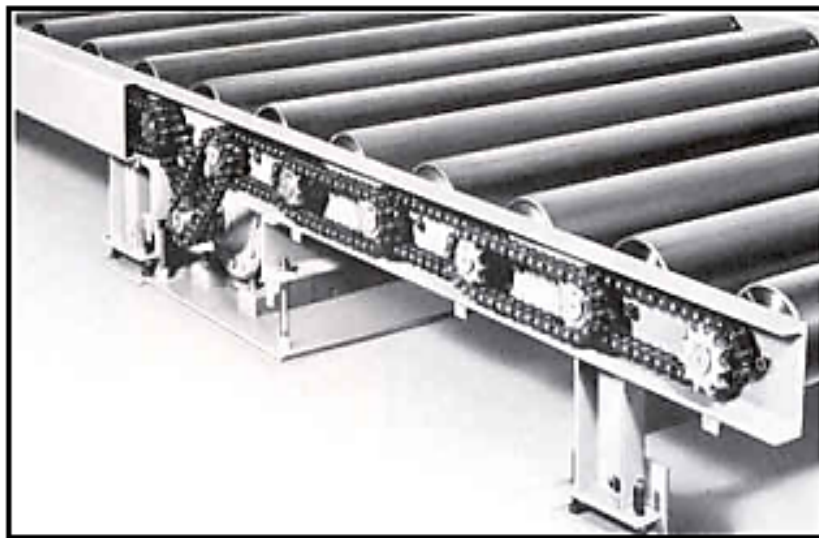


Figura 9: Transportador de rodillos activados de cadena con transmisión rodillo a rodillo.

Fuente: www.skf.com (2020)

Según Rodríguez H. (2016), las bandas transportadoras representan una superficie en movimiento que se encarga de soportar directamente un conglomerado de objetos y desplazarlos desde un punto de carga hasta un punto de descarga. Intuitivamente se puede definir, como cinta transportadora, el elemento móvil del transportador, con una superficie continua, diseñada para el traslado de una carga sobre sí misma (Figura 10),

en un recorrido prefijado, y con suficiente resistencia a la tracción para soportar dicho esfuerzo. Éstas se componen de varias telas, que pueden ser de nylon o algodón, ligadas entre sí por un pegamento base y recubiertas en la parte superior, inferior y costados, por caucho, aunque actualmente se ha masificado el uso de cintas de diferentes tipos de materiales, los que se comportan satisfactoriamente en distintos tipos de solicitaciones, en general deben poder soportar la carga que transporta, tener resistencia mecánica a la tracción, cizalle, abrasión, soportar ciertos niveles de temperatura y tener resistencia química adecuada a la condición de transporte.

En toda cinta se distinguen tres partes fundamentales que se ilustran en la Figura 11, estas son: cara de transporte o cubierta de carga, elemento tractor o zona de resistencia, y cara de circulación o cubierta de rodado.

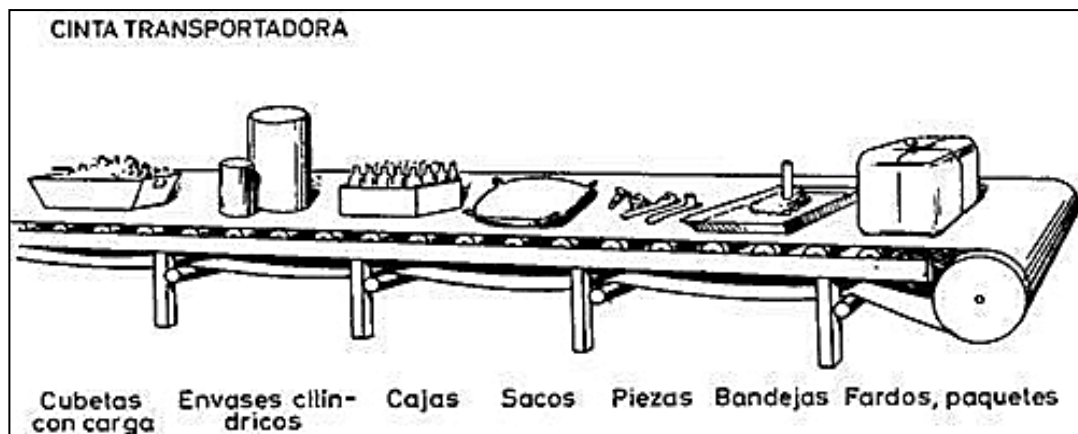


Figura 10: Representación de una banda transportadora.

Fuente: Rodríguez H. (2016)

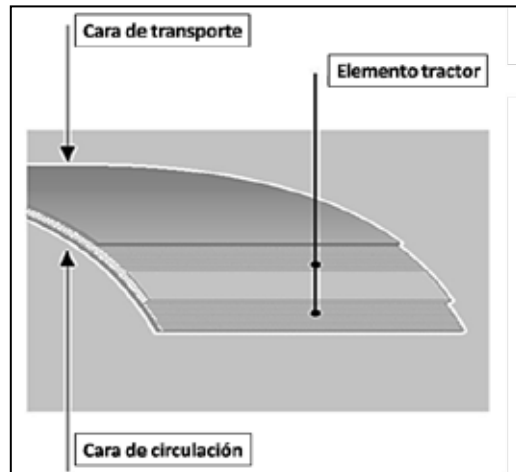


Figura 11: Elementos que componen la superficie de una banda transportadora.
Fuente: Rodríguez H. (2016)

Usos

- Se adaptan perfectamente al transporte de materiales en muy diversas formas y presentaciones: paquetes, bultos, piezas sueltas y/o de forma irregular y materiales a granel.
- Se adaptan fácilmente al perfil del terreno.
- El transporte puede efectuarse a grandes distancias.
- Tienen gran capacidad de transporte. • Pueden construirse para efectuar la descarga en cualquier punto de su trazado.
- El consumo de potencia por tonelada manejada es bajo en comparación con otros medios de transporte.
- Pueden funcionar en forma suave y silenciosa.

Clasificación de las bandas transportadoras

Dependiendo de la movilidad

Se denominan cintas fijas aquéllas cuyo emplazamiento no puede cambiarse. Por el contrario, las bandas móviles están provistas de ruedas u otros sistemas que permiten un cambio fácil de ubicación. Generalmente se construyen con altura regulable mediante un sistema que permite variar la inclinación de transporte.

Dependiendo de la posición

En función de la posición en la que se encuentre la banda o las posiciones que ocupen sus diferentes módulos o partes, las cintas transportadoras se clasifican según muestra la Figura 12.

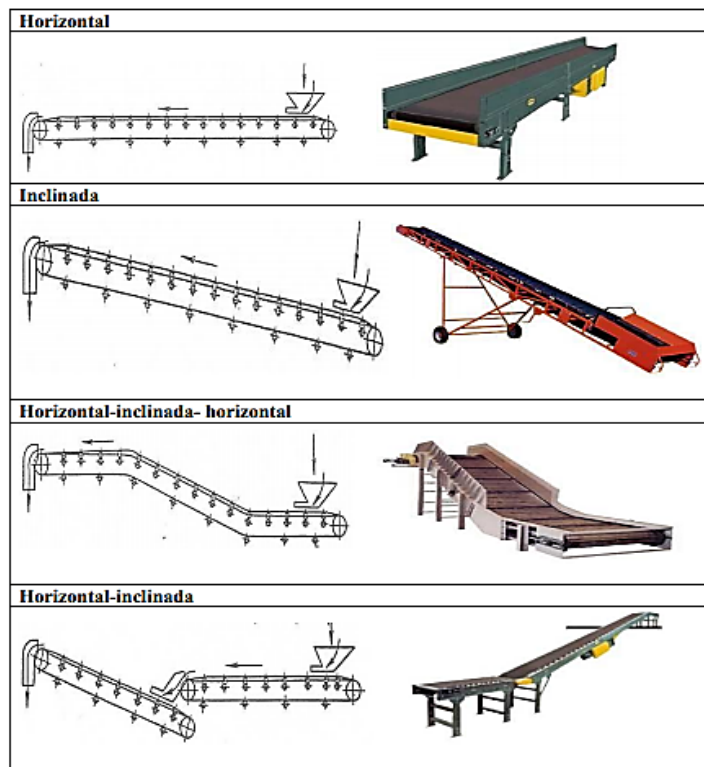


Figura 12: Clasificación de las bandas según su posición.

Fuente: Rodríguez H. (2016)

Dependiendo del tipo de banda y material a transporta

Cintas textiles o de caucho

Este tipo de bandas se utilizan para el transporte, tanto exterior como interior, de productos y/o materiales a granel, en condiciones desde ligeras hasta muy duras (Figura 13). Las áreas típicas de trabajo para estas bandas son: canteras y movimiento de tierras, minería, puertos de carga y descarga, cerámica y vidrio, cemento y hormigón, piensos

y cereales, entre otros. Según Rodríguez H. (2016) existen varios tipos de bandas de caucho:

Lisa: para transporte horizontal o de poca inclinación.

Nervada: para instalaciones de ángulos elevados de transporte.

Rugosa: para el transporte de productos manufacturados generalmente o trabajos al interior de las empresas, en el movimiento de piezas, cajas.

De caucho botones: fabricadas para el transporte inclinado de material empacado capaz de incrementar el rozamiento entre la banda y el producto todo el tiempo.

Bandas termoplásticas

Este tipo de bandas son destinadas al transporte interior de productos o materiales no abrasivos en infinidad de aplicaciones, gran parte de ellas en la rama de la alimentación. Por la gran variedad existente, se utilizan en la mayoría de los sectores industriales: hortofrutícola, alimentación, manutención, cerámico, metalúrgico, madera, plástico, farmacéutico, artes gráficas, reciclaje, entre otros. La principal distinción que se puede hacer dentro de esta familia de cintas viene dada por el material empleado en la cobertura, el cual le otorga gran parte de sus cualidades. En función del material de la banda que se utilice se tendrán unas cualidades y rangos de temperaturas permitidos tal como se muestra en la Figura 14.



Figura 13: Banda têxtil de goma.

Fuente: Rodríguez H. (2016)

Material	Temperatura	Cualidades
PVC	-5 + 80 °C	Transporte general sin grandes condicionantes
	-15 + 80 °C	Aceites vegetales
	-15 + 80 °C	Aceites vegetales
	-10 + 80 °C	Antiestático. Suele ser anti-llama
Poliuretano	-10 + 80 °C	Bajo coef. fricción. Abrasión. Aceites minerales
	-10 + 90 °C	Bajo coef. fricción. Abrasión. Aceites de tipo vegetal
	-10 + 90 °C	Bajo coef. fricción. Abrasión. Aceites de tipo vegetal
Poliéster	-20 + 100 °C	Tabaco. Bajo coef. fricción. Abrasión
Poliiolefina	-15 + 35 °C	Tabaco. Bajo coef. fricción.
Silicona	-15 + 80 °C	Alto coef. de fricción y poca adherencia producto

Figura 14: Materiales empleados en bandas termoplásticas.

Fuente: Walker T. (2015)

Bandas metálicas

Se trata de un conjunto formado básicamente por un entramado metálico articulado, que actúa como elemento transportador continuo de materiales muy diversos, en altas, medias o bajas temperaturas, en presencia de cualquier tipo de atmósfera o ambiente de trabajo.

Están construidas por espirales planas de alambres en sentido transversal (Figura 15), y ensambladas por varillas rectas u onduladas en el mismo sentido, con una terminación de orillas soldadas o enlazadas normalmente.

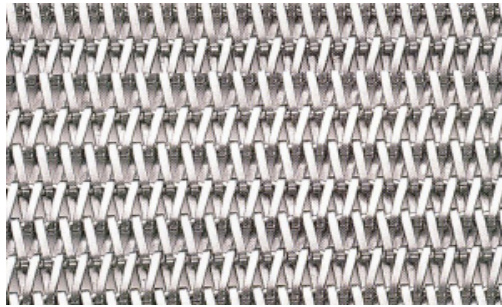


Figura 15: Representación de una banda metálica.
Fuente: Walker T. (2015)

En este tipo de bandas transportadoras se utilizan diversas aleaciones metálicas dependiendo el entorno de trabajo y temperatura a la cual estará sometida durante su operación, como se observa en la Figura 16.

Bandas modulares (Intralox)

La banda modular, según Muñoz y Lagos (2016), es un conjunto de módulos de plástico individuales moldeados por inyección de alta precisión y unidos entre sí mediante varillas. Su robusto diseño está optimizado para garantizar procesos efectivos de transporte y de fácil limpieza.

Las bandas modulares de plástico, según Alvarado P. (2012), se utilizan ampliamente en las industrias de diversos rubros, puesto que, entre sus ventajas, este tipo de banda transportadora es capaz de transportar diferentes tipos de productos, desde envases hasta productos alimenticios como carnes, discos de harina pre-cocidos para pizza entre otros.

Las bandas modulares están fabricadas con módulos técnicos formando una estructura de piezas de inyección entrelazadas en un diseño cuya configuración hace que el transporte del producto alimenticio sea idóneo. Para realizar la unión entre las filas de módulos, éstos están provistos de unos agujeros pasantes, transversales donde se introduce la varilla de articulación anterior mencionadas. Las bandas modulares tienen múltiples ventajas y características especiales como:

Materiales empleados y temperaturas máximas recomendables	
Acero al manganeso (hierro)	350°C
Acero galvanizado	180°C
Acero al cromo – AISI 502	<600°C
Acero inoxidable 18/8 – 14307 – AISI 304	750°C
Acero inoxidable 18/8/2 – 14401 – AISI 316	800°C
Acero refractario 25/20 – 14841 – AISI 314	1150°C
Acero refractario 37/18 – 14864 – AISI 330	1150°C
Acero refractario 80/20 – 24869	1150°C

Figura 16: Materiales empleados en bandas metálicas según temperatura de trabajo.

Fuente: Walker T. (2015)

Son de bajo peso por lo que requieren de una estructura liviana.

Fácil manejo, menor consumo de potencia.

Mínimo coeficiente de fricción que evita los rociados de lubricación tradicionales.

Coste de mantenimiento es mínimo, así como paradas de producción, gracias a que si se estropea cualquier módulo simplemente con quitar una varilla de articulación quitar el modulo dañado y meter el nuevo sería suficiente para volver a trabajar.

En cuanto a la limpieza se puede quitarla sin ningún problema de la cinta, echarla en el suelo y limpiarla con una máquina de presión de agua.

Tracción eficaz, siendo utilizados unos engranajes plásticos con piñones que atacan directamente a la base de la banda evitando así resbalamientos en los tambores y desplazamientos laterales. Además, la utilización de ejes cuadrados evita la realización de chaveteros absorbiendo las dilataciones entre el engranaje plástico el eje metálico.

En la Figura 17 se observa una representación esquemática de una banda transportadora modular.

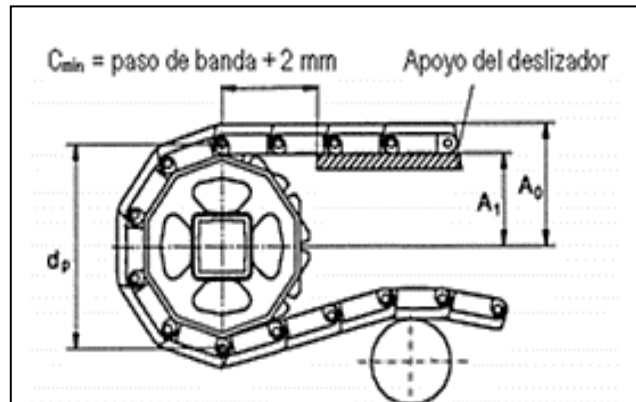


Figura 17: Representación esquemática de una banda modular

Fuente: Grimes E. (2006)

La selección de la banda se hará en base al material, tipo de superficie y distancia entre varillas. Adicionalmente, este tipo de bandas vienen fabricadas en los materiales observados en la Figura 18.

Las principales aplicaciones de las bandas transportadoras se dan mayormente en la minería, construcción, industria motriz, industria alimenticia, entre otros. Dentro de la industria alimenticia, las bandas transportadoras se utilizan para transportar materiales de empaque, insumos, alimentos, y productos terminados. En la Figura 19 se muestra los campos de aplicación según el tipo de banda (por material a transportar).

MATERIAL	RANGO TEMP.	PROPIEDADES
PP (Polipropileno)	De +5° a 105 °C	Buena relación coste/prestaciones y resistencia química a ácidos y alcalinos.
PE (Poliéster)	De -70 °C a 60 °C	Material blando resistente a impactos y agentes químicos donde no hay abrasión.
AC (Acetal)	De -40 °C a 60 °C	Elevada resistencia y bajo coef. fricción. Para aplicaciones de transporte exigente.

Figura 18: Materiales comunes en bandas modulares.

Fuente: Walker T. (2015)

APLICACIÓN	Textil	Modular	Termoplástica	Metálica
Manipulado en alimentación	X	X		
Etiquetadoras de presión	X		X	X
Industrias del cartón	X		X	X
Bultos o cajas	X	X		X
Envasado de productos alimentarios		X		
Alimentadores de piezas cortantes		X	X	X
Glaseado y congelado	X	X		
Transporte piezas general, alto desgaste	X	X		X
Resistencia al ataque químico	X	X		X

Figura 19: Aplicaciones de cada tipo de banda transportadora.

Fuente: Muñoz y Lagos (2016)

2.2.8 Desarrollo del diseño del transportador

2.2.8.1 Diseño de la banda Transportadora

a) Componentes de una banda transportadora y su denominación

En la figura 20 están ilustrados los componentes básicos de una cinta transportadora tipo. En realidad, con el variar de las exigencias de empleo, se podrán disponer de las más diferentes combinaciones de carga, descarga, elevación t de órganos accesorios.

Cabecal motriz

Puede ser de tipo tradicional o con mototambor.

Tradicional

Está compuesto por un grupo de mando constituido sucesivamente: por tambor motriz de diámetro apropiado a la carga en la banda y por un tambor de inflexión. El movimiento lo proporciona un motoreductor del tipo pendular o de ejes ortogonales o paralelos, estos últimos acoplados por medio de una junta al tambor motriz.

Mototambor

En esta configuración el motor, el reductor y los cojinetes forman una unidad integrada y protegida en el interior del tambor de arrastre de la banda; se eliminan así todas las

voluminosas partes exteriores de los cabezales motrices tradicionales. Actualmente se fabrican mototambores con un diámetro de 1.000 mm y una potencia máxima de 250 kW, con un rendimiento que puede alcanzar hasta 97%.

En el tambor motriz tradicional o en el mototambor, la envoltura se reviste normalmente de goma, de un espesor adecuado a la potencia a transmitir. El revestimiento se presenta nervado, en forma de espiga, con el vértice situado en el sentido de la marcha o con surcos romboidales, para elevar el coeficiente de rozamiento y facilitar el desagüe. El diámetro de los tambores está dimensionado en base a la clase de resistencia de la banda y a la presión específica que actúa en la misma.

Contratambores

La envoltura no necesita revestimiento, a no ser en casos muy particulares; el diámetro normalmente es inferior al previsto para el tambor motriz.

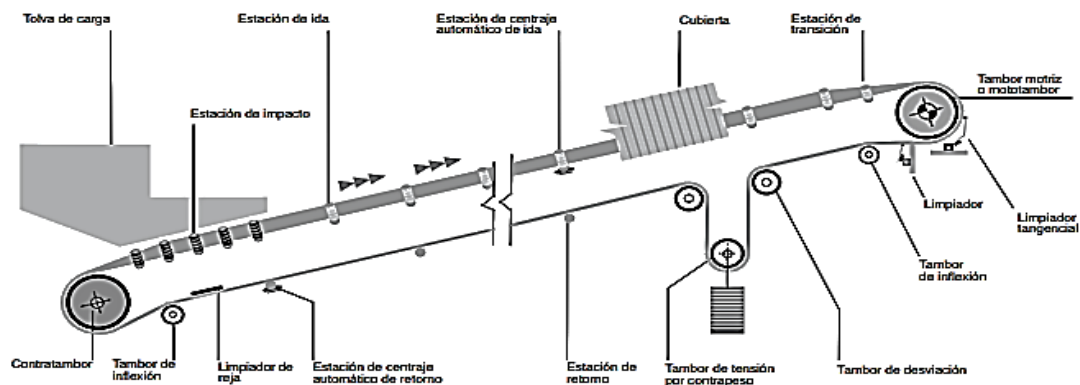


Figura 20: Componentes de una banda transportadora tipo.

Fuente: RULMECA (2010)

Tambores de desviación y de inflexión

Se emplean para aumentar el ángulo de abrazamiento de la banda. Además, se utilizan también para todas las desviaciones necesarias en presencia de dispositivos de tensión mediante contrapeso, descargadores móviles, etc.

Rodillos

Sostienen la banda y tienen que garantizar el deslizamiento libre y regular bajo carga.

Son los elementos más importantes de la banda transportadora y representan una parte considerable de su valor global. El funcionamiento correcto de los rodillos es fundamental para garantizar la eficacia y la economía de empleo de la instalación.

Estaciones superiores portantes y de retorno

Los rodillos portantes están reunidos en general en conjunto de tres y sostenidos por un bastidor. La inclinación de los rodillos laterales está comprendida entre 20° y 45°. Se puede construir, además, un sistema de guirnalda con una inclinación de hasta 60°. Las estaciones de retorno pueden ser planas, con rodillos individuales o reunidos en una pareja, en forma de "V" con 10° de inclinación. Al variar la configuración de los rodillos en las estaciones superiores (simétricas y no) se obtienen secciones de transporte diferentes.

Tensores

La tensión necesaria para que se adhiera la banda al tambor motriz se mantiene mediante un dispositivo de tensión, que puede ser del tipo de tornillo, de contrapeso o con cabrestante motorizado. El contrapeso determina una tensión constante en la banda, independientemente de las condiciones de funcionamiento. Su peso se dimensiona en el límite mínimo necesario para garantizar el arrastre de la banda, a fin de evitar esfuerzos inútiles. La carrera prevista para un tensor de contrapeso depende de la deformación elástica a la que está sometida la banda en las diferentes fases de funcionamiento. La carrera mínima de un tensor no deberá ser inferior al 2% de la distancia entre ejes del transportador para bandas reforzadas con productos textiles, y al 0,5% para bandas reforzadas con elementos metálicos.

Tolvas de carga

La tolva de recogida y el tobogán de carga están dimensionados a fin de absorber, sin causar atascos ni daños a la banda, las variaciones instantáneas de la capacidad de carga y eventuales acumulaciones. El tobogán tendrá que responder a las exigencias de caída del material, según las trayectorias calculadas en base a la velocidad de transporte, al

tamaño, al peso específico del material transportado y a sus características físico-químicas (humedad, corrosividad, etc.).

Dispositivos de limpieza

Actualmente, los sistemas de limpieza de las bandas son considerados con una atención particular, tanto porque reducen las intervenciones de mantenimiento en las cintas transportadoras que transportadoras materiales húmedos y particularmente pegajosos, como porque permiten obtener la máxima productividad. Los dispositivos adoptados son diferentes. Los más difundidos, por la sencillez de su aplicación, son los de cuchillas raspadoras, montadas en soportes elásticos de goma.

Cubierta de las cintas transportadoras

La cubierta de las cintas transportadoras es de fundamental importancia cuando es necesario proteger el material transportado contra factores atmosféricos y garantizar la funcionalidad de la instalación.

Soporte de deslizamiento de la banda transportadora

Representan la superficie sobre la cual se apoyará y deslizará la cara inferior de la banda transportadora. Existen dos grandes grupos sobre la cual puede darse este apoyo:

Deslizamiento sobre rodillo plano

El caso de deslizamiento sobre rodillo plano se utiliza para el transporte de bultos o piezas normalmente de mucho peso y donde la utilización de superficies planas continuas supondría una gran fricción de la banda sobre la misma debido al peso del material transportado.

En este tipo de transporte existen grupos de rodillos que se denominan estaciones. La distancia entre estaciones va a depender de la cantidad de material transportado y sus características, como así también de la inclinación del transportador y del ancho de la banda. Normalmente la distancia entre estaciones oscila entre 1.000 a 1.750 mm. Este tipo de deslizamiento se ilustra en la Figura 21.

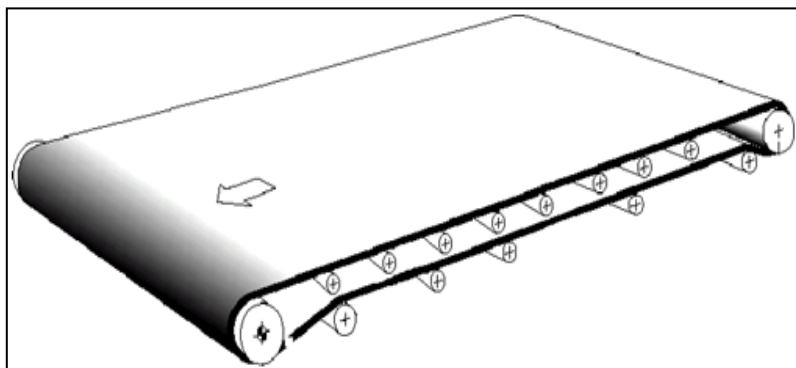


Figura 21: Deslizamiento de banda sobre arreglo de rodillos.
Fuente: Osvaldo C. y Ciro H. (2015)

Deslizamiento sobre placa continúa

Este tipo de sustentación de la banda es el más adecuado cuando se trata del transporte de productos elaborados, piezas, cajas, productos unitarios, entre otros, debido a la gran estabilidad que se obtiene con este tipo de deslizamiento. La ventaja de una banda apoyada por medio de una cama deslizante es sobre todo que las mercancías transportadas poseen una mayor estabilidad sobre la banda. Con la banda y el material de la cama del resbalador correctamente seleccionada, es posible influenciar favorablemente el coeficiente de fricción, el ruido de deslizamiento y la vida de servicio de la banda.

La banda se desliza sobre una superficie continua y lisa que puede ser de diferentes materiales como hojas laminadas de madera dura haya o roble, acero inoxidable usado especialmente en la industria alimentaria, Plásticos duros tal como resina Fenólica, entre otros. La fricción entre la cama deslizante y la banda, es influenciada considerablemente por el tipo del material de la banda y de la superficie de la cama del resbalador, también es influenciada por la humedad, el polvo, eventual suciedad, entre otros. Este tipo de deslizamiento se ilustra en la figura 22.

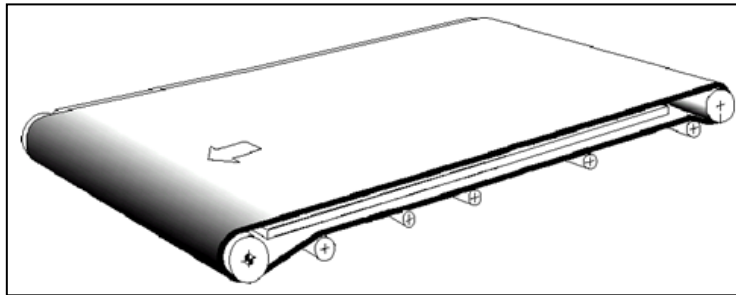


Figura 22: Deslizamiento de banda sobre placa plana continúa.
Fuente: Osvaldo C. y Ciro H. (2015)

Criterios de diseño de la Banda transportadora

La elección del sistema de transporte óptimo, su correcto diseño, su utilización racional, depende del conocimiento de las características constructivas y del comportamiento bajo carga de todos los componentes del propio sistema. Los factores principales que influyen en el dimensionado de una cinta transportadora son: la capacidad de transporte requerida, la granulometría, las características fisicoquímicas del material a transportar y el perfil altimétrico del recorrido.

A continuación, se ilustran los criterios utilizados para determinar la velocidad y el ancho de la banda, para elegir la configuración de las estaciones, el tipo de rodillos a utilizar y para el dimensionado de los tambores. Para el diseño se requieren los siguientes factores:

Tipo de recorrido de la banda transportadora: recorrido recto o con flexiones laterales.

Velocidad de la banda.

Dimensiones: largo, ancho, elevación de la banda.

Características del producto: dureza, densidad, temperatura, entre otros.

Cambio de procesos en el producto: calor, enfriamiento, drenaje, etc.

Requisitos y condiciones sanitarias de limpieza: Aprobación por el FDA, USDA - FIS, temperaturas severas, limpieza continua.

Forma de carga y retiro de productos: suave, brusca.

Características del ambiente operativo: temperatura, humedad, polvo, etc.

Sistema de transmisión: motores, cadenas, entre otros.

Tipo recorrido de sistema de transportación por banda

El tipo de recorrido de la banda puede ser recto o con flexiones laterales, lo cual dependerá de las condiciones de trabajo, puesto que las de flexión lateral son utilizadas mayormente para lugares de trabajo con poco espacio donde se requiere cambios de dirección abruptos, siendo este tipo de sistema más costoso respecto a las de flexión recta.

Tipo de banda de suficiente resistencia para la aplicación

Se determina si la banda que se selecciona satisface los requerimientos de aplicación. Para esto, se realizan los cálculos necesarios a partir de la siguiente información:

Carga del producto aplicado sobre la banda(M)

Longitud del sistema transportador propuesto.

Cambio de elevación en el sistema transportador.

Velocidad máxima de operación.

Máxima temperatura de operación que experimentará la banda.

Tipo de material sobre el que se deslizará la banda.

Funciones deservicio.

Velocidad de la banda transportadora

La velocidad máxima de funcionamiento de las cintas transportadoras ha alcanzado límites que eran impensables hasta hace algunos años. Las velocidades más elevadas han permitido incrementar los volúmenes transportados: a igualdad de carga, se han reducido las cargas de material por unidad lineal de transportador y, por tanto, los costos de las estructuras de las estaciones portantes y de la banda.

Las características físicas de los materiales a transportar influyen de manera determinante en la velocidad de funcionamiento. Los materiales ligeros, tales como cereales y polvos de algunos minerales, permiten velocidades elevadas, hasta 8 m/s.

Con el aumento del tamaño del material, de su abrasividad y de su peso específico, es necesario reducir la velocidad de la banda. Materiales no triturados pueden obligar a elegir velocidades de transporte más moderadas, del orden de 0,1 a 1,5 m/s.

La velocidad de la banda transportadora se determina por medio de la siguiente ecuación:

Ec. 1

Donde:

velocidad de la banda transportadora. [m/s]

: Capacidad de la máquina flexográfica [bultos/hora]

: Largo de la caja [mm].

Ancho de la banda transportadora

Una vez establecida la velocidad óptima de la banda, la determinación de su ancho se lleva a cabo, principalmente en función de la cantidad de material a transportar, generalmente indicados en los datos base del diseño. Como criterio para la selección del ancho de la banda transportadora se utilizaron las dimensiones de la caja más grande que se puede fabricar con la máquina flexográfica la cual es de 77 cm x 99 cm, por lo que se selecciona una banda de ancho mínimo de 1000 mm (véase Anexo A).

Configuración de las estaciones y paso

Configuración

Se define como estación la combinación de los rodillos con el correspondiente bastidor de soporte fijo Figura 23; la estación también se puede suspender en forma de guirnalda Figura 24. Se distinguen dos tipos de estación base: las portantes de ida, que sostienen la banda cargada, y las inferiores, que sostienen la banda vacía en el tramo de retorno.

- Las estaciones de ida fijas forman generalmente dos configuraciones:
 - con uno o dos rodillos planos
 - con dos, tres o más rodillos en artesa.
- Las estaciones de retorno pueden ser:

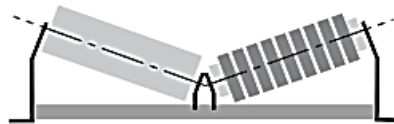
- con uno o dos rodillos
- en artesa con dos rodillos.

Las estaciones fijas con bastidor de sostén con tres rodillos de igual longitud, permiten una buena adaptación de la banda, realizando una distribución uniforme de las tensiones y una buena sección de carga. La inclinación de los rodillos laterales oscila entre 20° y 45° para bandas con un ancho de 400 a 2.200 mm y mayores. Las estaciones suspendidas de guirnalda se utilizan como estaciones de impacto, debajo de las tolvas de carga, o en general a lo largo de los tramos de ida y de retorno para grandes capacidades de transporte o en bandas transportadoras de altas prestaciones. Las estaciones están fabricadas generalmente siguiendo normas unificadas internacionales.

Estaciones fijas de ida



- plana con rodillo liso o de impacto



- con 2 rodillos lisos o de impacto



- con 3 rodillos lisos o de impacto

Estaciones fijas de retorno



- plana con rodillo liso o con anillos



- con 2 rodillos lisos o con anillos

Figura 23: Estaciones con rodillos de una banda transportadora.
Fuente: RULMECA (2010)

Paso de las estaciones

En las bandas transportadoras el paso a_0 más usado normalmente para las estaciones de ida es de un metro, mientras que para el retorno es de tres metros (a_u). (Ver Fig.25). La flecha de flexión de la banda, entre dos estaciones portantes consecutivas, no tiene que superar el 2% del paso. Una flecha de flexión mayor genera, durante la carga, salidas de material desde la banda y excesivos rozamientos excesivos debidos a las deformaciones de la masa del material transportado. Esto origina no sólo trabajo o absorción de potencia superiores, sino también anómalos esfuerzos de los rodillos, así como un desgaste prematuro de la cubierta de la banda.

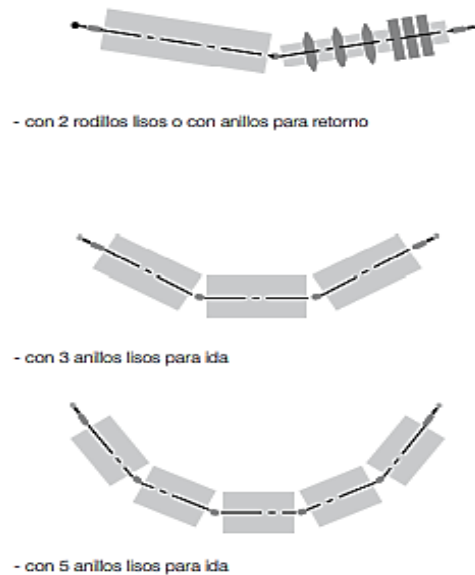


Figura 24: Estaciones suspendidas con guirlandas de una banda transportadora
Fuente: RULMECA (2010)

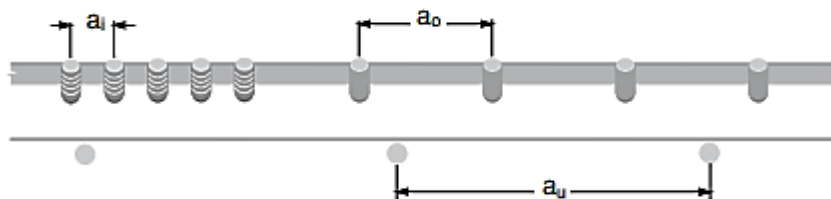


Figura 25: Paso de las estaciones
Fuente: RULMECA (2010)

En la Figura 26 se propone de todos modos el paso máximo aconsejable de las estaciones en funcionamiento, del ancho de la banda y del paso específico del material para mantener la flecha de flexión de la banda dentro de los límites indicados. Además, el paso puede ser limitado también por la capacidad de carga de los rodillos mismos. En los puntos de carga, el paso es generalmente la mitad, o menos, del de las estaciones normales, a fin de limitar lo más posible la flexión de la banda y los esfuerzos en los rodillos.

Ancho banda	Paso de las estaciones			retorno
	ida peso específico del material a transportar t/m ³ < 1.2	1.2 ÷ 2.0	> 2.0	
m	m	m	m	m
300	1.65	1.50	1.40	3.0
400				
500				
650				
800	1.50	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0
1200	1.20	1.00	0.80	3.0
1400				
1600				
1800				
2000	1.00	0.80	0.70	3.0
2200				

Figura 26: Paso máximo aconsejable de las estaciones
Fuente: RULMECA (2010)

Potencia motriz

Conocidos la potencia total suministrada al eje, la velocidad de la banda y el

la ecuación:

Ec.2

Donde:

: Potencia del motor.

Factor de potencia relacionado con el tipo de transmisión utilizado.

: Factor de ajuste que depende de la potencia del eje obtenida.

Potencia al eje [kW]

La potencia total suministrada al eje viene dada por la Ec. 3, tomada del texto de Gómez, Ezequiel y Rachadell Félix. (2.002).

[kW]

Ec. 3

Donde:

: Potencia total suministrada al eje [kW]

Factor de potencia. (Apéndice B)

: Longitud del transportador en pies.

: Toneladas de material manejado por horas.

Velocidad de giro de los Rodillos Portantes

Con la velocidad lineal de la ecuación:

Ec.4

Tensión de la banda

La máxima tensión que puede producirse en cualquier sector de la correa viene dada, según Gómez, Ezequiel y Rachadell Félix. (2.002), por la ecuación:

Ec.5

Donde:

R: es un factor que depende del tipo de tensor empleado entre la correa y la polea motriz tabla del Apéndice D.

P: es la potencia del motor en HP

V: es la velocidad de la banda en pie/min

Numero de Lonas

Un aspecto esencial en este sentido es la elección del tipo y número de lonas a emplearse para garantizar que ésta soporte las tensiones a que es sometida durante la operación. El número de lonas, según Gómez, Ezequiel y Rachadell Félix. (2.002, se determina a través de la siguiente ecuación:

Ec.6

Donde:

Es el número de lonas capaz de resistir la tensión total de la correa

La máxima tensión que puede producirse en cualquier sector de la correa.

: ancho de la correa

Tensión admisible de la lona por pulg de ancho (Ver Apéndice E)

Selección del motor – reductor del sistema impulsor de cajas

Para la selección del motor impulsor de cajas se procede a realizar una serie de cálculos y consideraciones, las cuales permitirán obtener las especificaciones técnicas del motor reductor a utilizar, a continuación, se presentan los cálculos

correspondientes: Tomando en cuenta el peso de la carga, su superficie, su naturaleza y el coeficiente de fricción a su base; la fuerza tangencial necesaria para el transporte, puede calcularse con la siguiente formula:

Ec.7

Donde:

: Fuerza tangencial necesaria al arranque (N)

: Coeficiente de roce dinámico = 0,8

: peso del material = 24Kg

Para realizar el cálculo de la potencia del sistema se utiliza la siguiente ecuación:

Ec.8

Donde:

: Momento torsor aplicado en el eje del rodillo (N m)

: Velocidad angular (RPM)

La velocidad angular se calcula mediante la ecuación:

Ec.9

Donde:

: Es la velocidad en la periferia del rodillo (m/s)

: Radio del rodillo (m)

Para el cálculo del momento torsor se observa el diagrama de cuerpo libre de la figura 27 y se realiza sumatoria de momentos en el punto C.

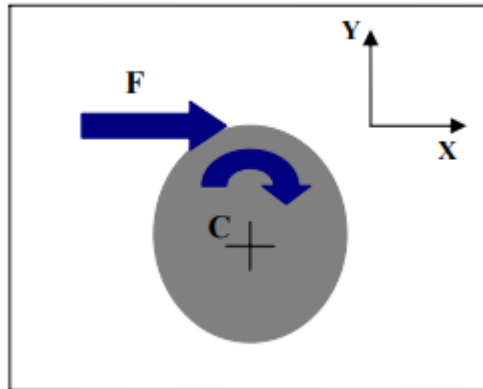


Figura 27: Diagrama de cuerpo libre Mt
Fuente: Albarracín H.-Bolívar D. (2021)

Lo que resulta:

Ec.10

Donde:

—

Ec.11

Donde:

t: es el tiempo de estabilización del motor, considerando que se vence una baja inercia, igual a 1seg.

Para el cálculo de la inercia de masa del rodillo se utiliza la siguiente ecuación:

b) Transmisión por Cadenas

Las correas y las cadenas representan los tipos principales de elementos flexibles para transmitir potencia. A diferencia de los engranajes, que requieren de distancias centrales espaciadas en forma, en alguna medida, reducida y precisa, los impulsores de correa y cadena son capaces de transmitir potencia entre ejes que se encuentran muy separados.

Una cadena es un elemento de transmisión de potencia que se fabrica como una serie de eslabones que se unen mediante pernos. El diseño proporciona flexibilidad mientras permite que la cadena transmita fuerzas de tracción de magnitud considerable.

Cuando transmite potencia entre ejes que giran, la cadena activa ruedas dentadas que se enlazan, se conocen como “La pequeña es”. La pequeña es conocida como “Piñón” y la más grande como “Corona”. La Figura 28 muestra un impulsor de cadena común.



Figura 28: Impulsor de cadena de rodillos.

Fuente: Pizzella G. (2006).

El tipo más común de cadena es la Δ , en la que el rodamiento de cada perno proporciona una fricción excepcionalmente baja entre la cadena y las ruedas dentadas.

Para realizar una selección de un impulsor de cadenas se deben conocer los datos siguientes:

- i) Potencia nominal del motor en HP (se toma de la placa del motor accionador).
En su defecto se utiliza la potencia en HP requerida por la máquina accionada.
- ii) Tipo de motor y de maquinaria movida, tipo de aplicación.
- iii) Velocidad en RPM del eje impulsor y del eje impulsado (para este último, límites: máximo y mínimo).
- iv) Distancia tentativa entre centros de eje.
- v) Por lo menos un diámetro de una de las ruedas dentadas.

Secuencia de cálculo de la cadena, ecuaciones y condiciones de diseño

1. Debido a que las máquinas conducidas tienen formas particulares de funcionamiento, se deben prevenir fallas debidas a los golpes, vibraciones o tirones. De forma similar, las máquinas motoras tienen formas particulares de funcionamiento, algunas son más suaves que otras, o tienen un impulso inicial o un giro a tirones. Estas situaciones se consideran a través de un factor de servicio (f_s) que aumenta la potencia a transmitir para obtener la potencia de diseño que considera las características de la máquina y el motor utilizado. El factor del servicio f_s se determina del Anexo B.1 en función del tipo de motor que más se asemeja a nuestro diseño y del tipo de maquinaria movida.
2. Cálculo de la potencia de diseño: Una vez obtenido el factor f_s , este se multiplica por la potencia a transmitir, para obtener la P_d .

Ec. 13

3. Selección tentativa del tamaño de la cadena (número y paso en pulg) y del número de dientes mínimo recomendado para la rueda dentada pequeña (rueda motora). Para ello se usa el gráfico del Anexo B.2, en función de la potencia de diseño ($P_{\text{diseño}}$), de las RPM del eje más rápido y del número de ramales para la cadena.
4. Con las tablas de capacidad de potencia del Anexo B.3 (HORSEPOWER RATINGS), Hallar la potencia transmisible por ramal o ramales de cadena, P_{ramal} , entrando con las RPM del eje más rápido y el número de dientes de la rueda pequeña.
5. Verificar que la potencia por ramal sea mayor o igual que la potencia de diseño, $P_{\text{ramal}} \geq P_{\text{diseño}}$.
6. Determinar la relación de transmisión o de velocidades.

La razón entre la velocidad del eje más rápido dividido por la velocidad del eje más lento, es la relación de transmisión " R_t ". Se indica como " $1: R_t$ ". Con este valor se obtiene el tamaño de las catalinas a utilizar. La relación R_t o R_v debe corresponder a la razón entre la cantidad de dientes de la catalina grande (la del eje más lento) denominada corona dividida por la cantidad de dientes de la catalina pequeña (la del eje más rápido) denominada piñón.

$$R_v = \frac{RPM_{\text{rapido}}}{RPM_{\text{lento}}} = \frac{p}{c} \cdot \frac{N_c}{N_p} \quad \text{o} \quad R_v = \frac{1}{2} \cdot \frac{N_2}{N_1} \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

, : Velocidad angular de los dos ejes en RPM.

: Cantidad de dientes de la corona

: Cantidad de dientes del piñón.

7. Si no se selecciona de un catálogo del mercado. Calcular el número de dientes de la rueda grande (corona) con la ecuación anterior, para algunos fabricantes este valor tiene un máximo de 120 dientes

8. Ajustar la relación de velocidad R_v . Con el número de dientes tomado del gráfico del Anexo B.1 y con el calculado en el paso anterior, verificar que la relación de transmisión este ajustada.
9. Calcular la velocidad lineal o periférica de la cadena. Los valores óptimos de velocidad recomendados están entre 197 pie/min (1 m/s) y 820 pie/min (4,17 m/s). Para el cálculo puede usarse:

$$V = \frac{Np}{60.000} \text{ m/s} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

N: Es número de dientes de la rueda;

p: Es paso de la cadena en y

 : velocidad de rotación de la rueda en .

10. Determinar el tipo de lubricación de la cadena de las tablas de capacidad de potencia del Anexo B.3 donde se determina la potencia por ramal.
11. Cálculo de los diámetros de las ruedas dentadas.

$$D_p = \frac{p}{\sin \frac{180}{N}} \quad \text{Ec. 16}$$

$$D_o = p \cdot 0,6 \cdot \cot \frac{180}{N} \quad \text{Ec. 17}$$

Dónde:

D_p : Es el diámetro primitivo de la rueda dentada en .

D_o : Es el diámetro exterior de la rueda dentada en

N: Es número de dientes de la rueda y

P: Es el paso en .

12. Cálculo de la longitud de la cadena y distancia entre centros.

Las relaciones entre la distancia central C , la longitud de la cadena L , y el número de dientes del piñón N_p y la corona N_c vienen dadas por:

12.1 Si se conoce la distancia central y es fija, utilizar la ecuación siguiente para calcular la longitud

$$L = 2C \left(\frac{N_p}{2} - \frac{N_c}{4} \right) + \frac{(N_c - N_p)^2}{4C} \quad \text{Ec. 18}$$

12.2 Si no se conoce la distancia central utilice una aproximación para la distancia entre centros $C = 50$ pasos (30 y 50 pasos de la cadena) y calcular la longitud con la Ec.18 y con esta longitud recalculer C con la Ec. 19. (Siempre se toma un número entero de pasos).

$$C = \frac{1}{4} L \left(\frac{N_c}{2} - \frac{N_p}{4} \right) + \sqrt{\left(\frac{1}{4} L \left(\frac{N_c}{2} - \frac{N_p}{4} \right) \right)^2 + \frac{8(N_c - N_p)^2}{4C}} \quad \text{Ec. 19}$$

13. Cálculo de las tensiones en la cadena.

La fuerza ejercida sobre los apoyos puede calcularse por

Ec. 20

Dónde:

F_T : Fuerza de tracción en la cadena [N].

F_c Fuerza centrífuga sobre la cadena [N].

Siendo,

$$F_T = \frac{P}{V} \quad \text{Ec. 21}$$

Dónde:

P: Potencia transmitida en [watt] y

V: Velocidad periférica de la cadena en [m/s].

$$F_c = \frac{G}{g} V^2 \quad \text{Ec. 22}$$

Dónde:

G: Peso por unidad de longitud de la cadena en [Kg/m]

g: Fuerza de gravedad ($9,80 \text{ m/s}^2$)

V: Velocidad periférica de la cadena en [m/s].

F_c : Fuerza centrífuga sobre la cadena [N].

2.2.8.2. Diseño del transportador de rodillos

Diseño de los rodillos

La función principal de los rodillos es transportar los bultos de cajas de cartón corrugado desde la salida de la máquina flejadora hasta el final de la línea. Para el diseño de los rodillos, tal como se muestra en la figura 29, se realiza un estudio de esfuerzos, de manera que se necesita conocer el valor de las fuerzas que actúan sobre él, el bulto de cajas en su presentación más desfavorable pesa y está soportado sobre un número de rodillos que depende del tamaño del bulto, por lo que la fuerza se distribuye sobre todos ellos.

Así, el número de rodillos en contacto con el bulto de cajas se obtiene por medio de la siguiente ecuación.

Ec.23

Dónde:

L: Longitud del material en contacto con el rodillo

Distancia entre los centros de los rodillos

Radio aproximado de diseño del rodillo.

: Número de rodillos.

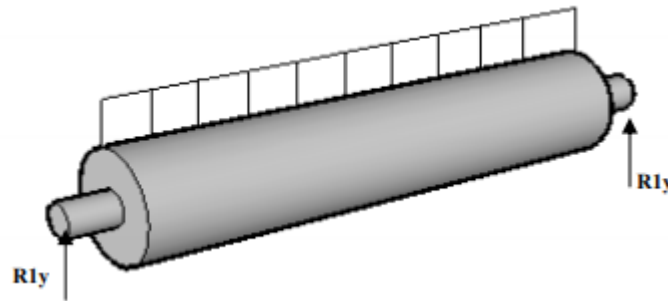


Figura 29: Reacciones aplicadas al rodillo.
Fuente: Albarracín H.-Bolívar D. (2021)

La fuerza que actúa sobre cada rodillo viene dada por la siguiente ecuación:

Ec.24

Dónde:

F: Fuerza que actúa sobre cada rodillo (N).

Peso del bulto de cajas cartón

N: número de rodillos en contacto con el bulto de cajas

2.2.8.3. Esfuerzos

Factor de seguridad.

Para minimizar el riesgo de diseño, que surge de la imposibilidad de la certeza total de los resultados por medio de los criterios considerados, se introduce el denominado Factor de Seguridad, el cual se designa por la letra **N**, y se define según la siguiente expresión:

Ec. 25

En el diseño, cuando se deba calcular un elemento de máquina, se adoptará entonces un valor de **N** tanto mayor, cuanto mayor sea la consecuencia de la falla de dicha pieza.

Se puede indicar que la condición de falla no se presentará, si se cumplen las desigualdades que se indican a continuación, en las cuales se ha incluido el factor de

seguridad para cada caso, que sea resistencia de fluencia o última (con los subíndices o respectivamente):

$$\text{---} \quad \text{Ec. 26}$$

$$\text{---} \quad \text{Ec. 27}$$

Esfuerzos normales o de corte.

Se producen al aplicar una carga sobre un área de una pieza. Los esfuerzos producen deformación, fatiga, tolerancias, incremento de la temperatura de la pieza, y en el extremo rotura. La ley de Hooke establece que, dentro de ciertos límites, el esfuerzo en un material es directamente proporcional a la deformación que lo produce.

$$\text{---} \quad \text{Ec. 28}$$

Donde:

: Esfuerzo a compresión o flexión [Pa]

: Esfuerzo cortante [Pa]

: Carga [N]

: Área transversal [m²]

Si el sistema de carga es debido a un momento de flexión los esfuerzos son, esfuerzos normales por flexión.

Esfuerzos normales por flexión.

Son esfuerzos generados en una viga homogénea cuando se le aplica un momento flexionante puro. Para el cálculo de flexión en piezas se emplea:

$$\text{---} \quad \text{Ec. 29}$$

Donde:

Módulo resistente por flexión

El momento resistente o módulo resistente a flexión es una magnitud geométrica que caracteriza la resistencia de un prisma mecánico sometido a flexión. De hecho, el momento resistente es calculable a partir de la forma y dimensiones de la sección transversal, y representa la relación entre las tensiones máximas sobre ella y el esfuerzo de flexión aplicado. El momento resistente flexional frecuentemente se designa mediante S , y viene dado por la ecuación siguiente:

$$\text{Ec. 30}$$

Esfuerzos combinados.

Cuando un elemento de máquina está sometido a un sistema de cargas simple, el criterio de falla es sumamente fácil de aplicar: cuando una de las tensiones directas, tensiones de tracción trac , o de compresión comp , o de corte , actuando separadamente, es superior a la resistencia a la fluencia del material del cual está fabricada la pieza o el elemento de máquina considerado, se dice que hay falla. Pero cuando éste elemento, está sometido a un estado no simple de tensiones: ¿Cómo predecir su fallo?. Para el caso de aceros Von Mises – Hencky también denominada, teoría de la energía de corte o teoría de la energía de distorsión, parece ser la más acertada de las teorías de falla. La forma más corrientemente utilizada para expresar la teoría de la energía de distorsión, es

$$\text{Ec. 31}$$

Según esta teoría, cuando el sistema de carga que actúa sobre el elemento de máquina produce tensiones de torsión pura) se obtiene que la falla del material y por ende de la pieza, se inicia cuando se alcanza cuando:

Ec. 32

Pero el inicio de la falla por torsión pura, no es más que haber alcanzado el límite de fluencia a corte del material de fabricación de la pieza, ; es decir que podemos escribir, a partir de la Ec.32, que:

Ec. 33

.2.9 Automatización

Durante toda su historia, el hombre se ha enfrentado a problemas que sería incapaz de resolver de manera natural por sí mismo. En un principio estos problemas se basaban en las limitaciones físicas del hombre que le impedían realizar ciertos trabajos. Las soluciones pasaron por el desarrollo de herramientas y sistemas que permitiesen al hombre “mover” el límite de lo posible o no posible. Gracias a las primeras herramientas el hombre fue capaz de desarrollar armas que le permitían cazar animales cada vez mayores, trabajar materiales que de otra manera no sería capaz de tratar y construir aparatos cada vez más complejos. Gracias a estos primeros logros, y tras un largo proceso de evolución el hombre fue capaz de desarrollar tecnologías que le permiten, por ejemplo, mover cargas pesadas sin esfuerzo alguno por su parte (mediante tecnologías neumáticas o hidráulicas, por ejemplo). En los sistemas automáticos se busca prescindir del elemento humano, de manera que sea el propio sistema el que controle las acciones a realizar, pudiendo de esta manera trabajar de forma autónoma.

Se puede definir un sistema automático de la siguiente manera:

“Sistema que es capaz de realizar correctamente las acciones para las que fue diseñado sin necesidad de intervención del ser humano”, tomado de isa.uniovi.es/domotica/Temas/T1/T1-Introduccion.htm (2021).

En esta definición se ve claro que la automatización se centra en el control de las acciones, no en cómo se realizan éstas. Es decir, una grúa capaz de levantar cargas muy pesadas, que necesita de una persona para su control no es un sistema automático, sin embargo, esa misma grúa, trabajando de manera autónoma cargando continuamente contenedores en un barco sí sería considerado un sistema automático. Una vez

definido el concepto de automatización, es necesario justificar su necesidad. La lista de razones podría ser muy larga, pero las más importantes podrían ser las siguientes:

Evitar tareas tediosas para el ser humano. Sin duda se trata de la razón principal y por la que se motivó la aparición de las tecnologías de automatización. Por ejemplo, tareas repetitivas, que siguen un patrón determinado son fácilmente automatizables, evitando la intervención de personas en tareas que pueden ser realizadas de forma autónoma.

Abaratar costes de producción. El uso de sistemas automáticos permite producir durante intervalos mayores que si de personas se tratase y a un mayor ritmo. Esto repercute en el abaratamiento de los costes de producción del producto desarrollado.

Incrementar la calidad de los productos (estandarización). Los productos realizados mediante un sistema automático tendrán una calidad similar, a diferencia de los realizados de manera artesanal. Esto permite no solo aumentar la calidad final del producto, sino también establecer los parámetros que determinan si el producto está dentro del nivel calidad exigido.

2.3 Definición de términos básicos

Paletizado: es la acción y efecto de disponer mercancía sobre una paleta para su almacenaje y transporte

Palet, palé o paleta: es un armazón de madera, plástico u otros materiales empleado en el movimiento de carga ya que facilita el levantamiento.

Cartón corrugado: es una estructura formada por un nervio central de papel ondulado (onda), reforzado externamente por dos capas de papel (liners) pegadas con adhesivo entre las crestas de la onda.

Papel (liners): es el o los elementos planos del cartón corrugado, también llamado papel tapa.

Engomar: Untar de goma de pegar una superficie, generalmente de tela o papel.

Productividad: genéricamente entendida como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación.

En este sentido se comprende, que es un proyecto factible por dar una solución viable a cierta problemática. “Se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización” (Arias, 2016, p.134).

La naturaleza de la investigación se basa en desarrollar un sistema de transporte para el manejo de producto terminado en una máquina flexográfica; lograr la automatización de dicho proceso, generará ahorro de tiempo aumentando la productividad y además garantiza el bienestar del personal operador de dicha máquina. Es así como, los objetivos planteados se lograrán siguiendo una estructura establecida que involucra el conocimiento y manipulación de todas las variables que intervienen en el proceso. Haciendo uso de algunas técnicas de investigación se sustraerá la mayor información posible, se analizará y luego se escogerá la solución más viable, aquella que satisfaga la mayor cantidad de criterios establecidos para solucionar dicho problema.

3.2 Nivel de investigación.

La presente investigación es en esencia descriptiva, porque se observa y describe el comportamiento de un sujeto u objeto. Arias (2016) afirma: “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. (p.24).

El objetivo principal de una investigación de tipo descriptivo es describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos. El presente

trabajo de grado se basa en un nivel investigativo descriptivo. En este sentido, el nivel de este proyecto de investigación se define como descriptivo y explicativo puesto que se basa en determinar las causas que están ocasionando un efecto de índole no deseado. Donde estas causas obtenidas como producto de una caracterización y diagnóstico del sistema actual en conjunto con los principios teóricos de diseño para este tipo de aplicaciones permitirán generar una propuesta de rediseño que mitigue el impacto encontrado actualmente.

3.3 Diseño de investigación.

Según Arias (2016) “La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”.

De acuerdo a Fernández, C., Lucio, P.B. y Sampieri, R.H. (2006) “El termino diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea. (El plan incluiría procedimientos y actividades tendientes a encontrar la respuesta a la pregunta de investigación)”

En este orden de ideas, se dará una explicación detallada del desglose de cada fase ejecutado durante la ejecución de la investigación, la Figura 47 muestra un diagrama de flujo que resume estas fases.

En este sentido y tomando en cuenta los criterios de Arias, el proyecto de investigación se define de tipo documental y de campo puesto que la naturaleza del mismo se basa en la búsqueda de información que contemple los principios y criterios de diseño que son empleados para el diseño óptimo de un sistema de transporte de envases mediante bandas transportadoras modulares. De igual manera, en el área de estudio se realizó la recopilación y obtención de medidas, datos, tiempos, velocidades, evidencia fotográfica y revisión de manuales con el objetivo de realizar el diagnóstico de la situación actual del área de estudio que en conjunto con la información teórica recopilada permitirá realizar la propuesta de rediseño en el entorno de estudio.

3.4 Población y muestra.

3.4.1 Población.

Según Arias (2016):

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuáles serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. (p.81). La población de esta investigación es el sistema de transporte para el manejo de producto terminado en una máquina flexográfica; lograr la automatización de dicho proceso, generará ahorro de tiempo aumentando la productividad y además garantiza el bienestar del personal operador de dicha máquina.

3.4.2 Muestra.

“La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias, 2016, p. 83). Tomando esto de referencia tenemos que la muestra es un grupo que será seleccionado en la zona de estudio del proyecto que representara a la población. La muestra de esta investigación se refiere al sistema de transporte de material por banda y rodillos.

3.5 Técnica e instrumentos de recolección de datos.

Bostwick y Kyte (2.006) señalan que la función del instrumento de medición es establecer una relación entre el mundo real y el mundo conceptual. El primero provee evidencia empírica y el segundo proporciona modelos teóricos para encontrar sentido al segmento del mundo real que se trata de describir.

En la presente investigación, se plantea utilizar técnicas de análisis documental, para conocer, entender y aplicar los conocimientos necesarios para realizar un diseño de un sistema de transporte para el manejo de producto terminado en una máquina flexográfica; lograr la automatización de dicho proceso, generará ahorro de tiempo aumentando la productividad y además garantiza el bienestar del personal operador de dicha máquina. Dentro de las técnicas de recolección de datos se tiene la observación cuantitativa la cual está comprendida por la observación directa e indirecta de lo

observado en el área de estudio. Según Bostwick y Kyte (2.006) la observación directa, es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación. Mientras que la observación indirecta es aquella en la cual es investigador corrobora los datos que han sido adquiridos durante el experimento. En virtud de lo mencionado, las técnicas utilizadas para obtener datos fueron:

Técnicas de observación: consiste en la recolección de información en forma de datos, inspección visual del área, anotación y descripción de los procesos y equipos de estudio, para seleccionar, organizar y relacionar los datos presentes. Como técnica de investigación, los ingenieros industriales utilizan extensamente ésta técnica con el fin de estudiar a las personas en sus actividades de grupo y como miembros de la organización. El propósito de la organización es múltiple: permite determinar que se está haciendo, como se está haciendo, quien lo hace, cuando se lleva a cabo, cuanto tiempo toma, dónde se hace y por qué se hace.

Técnica de investigación bibliográfica: se basa en obtener, consultar y recopilar datos para el estudio y posterior diseño, seleccionando los aspectos más importantes que resultan útiles para el desarrollo de la investigación.

Los instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Entre los instrumentos tenemos:

Cronómetro: instrumentos para determinar tiempos de inicio y final del proceso en estudio.

Computador: equipo electrónico que se emplea para almacenar, organizar, procesar y estructurar la información recabada.

3.6 Fases de la Investigación.

En este apartado se describirá el procedimiento ejecutado durante el desarrollo de la investigación la cual fue desplegada en cuatro fases las cuales proporcionarán el cumplimiento a los objetivos específicos ya mencionados. En este orden de ideas, se

dará una explicación detallada del desglose de cada fase ejecutado durante la ejecución de la investigación, la Figura 30 muestra un diagrama de flujo que resume estas fases.

Fase I: Evaluar las características actuales del proceso de conformación de bultos y paletizado de las cajas de cartón corrugado

La revisión bibliográfica de la investigación es un factor clave e importante ejecutado como criterio para la comprensión de cómo son diseñados los sistemas de transporte automatizados para el manejo de producto terminado en una fábrica de cajas de cartón corrugado.

La búsqueda de esta información incluye recopilar proyectos investigativos relacionados al tema, libros, artículos, funcionamiento de procesos productivos similares, los cuales serán la base para establecer los criterios de diseño a implementar para un sistema automatizado para el manejo de producto terminado en una fábrica de cajas de cartón corrugado. De esta manera, esta base teórica formada por diversos trabajos, bibliografías y artículos de distintos autores permitirá interpretar distintos conceptos, metodologías y procedimientos que se emplean en el estudio de un diseño de bandas transportadoras. Una vez hecha la recopilación, el cual hace parte y es necesaria en el estudio para el diseño de un sistema para el manejo de producto terminado en una máquina flexográfica mediante bandas transportadoras se realizará un estudio de cómo se comporta el proceso durante su fase de operación, mediante diferentes tomas de recolección de datos, que incluye mediciones de las velocidades lineales con un tacómetro; inspecciones visuales y reconocimiento de las etapas que conforma el proceso desde la flejadora hasta el paletizado llenado; información obtenida de los especialistas del área sobre el funcionamiento de los equipos y cómo interactúan, entre otros. Esta fase representa un preámbulo para determinar los factores que deben ser considerados en el proceso de diseño en la siguiente fase.

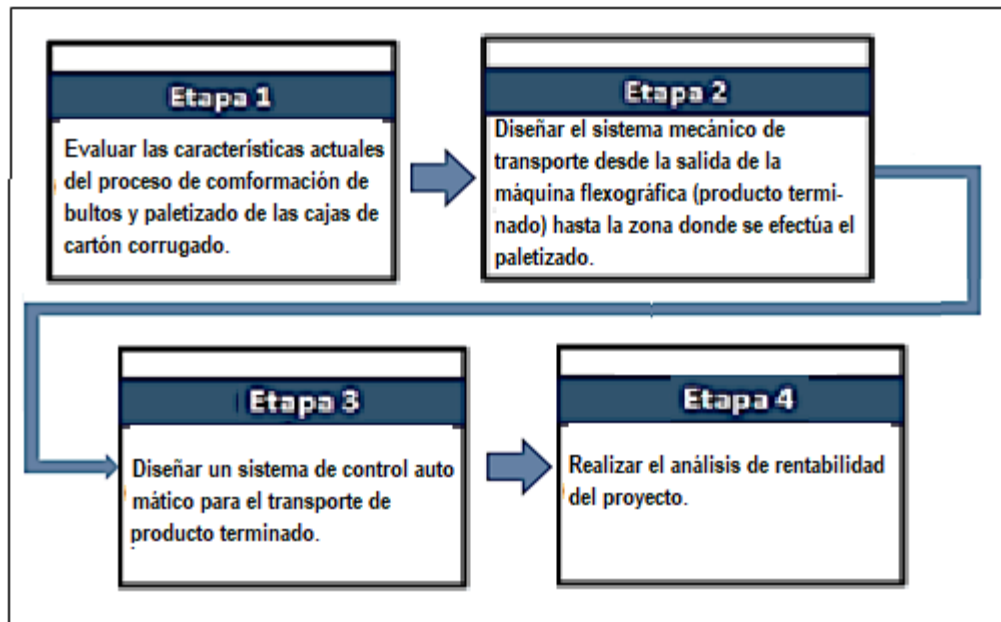


Figura 30: Fases de la investigación.

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.020)

Fase II: Diseñar el sistema mecánico de transporte desde la salida de la máquina flexográfica (producto terminado) hasta la zona donde se efectúa el paletizado.

En este ítem se plantean algunas soluciones para luego en base a los criterios y restricciones establecidos y utilizando el método del profesor Vilchez, N. (2.002) se selecciona la mejor solución. Se desarrollarán de acuerdo a los distintos parámetros establecidos algunas soluciones basadas en la información obtenida con anterioridad, además estas soluciones deben responder a las características técnicas y dinámicas propias del proceso, luego se realizará una evaluación de dichas soluciones para escoger la mejor solución que satisfaga las necesidades del sistema. Una vez seleccionada una solución, se escogerán todos los componentes necesarios que conformarán el sistema, necesarios para la optimización del mismo, posteriormente se realizará el diseño basado en las condiciones actuales del sistema de transporte, donde, partiendo de los datos de la operación demandada por el proceso se realizará el diseño de un sistema para el manejo de producto terminado en una máquina flexográfica

mediante bandas transportadoras, a fin de utilizar estos cálculos para la selección de los debidos componentes que componen el sistema y garantizar un correcto transporte de los recipientes mientras dichos componentes no se ven afectados bajo las condiciones de operación.

Fase III: Diseñar un sistema de control automático para el transporte de producto terminado.

Una vez seleccionada una solución, se escogerán todos los componentes necesarios que conformarán el sistema de control automático, necesarios para la optimización del mismo.

Fase IV: Realizar el análisis de rentabilidad del proyecto

En esta fase se darán a conocer los detalles del presupuesto para la realización del proyecto y estudiar la factibilidad del mismo a través de las mejoras en el proceso en el manejo de producto terminado a objeto de incrementar la productividad por jornada diaria, además de mejorar las condiciones de trabajo y medio ambiente a sus trabajadores.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En los capítulos anteriores se establecieron los parámetros técnicos, teóricos y metodológicos que dan sustento a la realización del proyecto, no obstante, en las siguientes páginas se presentan los resultados obtenidos durante la ejecución de las fases enunciadas anteriormente.

4.1 Evaluar las características actuales del proceso de conformación de bultos y paletizado de las cajas de cartón corrugado

En la actualidad el proceso de manejo de producto terminado (bultos de cajas de cartón) de la empresa Cartoformas Venezolanas, C.A., específicamente a la salida de la máquina flexográfica, presenta problemas ya que los dispositivos que transportan los bultos no funcionan de manera adecuada, situación que exige la intervención de dos operarios para hacer llegar el producto hasta el final de la línea. Un operario se encuentra ubicado a la salida de la maquina flexográfica, éste efectúa el empuje del bulto a través del transportador (1) (ver figura 31) para ser llevado hasta la máquina flejadora (2) donde otro operario lo recibe, lo posiciona y luego presiona un pulsador para realizar el primer fleje, luego de esto el operario lo vuelve a ubicar desplazándolo cierta distancia y presiona nuevamente el pulsador para realizar el segundo fleje, posteriormente el operador efectúa el empuje del producto ya flejado a través del trasportador (3) (ver figura 32) para hacerlo llegar hasta el final de la línea, el cual tiene un tope improvisado (4) (listón de madera) que cumple la función de detener los bultos para así acumularlos para su posterior paletizado.

El proceso de paletizado de los bultos de cajas de cartón es completamente manual, ya que otro operario debe apilar en paletas el material terminado (Figura 33). Las paletas deben completarse con 40, 60 o 80 bultos todo depende del tipo de caja con que se esté trabajando. Para efectuar este proceso el operario debe recorrer una distancia

horizontal máxima de 3m medida desde el transportador hasta la zona donde se realiza el paletizado, los bultos se colocan sobre la paleta a una distancia mínima de 230 mm con respecto al piso y a una distancia máxima de 2000 mm con respecto al piso. Estos valores se encuentran ilustrados en la Tabla 2.



Figura 31: Transportador de rodillos y maquina flejadora.
Fuente: Albarracin H.-Bolívar D. (2021)

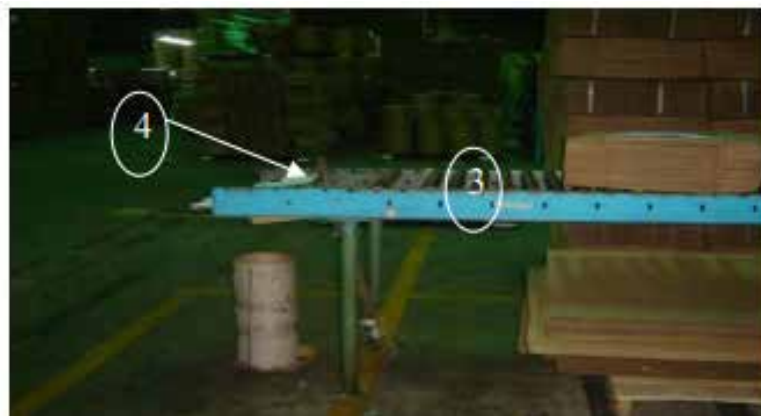


Figura 32: Transportador de rodillos (Final de la línea)
Fuente: Albarracin H.-Bolívar D. (2021)



Figura 33: Paletizado de los bultos de cajas de cartón corrugado.

Fuente: Albarracin H.-Bolívar D. (2021)

Tabla 2: Condiciones de los orígenes y destinos de las cargas
(todas las unidades están en milímetros).

Descripción	Distancia vertical desde el punto medio de la carga al suelo		Desplazamiento horizontal
	Origen (Altura del transportador)	Destino	
Colocación de bultos desde el final de la línea hasta la paleta	1000	Máximo:2000	3000
		Mínimo: 230	

Fuente: Cartoformas Venezolanas, C.A. (2021)

4.2 Diseñar el sistema mecánico de transporte desde la salida de la máquina flexográfica (producto terminado) hasta la zona donde se efectúa el paletizado.

4.2.1 Proponer las diversas alternativas de solución para el transporte de envases.

Para la selección de la mejor solución entre las alternativas planteadas, se cuenta con las especificaciones de los diseños, estas se obtienen de un análisis de todas las condiciones de trabajo, así como de los requerimientos del sistema. El método que se utilizará para la evaluación de cada uno de los sistemas y para la selección de la mejor solución es el método de ponderación de criterios.

4.2.2 Selección de la mejor solución para el transporte de producto terminado.

De acuerdo a las necesidades del problema a desarrollar surgen las siguientes alternativas como posibles soluciones.

Alternativa de Solución 1

Se puede observar en la figura 34 los elementos que constituyen esta posible alternativa de solución. El bulto de cajas sale de la máquina flexográfica y llega a una banda transportadora horizontal (1) la cual los lleva hasta la máquina flejadora (2) cuya plataforma la compone un conjunto de rodillos (3), para proseguir con el recorrido, el traslado del bulto lo produce un sistema de rodillos y cadenas (3) accionado por un conjunto de motor con freno y caja reductora (4), éste sistema está inicialmente activado, cuando el bulto es detectado por un sensor (5), éste da la señal para que se active el freno que dispone el motor y de esta manera poder realizar el primer fleje, éste sensor también envía una señal a un temporizador el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado. Posteriormente se activan los rodillos para continuar trasladando el bulto hasta que el mismo sea detectado por otro sensor (6) el cual activa el freno del motor para así poder realizar el segundo fleje, éste sensor también envía una señal a un temporizador el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado, posteriormente se vuelven a activar los rodillos para hacer llegar el bulto a un transportador de rodillos (7) por el cual se va a trasladar hasta llegar al final de la línea en donde va a llegar a un tope (8) (placa de acero), en donde se van a ir acumulando para su posterior paletizado.

Alternativa de Solución 2

Se puede observar en la figura 35 los elementos que constituyen esta posible alternativa de solución. El bulto de cajas sale de la máquina flexográfica y llega a una banda transportadora horizontal (1) la cual lo lleva hasta la máquina flejadora (2), para proseguir con el recorrido, el traslado del bulto lo produce un sistema de banda (3) accionado por un conjunto de motor con freno y caja reductora (4), éste se activa cuando un sensor (5) detecta la presencia del bulto en la plataforma y a la vez se envía

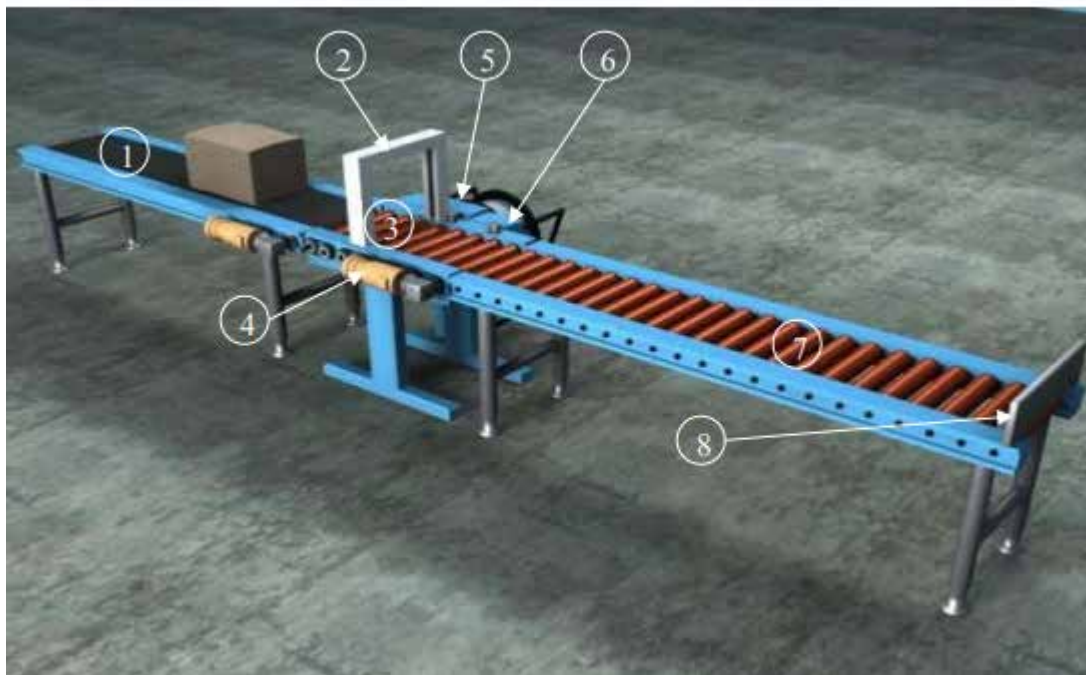


Figura 34: Posible solución 1.
Fuente: Albarracin H.-Bolívar D. (2021)

una señal a un temporizador siendo éste quien da la orden para que se active el freno que dispone el motor y de esta manera poder realizar el primer fleje, luego de esto se vuelve a activar la banda hasta que el bulto sea detectado por un sensor (6) el cual envía una señal a otro temporizador para activar el freno del motor y así poder realizar el segundo fleje, posteriormente se vuelve a activar la banda (3) para hacer llegar el bulto a un transportador de ruedas (7) por el cual se va a trasladar hasta llegar al final de la línea en donde va a llegar a un tope (8), en donde los bultos se van acumulando para su posterior paletizado.

Alternativa de Solución 3

Se puede observar en la figura 36 los elementos que constituyen esta posible alternativa de solución. El bulto de cajas sale de la máquina flexográfica y llega a un transportador de rodillos motorizados (1) el cual lo lleva hasta la máquina flejadora (2) cuya plataforma la compone un conjunto de rodillos (3), para proseguir con el recorrido, el traslado del bulto se logra dándole cierta inclinación a la plataforma (3)

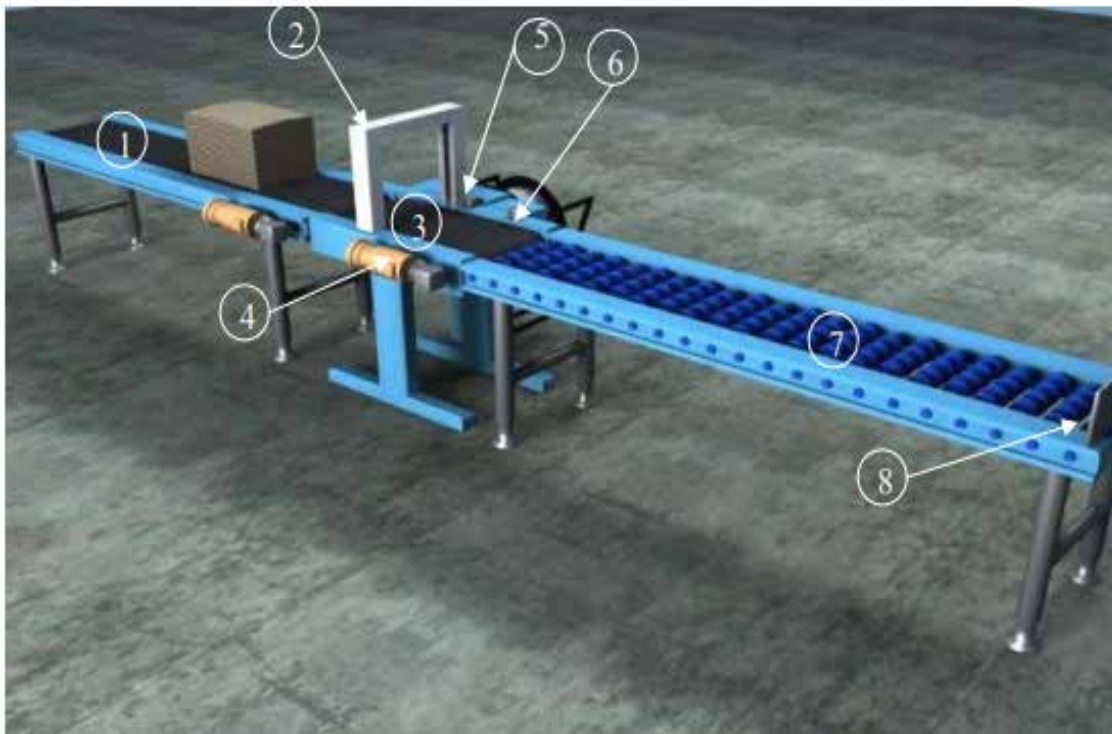


Figura 35: Posible solución 2.
Fuente: Albarracín H.-Bolívar D. (2021)

para permitir el arrastre del mismo, cuando un sensor (4) detecta la presencia de éste se extiende el vástago del actuador (5) en el cual está acoplada una barra la cual va a servir como tope para detener el bulto y así permitir el primer fleje, luego de esto se retrae el vástago del actuador (5) para que de esta manera el bulto prosiga con su recorrido hasta que éste sea detectado por un sensor (6) el cual envía una señal a un actuador con barra acoplada (7) para que extienda su vástago para de esta manera detener el bulto nuevamente y así poder realizar el segundo fleje, posteriormente se retrae el vástago del actuador (7) para que el bulto prosiga con su recorrido hasta llegar a un transportador de rodillos (8) por el cual se va a trasladar hasta llegar al final de la línea en donde va a llegar a un tope (9), en donde se van a ir acumulando para su posterior paletizado.

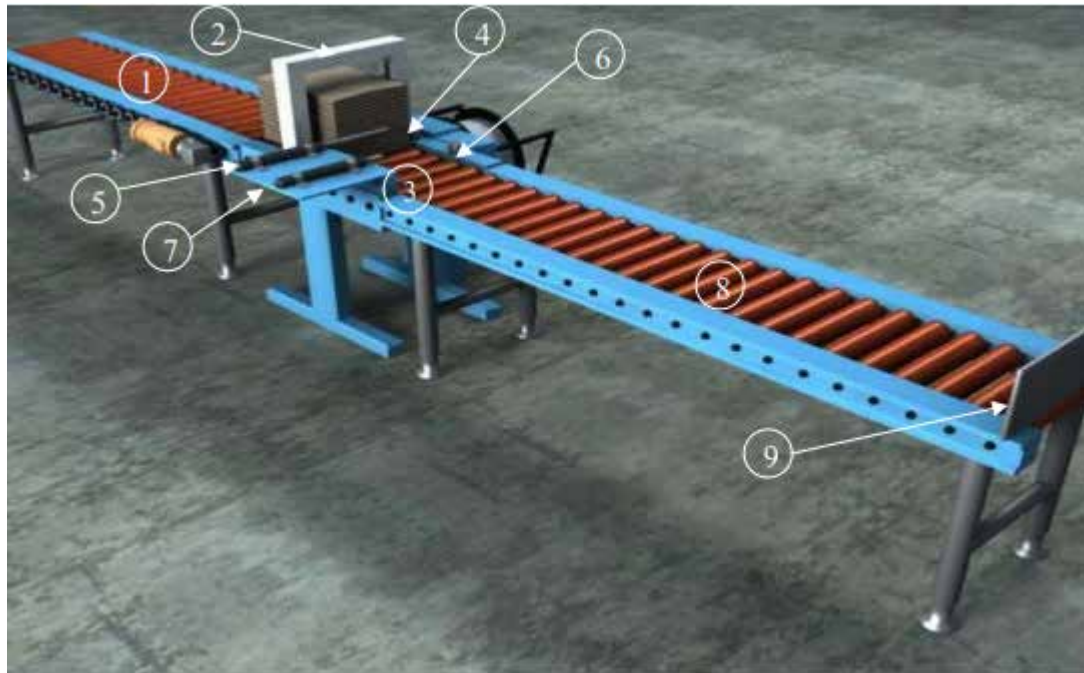


Figura 36: Posible solución 3.
Fuente: Albarracín H.-Bolívar D. (2021)

Lista de restricciones y criterios del sistema a diseñar

Restricciones (Ri):

- R1: El sistema debe cumplir con el espacio físico delimitado por el área de trabajo. R2: El sistema de control a diseñar debe ser manipulado por un solo operario.
 R3: El sistema debe ser capaz de trasladar los bultos de manera segura.

Los criterios comunes establecidos para la evaluación de todas las alternativas propuestas son:

Criterios (Ci):

- C1: Existencia en el mercado nacional de los componentes del sistema.
 C2: Facilidad de mantenimiento.
 C3: Costo de mantenimiento.
 C4: Costo del sistema a implementar.

C5: Fácil manejo para los operadores.

C6: Simplicidad del sistema de control.

C7: El sistema de traslado debe ser estable y debe garantizar la fluidez del producto en todo el recorrido desde el momento en que sale de la máquina flexográfica hasta que llega al final de la línea.

Aplicaciones de restricciones y criterios para la selección de la mejor posible solución:

Primero se comparan las alternativas de solución con las restricciones planteadas, aquellas que no cumplan con las restricciones serán descartadas (ver tabla 3). Las posibles soluciones que sí cumplan con las restricciones serán evaluadas con relación a los criterios y así establecer cuál es la mejor solución.

Tabla 3: Comparación de restricciones Vs. Posibles Soluciones.

Evaluación	Posibles soluciones (Psi)			
Restricciones				
	R1	Si	Si	Si
	R2	Si	Si	Si
	R3	Si	Si	No

Fuente: Albarracin H.-Bolívar D. (2021)

Debido a que la probable solución no cumple con las restricciones planteadas fue eliminada. Las posibles soluciones y serán evaluadas mediante el método de ponderación de criterios (ver Tabla 4).

Ponderación de los criterios de selección:

La tabla 5 muestra la ponderación de soluciones de acuerdo a los criterios empleados para la selección de la mejor solución.

Tabla 4: Ponderación de criterios.

Etiqueta	Descripción del proceso	Orden de importancia
C1	El sistema de traslado debe ser estable y debe garantizar la fluidez del producto en todo el recorrido desde el momento en que sale de la máquina flexográfica hasta que llega al final de la línea	7
C2	Simplicidad del sistema de control	6
C3	Fácil manipulación para los operadores	5
C4	Existencia en el mercado nacional de los componentes del sistema	4
C5	Costo total del dispositivo	3
C6	Facilidad de mantenimiento	2
C7	Costo de mantenimiento	1

Fuente: Albarracín H.-Bolívar D. (2021)

Tabla 5: Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección.

	C1	C2	C3	C4	C%	C6	C7
S1	3	3	2	3	2	2	3
S2	2	2	2	3	2	2	2

Fuente: Albarracín H.-Bolívar D. (2021)

Parámetros de puntuación de la Tabla 5:

1: No cumple con el criterio a evaluar.

2: No cumple totalmente con la expectativa generada por el criterio.

3: Cumple totalmente con el criterio a evaluar.

Evaluación de soluciones:

Para la solución S1 se tiene:

Total Puntos:

Para la solución S2 se tiene:

Total Puntos:

De acuerdo a la ponderación de criterios y al estudio efectuado la mejor solución es la número uno ya que es la que presenta mayor puntuación, es por esto que el resto de las soluciones son descartadas.

Solución al problema planteado: Alternativa de Solución 1.

4.2.3 Selección de la mejor solución para el proceso de paletizado

De acuerdo a las necesidades del problema a desarrollar surgen las siguientes alternativas como posibles soluciones.

Alternativa de Solución 1:

Polipasto en puente grúa ligero. Como se puede ver en la figura 37, este sistema está conformado por una viga-puente la cual está suspendida sobre los carros de traslación, sobre esta va instalado para la elevación de las cargas un polipasto que puede ser manual o eléctrico (a cadena o cable). Este sistema cuenta con una estructura robusta que le permite levantar grandes cargas, además los carros de traslación permiten el movimiento de la carga en el plano horizontal en dos direcciones, y en el plano vertical. Este sistema se opera desde un control que permite que el polipasto eleve o baje la carga y el desplazamiento adoptado en el puente dependerá del sistema, si es por empuje manual, cadena sin fin o desplazamiento motorizado.

Alternativa de Solución 2:

Manipulador de carga por succión. El principio de funcionamiento de este sistema es el vacío, que es generado por una motobomba que succiona el objeto a manipular. El tubo de elevación (A) se contrae como un acordeón (Ver figura 38). El operario

selecciona, a través de un control instalado sobre la manilla, la velocidad de elevación/descarga adecuada. Va equipado con filtro antipolvo, válvulas de retención



Figura 37: Posible solución 1. Polipasto sobre puente grúa

Fuente: <https://www.logismarket.es/> (2021)

para evitar averías, si la función de vacío desaparece por corte de electricidad o avería de la bomba, las válvulas retienen la carga y la hacen descender lentamente, evitando daños al usuario y al producto. Además, el operador puede a través de un control que se encuentra en el asa (B) elevar, descender y soltar la carga, así como usar el vacío para sostener la carga.

Alternativa de Solución 3:

Manipulador de carga electrónico. El manipulador de carga electrónico, a diferencia del anterior, solo requiere de una fuente de energía para su funcionamiento, el operador puede guiar con una mano los movimientos del brazo y a través de controles que se

encuentran en la manija puede accionar el dispositivo para sujetar los bultos de caja de cartón, y colocarlos sobre la paleta, realmente los controles que se ejercen en este sistema es para sujetar y soltar la carga. Posee un dispositivo especial con lógica



Figura 38: Posible solución 2 Manipulador de carga por vacío.

Fuente: <https://manipulacion-ergonomica.tecnoco.com.mx/manipuladores-por-vacio/> (2021)

de microprocesador, que permite que el sistema se adapte automáticamente e instantáneamente al peso de la carga a manipular. Estos dispositivos poseen una tecnología de balanceo automático e inmediato del peso, se puede manipular cargas de pesos diferentes entre ellos o que varían de peso durante las fases de manipulación, sin acción con selectores o pulsadores y sobretodo sin interrumpir el ciclo productivo. Estos manipuladores son equipados de la modalidad de control denominada “float mode” es decir “manipulación con la mano sobre la carga”. Esto permite tener la ventaja de la natural habilidad humana de coordinar y controlar los movimientos y

consecuentemente de posicionar la carga en manera precisa y más rápida sobre todo si es necesario apoyar delicadamente el objeto en un área pequeña. Como la ubicación de cada bulto de cajas sobre la paleta depende del operador, se puede ubicar con precisión y cambiar la dirección de los bultos si es requerido. (Ver figura 39).



Figura 39-a: Posible solución 3. Manipulador de carga electrónico.

Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/scaglia-indeva/product-5527-2018289.html>

Lista de restricciones y criterios del sistema a diseñar

Restricciones (Ri)

- R1: El sistema debe cumplir con el espacio físico delimitado por el área de trabajo.
- R2: El sistema debe ser capaz de trasladar los bultos de manera segura.
- R3: El sistema debe ser capaz de mantenerse en una posición segura en caso de emergencia o a la hora que falle la fuente de alimentación del sistema.
- R4: El sistema debe ser ergonómico.

Los criterios comunes establecidos para la evaluación de todas las alternativas propuestas son los siguientes.

Criterios (Ci):

C1: Fácil manejo para los operadores.

C2: Facilidad de mantenimiento.

C3: Costo de mantenimiento.

C4: Simplicidad del sistema de control.

C5: Que el proceso de paletizado sea fluido y rápido.

C6: Costo del sistema.

Aplicación de restricciones y criterios para la selección de la mejor posible solución:

A continuación, se procede a comparar las alternativas de solución con las restricciones planteadas, aquellas que no cumplan con las restricciones serán descartadas (ver Tabla 6). Las posibles soluciones que sí cumplan con las restricciones serán evaluadas con relación a los criterios y así tomar la decisión de cuál es la mejor solución.

Tabla 6: Comparación de restricciones vs. Posibles Soluciones. Proceso de paletizado.

Evaluación	Posibles soluciones			
Restricciones				
		no	si	si
		si	si	Si
		si	si	Si
		si	si	si

Fuente: Albarracin H.-Bolívar D. (2021)

Debido a que la probable solución no cumple con las restricciones planteadas fue eliminada. Las posibles soluciones y serán evaluadas mediante el método de ponderación de criterios (ver Tabla 7).

La Tabla 8 muestra la ponderación de soluciones de acuerdo a los criterios empleados para la selección de la mejor solución.

Tabla 7: Ponderación de criterios. Proceso de paletizado.

Evaluación		
Posibles soluciones		
Etiqueta	Descripción del proceso	Orden de importancia
C1	Que el proceso de paletizado sea fluido y rápido	7
C2	Fácil manejo para los operadores	6
C3	Simplicidad del sistema de control.	6
C4	Facilidad de mantenimiento	5
C5	Costo de mantenimiento	3
C6	Costo del sistema	2

Fuente: Albarracin H.-Bolívar D. (2021)

Tabla 8: Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección.
Proceso de paletizado.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
S2	3	2	2	2	2	2
S3	3	3	2	3	3	2

Fuente: Albarracin H.-Bolívar D. (2021)

Parámetros de puntuación:

- 1: No cumple con el criterio a evaluar.
- 2: No cumple totalmente con la expectativa generada por el criterio.
- 3: Cumple totalmente con el criterio a evaluar.

Evaluación de soluciones:

Para la solución S2 se tiene:

Total Puntos:

Para la solución S3 se tiene:

Total Puntos:

De acuerdo a la ponderación de criterios y al estudio efectuado la mejor solución es el número tres ya que es la que presenta mayor puntuación, es por esto que el resto de las soluciones son descartadas.

Solución al problema planteado: “Alternativa de Solución 3”. A continuación se presenta un esquema de todos los elementos

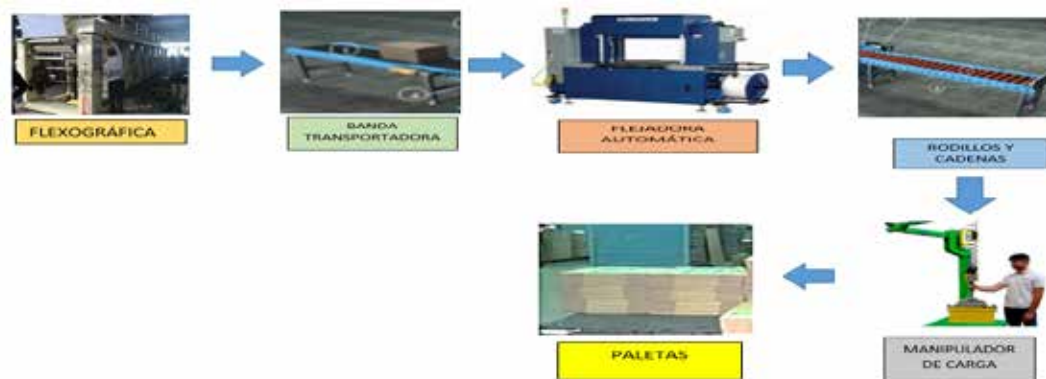


Figura 39-b Esquema del proceso
Fuente Albarracín, Bolívar (2021)

4.2.4 Diseño de la banda Transportadora

La banda Transportadora a diseñar se ubicará a la salida de la máquina flexográfica y llevará el producto terminado hasta la máquina flejadora (ver ubicación en figura 40). Como criterio para la selección del ancho de la banda transportadora se utilizaron las dimensiones de la caja más grande que se puede fabricar con la máquina flexográfica las cuales son: 77 cmx 99 cm (Datos suministrados por la empresa). Para hacerlo más estándar y evitar que haya mala colocación sobre la banda, se considera que las cajas vienen de ancho y largo iguales a 99 cm, para lo cual se escoge una banda de 1000 mm, según RULLI RULMECA S.p.a (2.010). (Ver Anexo A).

Velocidad de la banda transportadora

Para el cálculo de la velocidad de la banda se trabajó con la información suministrada por el manual de funcionamiento de la máquina flexográfica, ya que la capacidad de la banda deberá ser por lo menos igual a la máxima capacidad de la máquina.

La capacidad de la máquina Flexográfica es de 18.000 cajas/hora y la máxima capacidad de la máquina para producir bultos es de 15 cajas, por lo tanto:

$$= \frac{18.000 \text{ cajas/hora}}{15 \text{ cajas}} = 1.200 \text{ bultos/hora}$$

La velocidad de la banda transportadora se determina por medio de la Ec.1, vista en el Capítulo III

$$V = \frac{C}{T} \cdot \frac{1}{60}$$



Figura 40: Ubicación de la banda transportadora en el proceso.

Fuente: Albarracin H.-Bolívar D. (2021)

Rodillos Portantes y de Retorno

De la tabla del Anexo C con el ancho de la banda de 1000 mm y la velocidad de 0,33 m/s se obtiene:

Diámetro de los rodillos = 108 mm

La separación entre los rodillos se determinó a partir de la tabla de la figura 26 por medio del ancho de la banda y el peso promedio del material el cual se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Separación entre rodillos} = \frac{\text{Ancho de banda}}{\text{Peso promedio del material}} \times \text{Constante}$$

Con este valor obtenido y el ancho de banda se determina la separación entre los rodillos.

Separación entre los rodillos portantes

Separación entre los rodillos de retorno .

Potencia motriz

Conocidos la potencia total suministrada al eje, la velocidad de la banda y el por la Ec.2:

$$P_{\text{motriz}} = \frac{P_{\text{eje}}}{\text{Factor de potencia}} \times \text{Factor de ajuste}$$

Donde:

: Potencia del motor.

Factor de potencia relacionado con el tipo de transmisión utilizado.

: Factor de ajuste que depende de la potencia del eje obtenida.

Potencia al eje [kW]

La potencia total suministrada al eje viene dada por la Ec. 3

$$P_{\text{eje}} = \frac{P_{\text{motriz}}}{\text{Factor de potencia}} \times \text{Factor de ajuste} \quad [\text{kW}]$$

Donde:

: Potencia total suministrada al eje [kW]

Factor de potencia. (Anexo D)

: Longitud del transportador en pies.

: Toneladas de material manejado por horas.

Las toneladas de material manejado por horas se calculan de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Potencia total suministrada al eje [kW]} \times \text{Factor de potencia} \times \text{Longitud del transportador en pies} \times \text{Toneladas de material manejado por horas}}{\text{Potencia total suministrada al eje [kW]}}$$

Tomando como criterio el espacio disponible para implementar la banda, se toma como longitud del transportador 3m e interpolando de la tabla del Anexo D, el valor de $\text{Factor de potencia}$ y sustituyendo valores en la Ec.3

$$\frac{\text{Potencia total suministrada al eje [kW]} \times \text{Factor de potencia} \times \text{Longitud del transportador en pies} \times \text{Toneladas de material manejado por horas}}{\text{Potencia total suministrada al eje [kW]}}$$

Del Anexo E se seleccionó una transmisión “cada par de poleas y correas en V” y se obtiene $\text{Factor de potencia}$ y con la potencia del eje se selecciona $\text{Potencia total suministrada al eje [kW]}$ Sustituyendo los valores en la Ec. 2

$$\frac{\text{Potencia total suministrada al eje [kW]} \times \text{Factor de potencia} \times \text{Longitud del transportador en pies} \times \text{Toneladas de material manejado por horas}}{\text{Potencia total suministrada al eje [kW]}}$$

Velocidad de giro de los Rodillos Portantes

Con la velocidad lineal de la banda y el diámetro de los rodillos se establece el número de revoluciones según la Ec.4

$$\frac{\text{Velocidad lineal de la banda} \times \text{Diámetro de los rodillos}}{\text{Velocidad lineal de la banda}}$$

Con el valor de potencia obtenida y la velocidad requerida por el sistema se selecciona un motor de 1,5 HP (Ver Anexo F₁) y un reductor cuyas especificaciones se encuentran en el Anexo F₂

El motor seleccionado es:

Motor Baldor modelo: IDCSDWM3554

Potencia: 1,5 HP

Velocidad: 1750 RPM

Voltaje de operación: 230/460V

Frecuencia: 60 Hz

La caja reductora seleccionada es:

Reductor Baldor modelo: GF1013AH

Relación de transmisión:

Velocidad de entrada: 1750 rpm

Velocidad de salida: 175rpm

Tipo de reducción: Sencilla

Número de Lonas

Un aspecto esencial en este sentido es la elección del tipo y número de lonas a emplearse para garantizar que ésta soporte las tensiones a que es sometida durante la operación. Como consecuencia se hace necesario determinar la máxima tensión que puede producirse en cualquier sector de la correa, la cual viene dada por la Ec. 5:

Con $R = 0,66$ tomado del Anexo D considerando arco de contacto más común con impulsión sencilla $\alpha = 210^\circ$. • Se selecciona polea revestida por ser la más resistente y “tensor de tornillo” ya que longitud es menor a 64,01 m (210 pies).

El número de lonas se determina a través de la Ec. 6, con del
Anexo G₁

Dos lonas son capaces de resistir la tensión total pero la tabla del Anexo G₁ recomienda como mínimo 4 lonas para un ancho de banda de 1000 mm (42 pulg). Por lo tanto, se selecciona N = 4 lonas.

Espesor del Recubrimiento de Goma (cara carga)

El espesor del recubrimiento de goma superior es de 0,80 mm (1/32") debido a que no se transportan materiales abrasivos ni cortantes. (Véase tabla del Anexo G₂).

Espesor de cubierta inferior

Con el espesor del recubrimiento de goma (cara carga o cubierta superior) y la tabla del Anexo G₃ se obtiene el espesor de la cubierta inferior el cual es de 0,80 mm (1/32"). Las figuras 41 y 42 muestran de manera ilustrativa la banda transportadora diseñada, así como los elementos que la conforman.

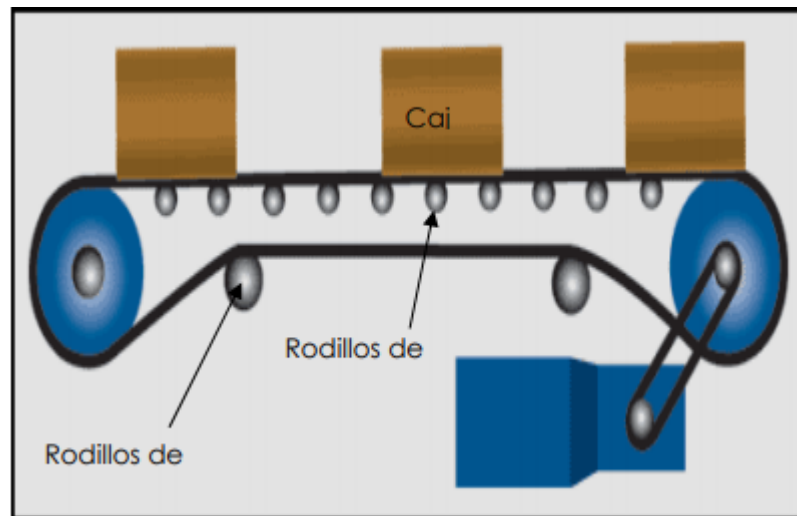


Figura 41: Banda transportadora diseñada

Fuente: Albarracín H.-Bolívar D. (2021)

Resumen de características de la banda transportadora

- Ancho de la banda transportadora = 1000 mm
- Velocidad de la banda = 0,329m/s
- Diámetro de los rodillos 108 mm
- Separación entre rodillos portantes
- Separación entre los rodillos de retorno
- Numero de lonas de la banda = 4
- Recubrimiento superior e inferior de goma de 0,80 mm (1/32")
- Motor de 1,5 HP

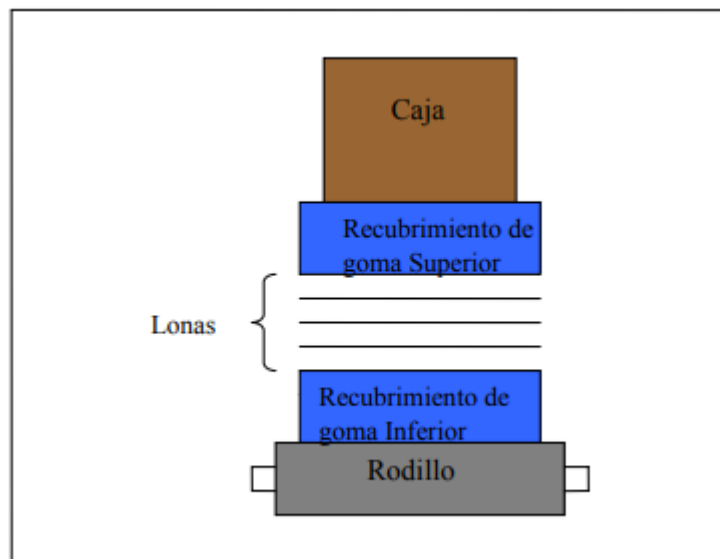


Figura 42: Banda transportadora diseñada (Recubrimientos, lona y rodillos).

Fuente: Albarracin H.-Bolívar D. (2021)

4.2.5 Diseño del sistema transportador de cajas en la máquina flejadora.

Para automatizar el sistema de flejado se procede primero a energizar los rodillos que se encuentran en la plataforma de la flejadora (Ver figura 43) para que estos trasladen las cajas a través de la máquina de forma automática.



Figura 43: Máquina flejadora.
Fuente: Cartoformas Venezolanas, C.A. (2021)

Selección del motor – reductor del sistema impulsor de cajas

Para la selección del motor impulsor de cajas se procede a realizar una serie de cálculos y consideraciones, las cuales permitirán obtener las especificaciones técnicas del motor reductor a utilizar, a continuación, se presentan los cálculos correspondientes: Tomando en cuenta el peso de la carga, su superficie, su naturaleza y el coeficiente de fricción a su base; la fuerza tangencial F necesaria para el transporte, puede calcularse con la Ec. 7:

Al resolver la Ec. 7, se obtiene el siguiente resultado:

, s

Se considera un factor de seguridad de 2. Por lo que la fuerza necesaria para el arranque será:

Para realizar el cálculo de la potencia del sistema se utiliza la Ec.8, expuesta en el Tema 2:

La velocidad angular se calcula mediante la Ec. 9:

Es la velocidad en la periferia del rodillo = 0,329 m/s

: Radio del rodillo (m) = 0,02413 m

Sustituyendo los valores obtenidos en la Ec 9, la velocidad angular resulta

Para el cálculo de la inercia de masa del rodillo se utiliza la Ec. 12.

Con Densidad del material del rodillo = 7.850 Kg/m³ (Tomado de la librería de SolidWorks)

L = Longitud total del rodillo = 1,0668m

Sustituyendo los valores conocidos en la ecuación se obtiene el valor de la inercia de masa para los rodillos la cual resulta igual a:

Luego combinando las Ecs. 8, 9 y 10 se tiene que:

Según la sugerencia del Roller Chain Drive Selection (2.021), se considera un factor de servicio de 1,4 para trabajos moderados del Anexo B.1 y se obtiene una potencia requerida por el motor de:

Con el valor de potencia obtenida y las RPM requeridas por el sistema se selecciona un motor de 3/4 de HP, sus especificaciones se encuentran en el Anexo F₃.

El motor seleccionado es:

- Motor con freno Baldor modelo: VEBNM3542
- Potencia: $\frac{3}{4}$ HP
- Velocidad: 1750 RPM
- Voltaje de operación: 230/460V
- Frecuencia: 60 Hz

Selección de la caja reductora

Con la selección del motor se procede a seleccionar la caja reductora del catálogo de Baldor (ver Anexo F₄). Como principal criterio de selección se tomó la relación de transmisión ya que se busca llevar la velocidad de salida del motor de 1750 RPM a la velocidad requerida por el sistema de 130,156RPM o a una cercana a esta.

La caja reductora seleccionada es:

- Caja Reductora Baldor modelo: GF1013AH
- Relación de transmisión: 10
- Velocidad de entrada: 1750
- Velocidad de salida: 175
- Tipo de reducción: Sencilla

Selección de las cadenas y de las ruedas catalinas para los rodillos

El motor eléctrico transmite su potencia a través de cadenas a cada rueda catalina colocada en uno de los extremos de cada rodillo. En esta sección se seleccionan dos tipos de cadenas.

- Cadena N° 1: es la cadena que transmite la potencia del motor al primer rodillo.
- Cadena N° 2: es la cadena que une rodillo con rodillo.

Selección de la cadena 1 “Entre el motor y el primer rodillo”

Para la selección de las cadenas se utiliza la potencia suministrada por el motor, la relación de transmisión requerida y las condiciones de funcionamiento. Tomando en consideración un factor de servicio para equipos de Motores de funcionamiento medio impulsivo se selecciona $F_s = 1.25$, (Ver Anexo B.1). Por lo que la potencia de diseño es igual a:

Tomando en consideración la velocidad angular de salida de la 175RPM, la potencia de diseño y tomando un solo ramal, del Anexo B.2 se selecciona una cadena con las siguientes características:

Cadena MORSE # 40 (ANSI 40), 1/2" de paso (12,70mm) y 17 dientes

Con la cadena seleccionada y haciendo uso del catálogo MORSE del Anexo B.3 se obtiene la potencia de un ramal, la cual resulta:

Debido a que la potencia del ramal es mayor que la potencia de diseño la cadena seleccionada cumple con las exigencias del sistema.

El número de dientes de la rueda dentada grande o corona se obtiene por Ec. 14:

$$\frac{P}{P_d} = \frac{V}{V_d} \cdot \frac{Z}{Z_d}$$

Ahora se recalcula la relación de transmisión y la velocidad angular de la rueda dentada grande:

$$\frac{P}{P_d} = \frac{V}{V_d} \cdot \frac{Z}{Z_d}$$

Posteriormente se determina la velocidad periférica de la cadena con la Ec. 15,

Del Anexo B.3 y con el resultado de la velocidad periférica de la cadena se obtiene el tipo de lubricación recomendada el cual es lubricar periódicamente utilizando cepillo.

Luego se calcula el diámetro primitivo de la rueda dentada pequeña y grande según la Ec. 16:

De donde resulta que el diámetro de la rueda dentada pequeña es:

Y el diámetro de la rueda dentada grande es:

como valor

promedio se calcula la longitud de la cadena mediante la Ec.18:

50,045 pulg ()

Ahora se determina la distancia entre centros mediante la Ec. 19:

La fuerza ejercida sobre los apoyos se calcula con la Ec. 20:

Dónde:

F_T : Fuerza de tracción en la cadena [N].

F_c Fuerza centrífuga sobre la cadena [N].

Siendo que se calcula con la Ec. 21

$$F_T = \frac{P}{V}$$

Dónde:

P: Potencia transmitida en [watt] y

V: Velocidad periférica de la cadena en [m/s].

La fuerza centrífuga se determina de la Ec. 22

$$F_c = \frac{G}{g} V^2$$

Dónde:

G: Peso por unidad de longitud de la cadena en [Kg/m]

g: Fuerza de gravedad (9,80 m/s²)

V: Velocidad periférica de la cadena en [m/s].

F_c : Fuerza centrífuga sobre la cadena [N].

Sustituyendo valores

$$\frac{\frac{P}{V}}{\frac{G}{g} V^2} = \frac{P}{V^3} \cdot \frac{g}{G}$$

Selección de la cadena N 2 “Entre cada rueda dentada”

Tomando en consideración la velocidad angular de salida del rodillo =129,62RPM, la potencia de diseño y tomando un solo ramal, del Anexo B.2 se selecciona una cadena con las siguientes características:

Cadena MORSE # 40 (ANSI 40), 1/2" (12,70mm) de paso y 21 dientes

Con la cadena seleccionada y mediante el Anexo B.3 se obtiene la potencia de un ramal, la cual resulta:

Debido a que la potencia del ramal es mayor que la potencia de diseño la cadena seleccionada cumple con las exigencias del sistema. Como las velocidades angulares en ambas poleas son iguales, el diámetro de éstas es el mismo, y la relación de transmisión es igual a 1. Por lo que la velocidad de ambas poleas es igual a

Calc

Para el cálculo puede usarse la Ec. 15:

$$\frac{V}{1000} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

$$(114,17 \text{ pie/min})$$

Con la velocidad de rotación de la cadena se determina el tipo de lubricación del Anexo B.3, el cual es lubricación manual.

Luego se calcula el diámetro primitivo de la rueda dentada pequeña y grande según la Ec. 16, los dos diámetros son iguales.

$$D_p = \frac{P}{\sin \frac{180}{N}} \cdot \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

La distancia entre centros es igual a 3" (76,20mm) y como un paso equivale a 12,70mm se tiene que:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \quad (\text{Distancia entre centros})$$

La longitud de la cadena se calcula mediante la Ec. 18

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \quad \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

La fuerza ejercida sobre los apoyos se calcula con la Ec. 20:

Dónde:

F_T : Fuerza de tracción en la cadena [N].

F_c Fuerza centrífuga sobre la cadena [N].

Siendo que se calcula con la Ec. 21

$$F_T = \frac{P}{V}$$

Dónde:

P: Potencia transmitida en [watt] y

V: Velocidad periférica de la cadena en [m/s].

La fuerza centrífuga se determina de la Ec. 22

$$F_c = \frac{G}{g} V^2$$

Dónde:

G: Peso por unidad de longitud de la cadena en [Kg/m]

g: Fuerza de gravedad (9,80 m/s²)

V: Velocidad periférica de la cadena en [m/s].

F_c: Fuerza centrífuga sobre la cadena [N].

Sustituyendo valores

$$\frac{\text{_____}}{\text{_____}} = \frac{\text{_____}}{\text{_____}} \times \frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

4.2.6 Diseño del transportador de rodillos

Diseño de los rodillos

La función principal de los rodillos es transportar los bultos de cajas de cartón corrugado desde la salida de la máquina flejadora hasta el final de la línea. Para el diseño de los rodillos, tal como se muestra en la Figura 29, se realiza un estudio de esfuerzos, de manera que se necesita conocer el valor de las fuerzas que actúan sobre él, el bulto de cajas en su presentación más desfavorable pesa 24 Kg y está soportado sobre un número de rodillos que depende del tamaño del bulto, por lo que la fuerza se distribuye sobre todos ellos.

Así, el número de rodillos en contacto con el bulto de cajas se obtiene por medio de la Ec. 23.

Donde:

Despejando de la ecuación se tiene que:

Sustituyendo valores en la ecuación se tiene

La fuerza que actúa sobre cada rodillo viene dada por la Ec.24:

Dónde:

F = Fuerza que actúa sobre cada rodillo (N)

Peso del bulto de cajas cartón = $24\text{Kg} \times 9,81\text{m/s}^2 = 235,44\text{ N}$

N = número de rodillos en contacto con el bulto de cajas = 13.

Sustituyendo los datos en la ecuación 24 se obtiene la fuerza sobre cada rodillo la cual es:

N.

Si se considera que el entorno de aplicación es moderadamente agresivo, según Norton, R. (1.999) se considera un factor de seguridad de 3 (Ver Anexo H) Por lo que la fuerza es igual a 54,33N.

Realizando un diagrama de corte y momento (ver figura 44), sobre el rodillo resulta que:

: Fuerza de corte máxima = 27,165 N

: Momento flector máximo =

El material de diseño es acero AISI 1040 laminado en frío por lo que el esfuerzo a la fluencia del material es = (ver Anexo I), tomando un factor de seguridad de 3, por las mismas razones, el esfuerzo admisible según la Ec. 26 será:

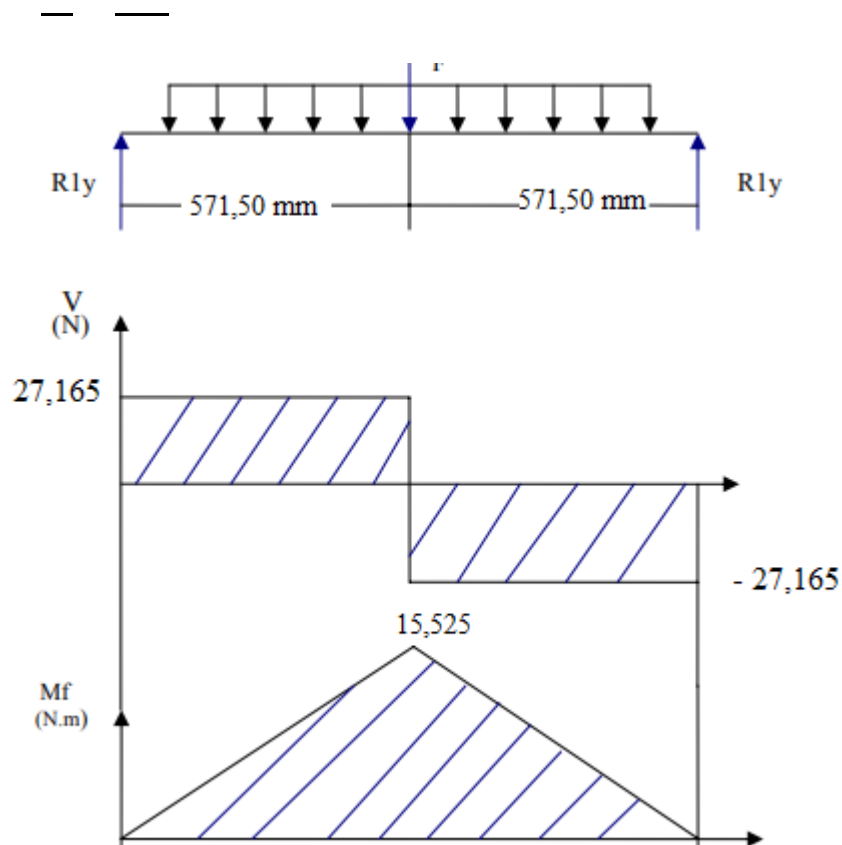


Figura 44: Diagrama de corte y momento flector del rodillo.

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

El eje se encuentra sometido a flexión, por lo que la ecuación a utilizar es la Ec. 29:

Donde:

—

= — (Ver Anexo J)

.

Sustituyendo en la Ec. 29 y considerando que se tiene que

_____ de donde _____, sustituyendo valores se tiene:

Con este valor se selecciona un rodillo de la serie PSV 1 de diámetro 63 mm, el más pequeño del catálogo (Ver Anexo K), con un eje de diámetro 20mm.

Soportes laterales

Los ejes colocados en forma horizontal y paralelos entre sí, se apoyan sobre una estructura metálica de perfiles en C. Debido a las cargas a que está sometida esta estructura (ver figura 45) se realiza un estudio a flexión y a corte.

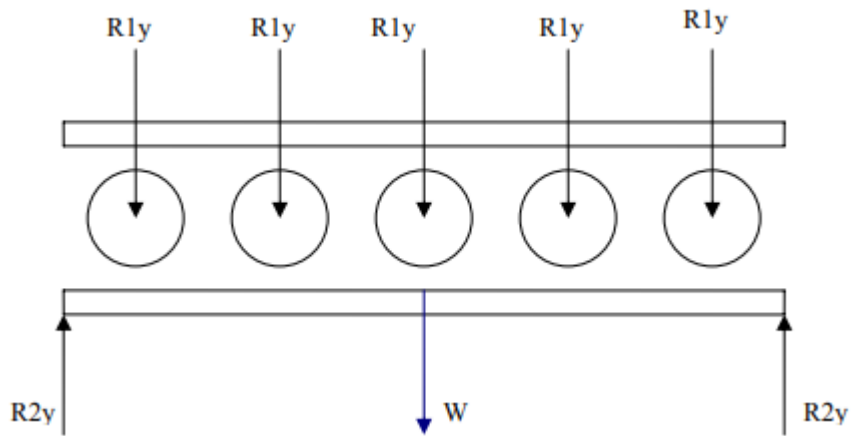


Figura 45: Reacciones aplicadas a la estructura.

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

Para el diseño del perfil se supone que toda la longitud del transportador está soportando carga, esto es, el esfuerzo se distribuye entre todos los rodillos. Por lo tanto, se hace necesario conocer el número de rodillos que posee el transportador para de esta manera saber el número de reacciones presentes en el perfil, ya que el número de rodillos va a ser igual al número de reacciones. El número de rodillos que posee el transportador se obtiene por medio de la Ec.23.

Donde:

Despejando de la ecuación se tiene que:

Luego son 39 reacciones y $R1y_{total} = 1.059,5N$.

Del Anexo L₁, se selecciona un perfil C 6125 con una masa de la viga por unidad de longitud de 3,6Kg/m, por lo que el peso total del perfil viene dado por la Ec.31 del Anexo L₂,

Con:

: Masa por unidad de longitud = 3,6 kg/m

L: Longitud total de la viga = 3 m

g: Gravedad (m/s^2) = 9,81m/s²

Luego el peso total de viga es:

Haciendo el diagrama de corte y momento (ver figura 46), sobre la estructura resulta que:

: Fuerza de corte máxima =

: Momento flector máximo =

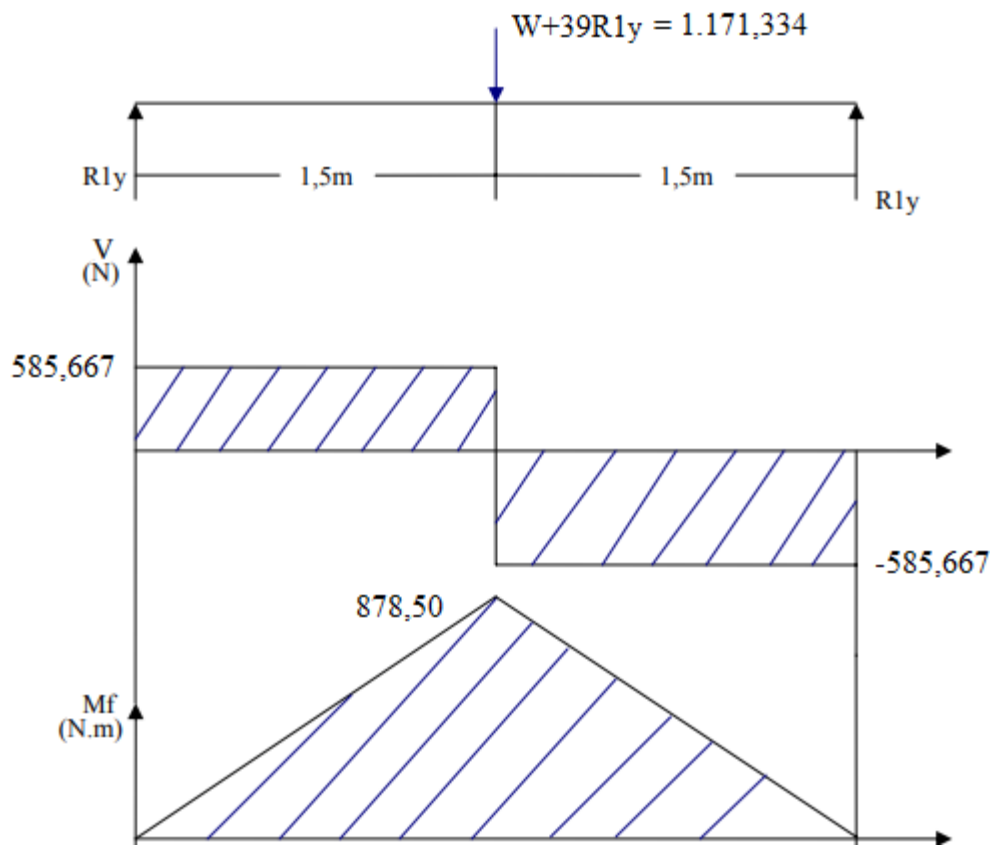


Figura 46: Diagrama de corte y momento flector de la estructura.

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

Para el estudio a flexión se realiza una comparación entre el módulo resistente tabulado el cual depende de las propiedades del perfil (Ver Anexo L₁) y el módulo que depende del momento flector en la sección ().

viene dado por la Ec. 30:

—

El esfuerzo admisible se determina de la Ec. 26

—

El material de diseño es hierro negro el cual es un material utilizado por los fabricantes para este tipo de aplicaciones, por lo que el esfuerzo a la fluencia es =

227MPa (ver Anexo L₂), tomando un factor de seguridad de 3, el esfuerzo admisible será:

Luego utilizando la Ec 30 se tiene que:

Como el módulo resistente tabulado _____, (ver Anexo L₂), es mayor que el módulo resistente que está soportando el perfil, _____, la viga seleccionada C 6125 no falla por flexión.

Estudio a corte

En este caso debe verificarse que _____ Siendo _____ el esfuerzo equivalente debido a la fuerza cortante, sustituyendo la carga por el cortante máximo, _____ = _____ en la Ec. 28:

A: Área de la sección transversal = 4,50 cm² (450 mm²), valor obtenido del Apéndice M₁.

Sustituyendo en la Ec. 28 se tiene que el esfuerzo equivalente debido a la fuerza cortante es igual a:

Siendo que el esfuerzo admisible por corte según el criterio de Von Mises- Hencky [ver Tassoni D. (2.006)] es 0,6 del σ_u ,

La viga no falla a corte, debido a que $\tau < \tau_{adm}$. La viga seleccionada cumple con los requerimientos del sistema.

4.2.7 Selección del transportador por gravedad

La selección de los transportadores por gravedad se basa en el estudio hecho en el diseño de los transportadores de rodillos, ya que con estos datos obtenidos se seleccionará del catálogo del fabricante el transportador que se ajuste de manera adecuada a los requerimientos del sistema.

Selección de Rodillos

Por medio del estudio hecho en el punto 4.2.7 se determinó que un diámetro de eje de 20 mm soporta la carga que se va a mover a través del transportador por lo que 20mm y así se obtienen las características de los rodillos y sus elementos (ver Anexo K₁).

Selección de perfiles:

Los perfiles corresponden a los soportes que dan la rigidez al transportador y determinan la posición de los rodillos. Al igual que los rodillos, los perfiles se eligen según los pesos de las cargas que deban transportar. Del estudio hecho del diseño del transportador de rodillos se determinó que el tipo de perfil a utilizar para el manejo de dicha carga es un “Perfil de hierro negro código 6125” (Ver Anexo L₁) ya que cumple con las características de carga, dimensión y material de diseño que más se adaptan a los requerimientos del sistema, la tabla del Anexo L₃ muestra las características que posee el perfil seleccionado.

4.2.8 Diseño del cordón de soldadura

La unión entre las vigas y la lámina se hará mediante cordones de soldadura, como se observa en la figura 46. La lámina es de acero 1020, de 1,30 m de longitud y un espesor de 1,27 cm ($\frac{1}{2}$ "). Para el diseño se selecciona un electrodo de tipo E-7018, el cual según el fabricante es el más adecuado, ya que une aceros estructurales, además de que puede soldarse bien en todas las posiciones.(ver figura 47)

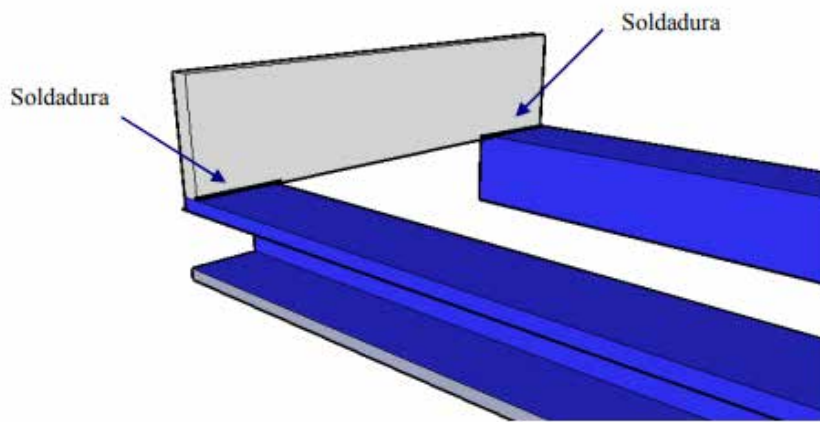


Figura 47: Soldadura entre la lámina y el perfil.
Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

Se calcula el área de la soldadura y posteriormente se verificará que no falle. Para calcular el esfuerzo máximo se debe tener además del esfuerzo de corte, el esfuerzo creado por el momento flector para encontrar el punto más esforzado. El esfuerzo debido al corte se calcula empleando la Ec. 28 y el esfuerzo debido a la flexión se calcula empleando la Ec. 29.

Para calcular el esfuerzo máximo se necesita el área de soldadura, la inercia de la soldadura y el momento polar. El área se calcula de la ecuación de la tabla de la figura 2, cont. del Anexo M, pero como no se tiene el espesor de soldadura se calcula en función de este.

Donde:

A: área del cordón de soldadura [mm²]

h: Espesor del cordón de soldadura [mm]

r: radio del área a soldar [mm]

Sustituyendo valores se tiene que el área de soldadura es:

$$\text{mm}^2$$

Con cuya área se calcula el esfuerzo de corte, dejando igualmente el espesor como incógnita, según la Ec.28, con P como la carga directa que actúa sobre el cordón.

$$P = 376,704 \text{ N.}$$

Esfuerzo debido al corte es:

$$\tau = \frac{P}{A}$$

Para calcular el esfuerzo máximo se debe tener además del esfuerzo de corte, el esfuerzo creado por el momento flector para encontrar el punto más esforzado. Se calcula el Momento Flector que crean las fuerzas, con la fórmula:

Donde:

ΣW : Suma de los pesos [N]

L : Distancia de la fuerza al cordón de soldadura [mm]

El esfuerzo debido Momento Flector, según la Ec. 29 es:

$$\sigma = \frac{M}{I}$$

Donde:

M : Momento Flector [N·mm]

r: Radio de la sección [mm]

I: Inercia de área

La inercia de la soldadura, se calcula utilizando la ecuación de la figura 2 cont. del Anexo M,

$$=$$

Sustituyendo en la Ec.29

$$\frac{I_{xx}}{I_{yy}} = \frac{I_{xx} + I_{yy}}{I_{xx} + I_{yy}}$$

Para saber cuál es el esfuerzo total se utilizó la teoría de Von Mises – Hencky, Ec. 31:

$$\sigma_{\text{total}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + 3\tau_{xy}^2 + 3\tau_{yz}^2 + 3\tau_{zx}^2}$$

Considerando que los datos son poco representativos el factor de seguridad , según el criterio de Norton R. (1999) tomado del Anexo H, el límite de fluencia del material del electrodo según Lincoln Electric (2.012) es de , y el esfuerzo permisible en las soldaduras de este tipo según AWS Welding Handbook. (2.012) es igual a , por lo cual la Ec. 31 se convierte en:

$$\sigma_{\text{total}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + 3\tau_{xy}^2 + 3\tau_{yz}^2 + 3\tau_{zx}^2}$$

El espesor obtenido es pequeño, el espesor mínimo para una soldadura de arco para un acero inoxidable es de 2,5 mm según AWS Welding Handbook. (2.012). Lo que significa que la soldadura no va a fallar en el punto más esforzado, por ello la

soldadura en otro lugar del brazo no ya a fallar porque la fuerza de trabajo es menor.

4.2.9 Selección del sistema para el proceso de paletizado.

El sistema seleccionado para el paletizado del material terminado será instalado al final de la línea de producción, donde llegan los bultos de cajas, este sistema permitirá al operador manipular la carga sin ningún esfuerzo y de esta forma prevenir riesgo de lesiones, el manipulador está adaptado para aplicaciones con sistema de toma de accionamiento mecánicos que no solicitan una conexión eléctrica directa con la unidad de control del sistema. Es un manipulador electrónico de cargas adecuado para este caso, donde existen aplicaciones no complejas con ciclos de trabajos breves y frecuentes. Su lógica programable, una instalación y mantenimiento simple, la manipulación veloz, sin esfuerzo y precisa, posee un dispositivo que permite que el sistema se adapte automáticamente e instantáneamente al peso de la carga a manipular.

Además, posee una manecilla A, (ver Figura 48), la cual permite una reacción inmediata del sistema por la fuerza ejercida por el operario tanto en subida como en bajada y un control de velocidad, reduciendo drásticamente la fuerza de inercia y actuando como una extensión del brazo del operario. En este orden de ideas, el operador es el que guía el brazo del sistema, guiándolo a final de la línea, accionando el dispositivo de sujeción, toma el bulto de caja de cartón, acciona nuevamente para que se cierre el sujetador y de esta forma poder levantar la carga, luego con una mano guía la carga hasta el lugar donde colocará el bulto (sobre la paleta), nuevamente accionando el dispositivo de sujeción libera la carga, previo a ubicar y orientar en la posición deseada las cajas, además puede realizar estos movimientos directamente con sus manos sobre la carga; esto permite aprovecharse de la habilidad humana para coordinar el movimiento.

A fin de garantizar la seguridad del operador y del ambiente de trabajo, se dispone de un sistema mecánico de parada en caso de falta de corriente y de un motor con freno en caso de excesiva velocidad de descenso. En la selección del sistema para el paletizado, se consideraron los parámetros anteriormente descritos, principalmente

considerando el espacio disponible para la instalación de un sistema de este tipo. Además, las condiciones de trabajo que se consideraron para la selección fueron: la carga máxima a levantar y el recorrido vertical y horizontal de los bultos de cajas de cartón, desde el final de línea hasta el lugar donde se encuentra la paleta. La longitud horizontal se consideró desde la parte media del transportador de rodillos hasta la parte más alejada de la paleta, esto es 3 m. (Ver Figura 49).

La longitud vertical es de 1,90 m, se consideró la altura máxima permitida para la conformación de los bultos en la paleta. (Ver Figura 50).

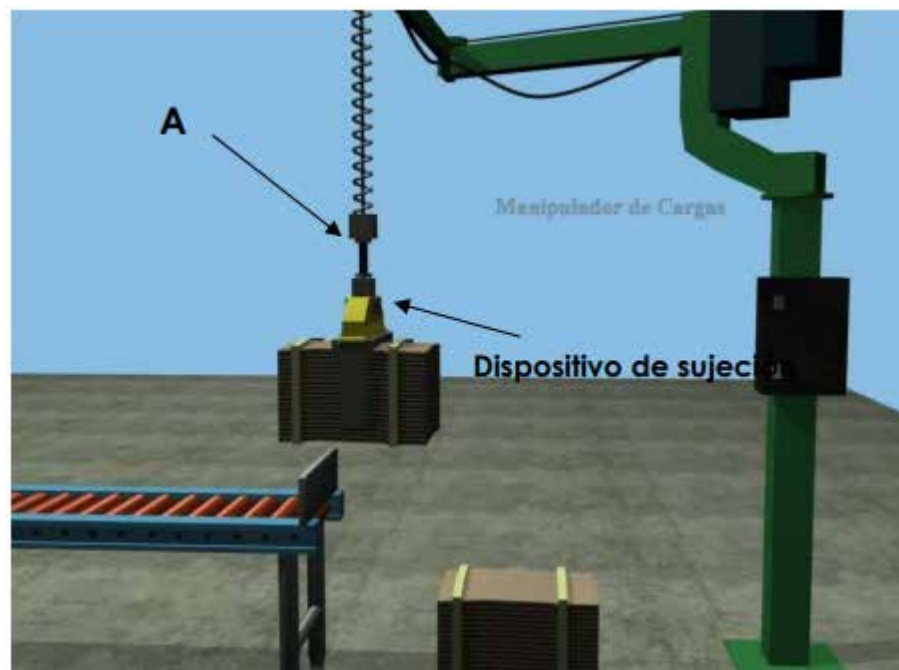


Figura 48: Manipulador de carga electrónico.
Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

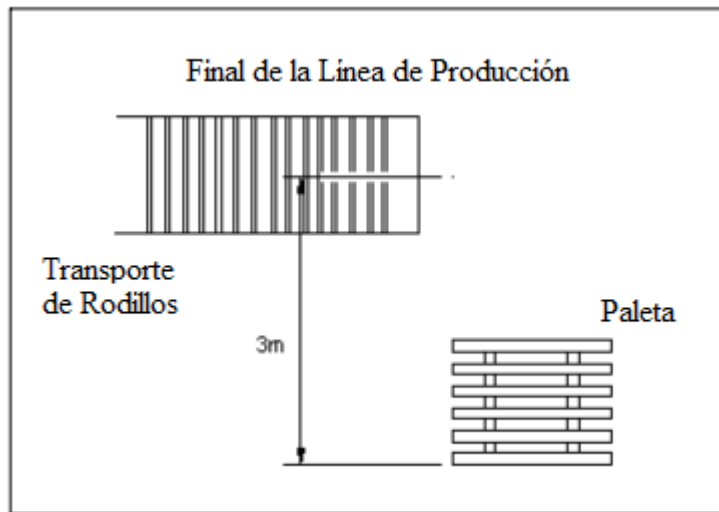


Figura 49: Longitudes del espacio para la implementación del sistema.

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

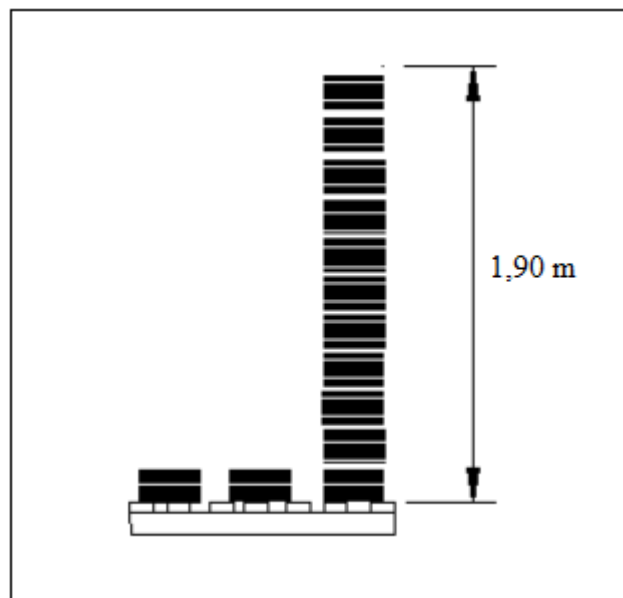


Figura 50: Longitud vertical para el sistema de manipulación de carga.

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

Con esta información se realizó la selección del sistema, en el catálogo del fabricante (Ver Anexo N).

Características del sistema:

Liftronic Easy modelo E80C (Ver Figura 50).

Capacidad 80Kg

Estructura LIGERA:

Longitud del brazo 2,5 m

Radio muerto (R2) 460 W (dimensiones de la base) 375mm

E (desplazamiento vertical) 3000mm

Rotación entorno eje columna 375°

Velocidad máxima 36 m/min

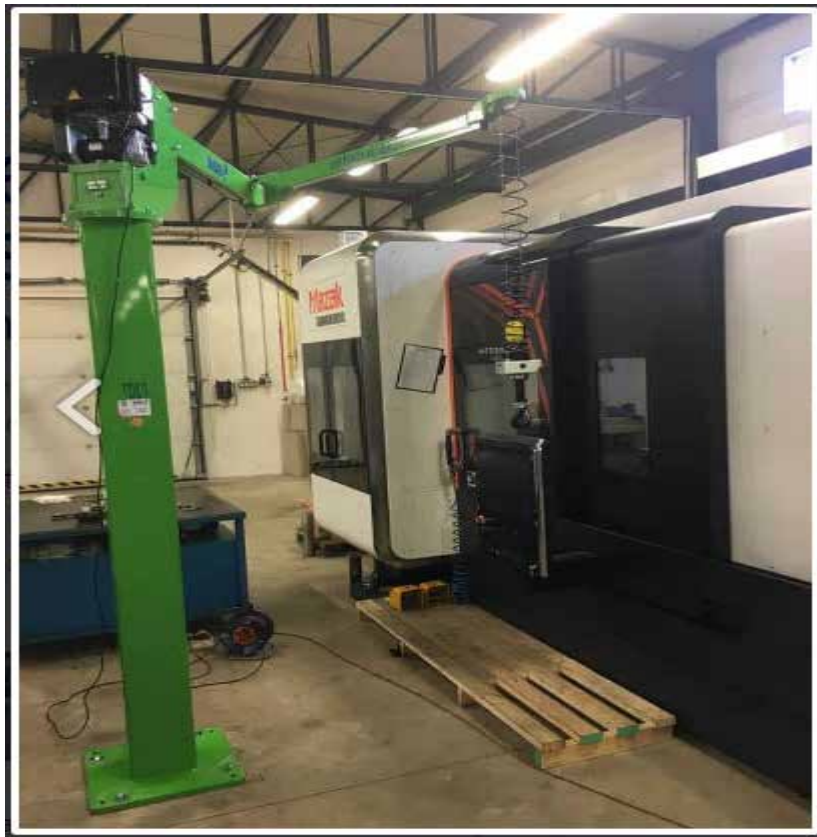


Figura 51: Liftronic Easy versión Column + Arm.

Fuente: [https://www.indevagroup.com/\(2.020\)](https://www.indevagroup.com/(2.020))

4.3 Diseñar un sistema de control automático para el transporte de producto terminado.

Memoria Descriptiva

En la Figura 52, se observa la ubicación de los dispositivos que influyen en el diseño del sistema autómatas para el proceso de flejado de bultos de cajas de cartón, a continuación, se describen los pasos del proceso:

- a) Al presionar un pulsador (S1), el sistema M1 de motor con freno y caja reductora se enciende, logrando de esta manera activar los rodillos de la plataforma de la máquina flejadora.

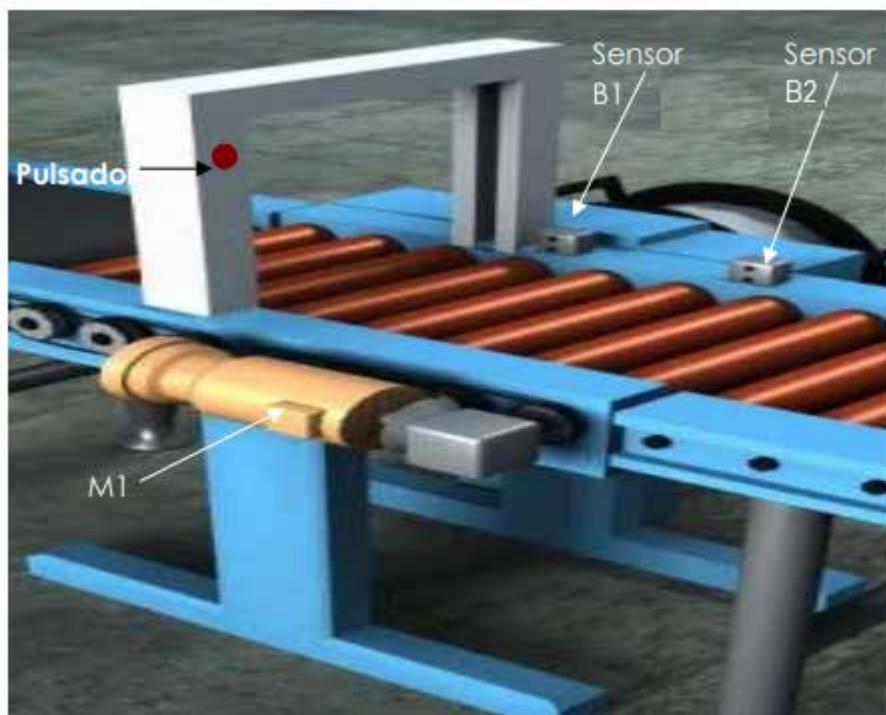


Figura 52: Ubicación de sensores.

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

- b) Al llegar el bulto a la máquina flejadora, comienza a desplazarse a través de ella hasta que su presencia sea detectada por un sensor B1 siendo éste quien

envía una señal al sistema M1 el cual debe detenerse gracias al freno del motor. Este sensor también envía una señal a un relé para que active todo el sistema de flejado y a un temporizador el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado. Bajo estas condiciones se efectúa el primer fleje del bulto. Luego de esto se desactiva el freno del motor para así permitir que el bulto siga desplazándose a través de la máquina.

- c) El bulto sigue su recorrido hasta que su presencia sea detectada por un sensor B2 siendo éste quien envía una señal al sistema M1 el cual debe detenerse nuevamente gracias al freno del motor. Este sensor también envía una señal a un relé para que active todo el sistema de flejado y a un temporizador el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado. Bajo estas condiciones se efectúa el segundo fleje del bulto. Luego de esto se desactiva el freno del motor para así permitir que el bulto siga desplazándose a través de la máquina hasta salir de ella.

4.3.1. Sistema automatizado

El sistema automatizado de la máquina, está compuesto por varios elementos, el elemento vital del conjunto es el PLC, debido a que ofrece muchas ventajas, entre ellas se tiene:

El sistema tendrá menos componentes, por lo que se utiliza menos cableado dando una mayor confiabilidad.

El número de conexiones se disminuye en gran medida, ya que el sistema solo dispondrá de sensores, interruptores, etc., encargados de monitorear las señales del PLC.

Al utilizar un PLC para controlar el proceso de flejado se obtiene mayor flexibilidad al momento de algún cambio en dicho proceso.

El mantenimiento del sistema se reduce y se vuelve menos complicado en comparación con un sistema sin PLC.

Se reduce el tiempo de ocio de la máquina, ya que garantiza un periodo de trabajo continuo. Al analizar las ventajas mencionadas que ofrece la selección de un PLC para el sistema automatizado, se infiere que el uso de dicho elemento traerá consigo, disminución de costos, confiabilidad, disminución del tiempo de ocio, flexibilidad, etc.

4.3.2. Selección de equipos

Sensores

En el presente sistema automatizado se van a utilizar sensores de barrera los cuales son capaces de detectar la presencia de los bultos de cajas de cartón, la selección de los distintos sensores se realiza gracias al catálogo de FESTO, a continuación, se presentan los sensores elegidos: El sensor de barrera de luz seleccionado es SOEG (Ver Anexo O) cumpliendo así las siguientes propiedades:

Construcción Redonda.

Alcance 20000mm.

Tensión de funcionamiento de 10 a 30V.

Lógica positiva.

Pulsador con enclavamiento.

En este caso para la selección del pulsador S1, se toma en cuenta como criterio encontrar un pulsador con un contacto normalmente abierto, que se pueda colocar fácilmente en un panel de control accesible al operario y que no tenga mucho tamaño, además se toma en cuenta que este pulsador funcione con un voltaje de alimentación de 24 VDC. De los catálogos del fabricante de interruptores y pulsadores APEM (Ver Anexo P), se seleccionó un pulsador cuyas de la serie IHS.

Programador lógico programable PLC.

El sistema de control de la flejadora se implementó con un P.L.C. Para hacer una selección aproximada en base a los datos con que se cuentan del mismo que son su número de entradas y salidas (3E/5S), se buscó un P.L.C. en los catálogos del fabricante FESTO C.A. (2.020) (ver Anexo Q₁); ya que estos son unos de los P.L.C. más

comerciales. En la Tabla 9 se muestran algunas de sus características (Ver Anexo Q₂).

4.3.3. Lista de direcciones

En la Tabla 10 se indica la funcionalidad y la dirección de cada elemento que compone el sistema automatizado.

Tabla 9: Hoja de datos del PLC seleccionado.

CARACTERISTICAS	PROPIEDADES
Tipo	CPX-L-8DE-8DA-16-KL-3POL
Número de entradas	8
Número de salidas	8
Alimentación	24 V, máx. 16 A

Fuente: FESTO (2.020)

Tabla 10: Lista de direcciones del autómata programable.

Simbolo	Elemento	Dirección	Función
S1	Pulsador	I0	Da la orden para que se active el sistema de motor con caja reductora
B1	Sensor	I1	Detecta la presencia de un bulto de cajas y activa el temporizador del PLC el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado.
B2	Sensor	I2	Detecta la presencia de un bulto de cajas y activa el temporizador del PLC el cual va a mantener el motor frenado durante el tiempo programado.
K1	Contactor	Q1	Envía una señal para que arranque el sistema de motor con caja reductora.
K2	Contactor	Q2	Envía una señal indicando que la caja fue detectada
K3	Contactor	Q3	Envía una señal indicando que la caja fue detectada

K4	Contactor	Q4	Envía una señal para que se active el freno de zapata que dispone motor.
K5	Contactor	Q5	Envía la señal para que se active el sistema de flejado de la máquina.

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

4.3.4. Diagrama de conexiones del PLC

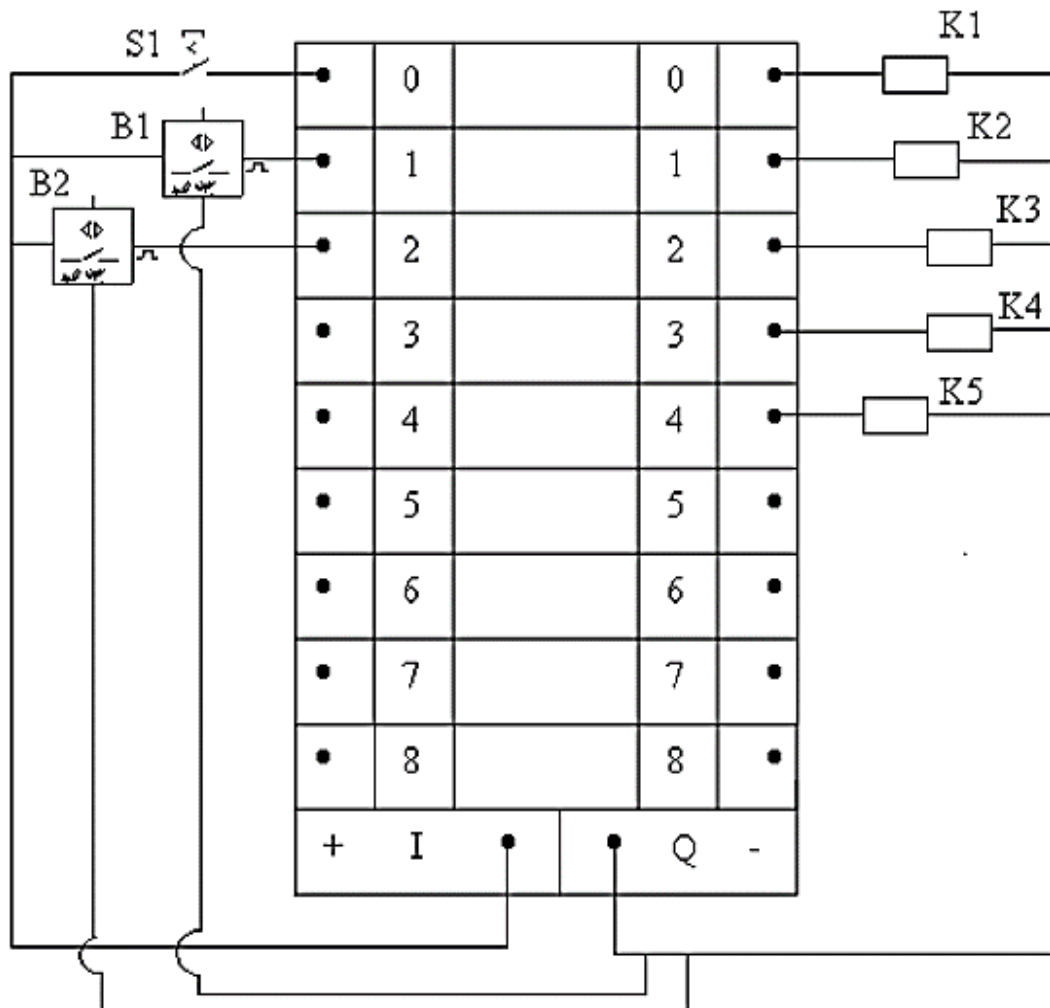


Figura 53: Diagrama de conexiones del PLC.

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

4.3.5 Diagrama escalera del PLC

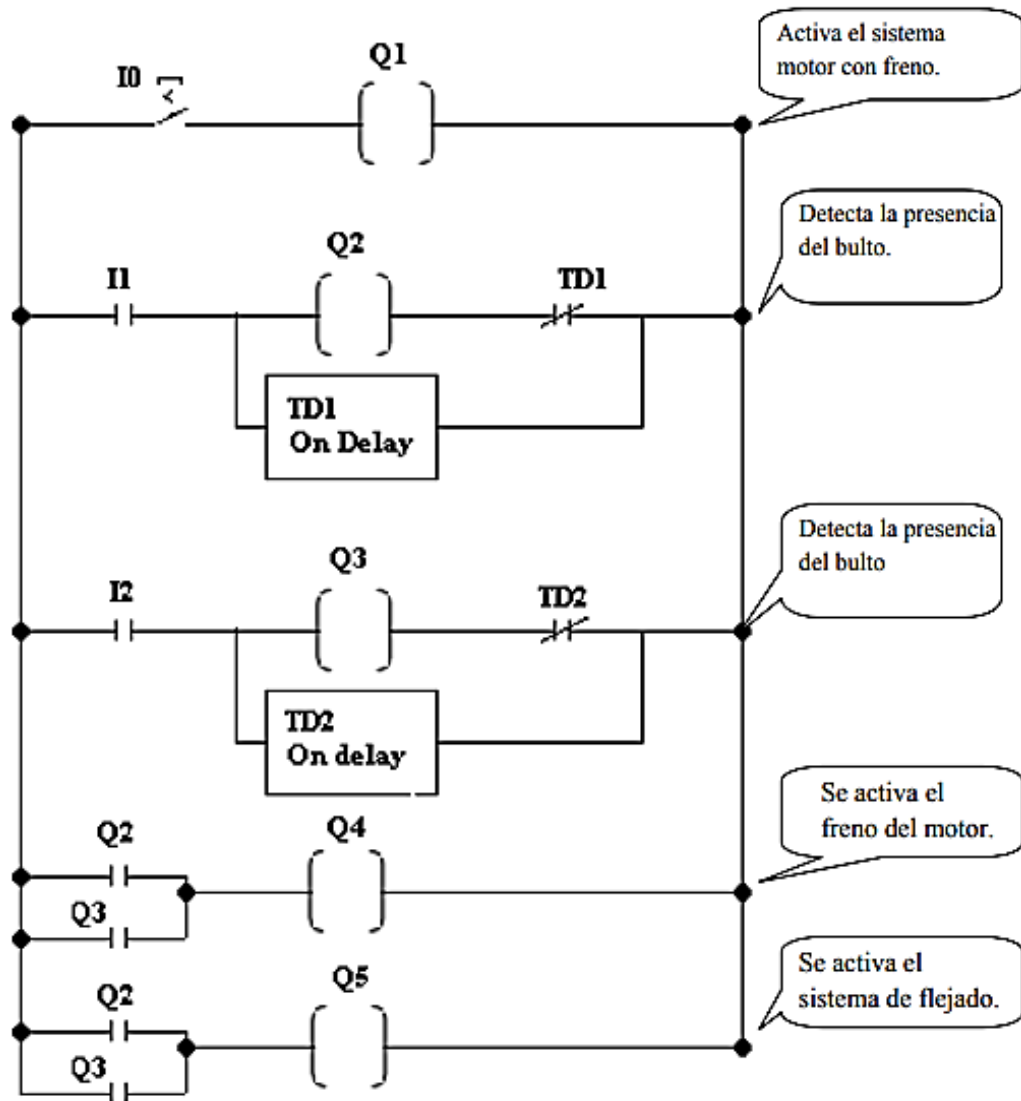


Figura 54: Diagrama escalera del PLC.

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021)

4.4 Análisis de rentabilidad del proyecto

El presente estudio económico es uno de los puntos de interés por parte de la empresa, por lo que requieren de un proyecto de gran factibilidad económica. El estudio

económico se realizará manejando el costo de adquisición de los equipos nuevos y el flujo monetario anual de un operador, para poder determinar o estimar el punto de la cancelación de la inversión inicial del proyecto. A continuación, se presentan los detalles de los aspectos antes descritos:

El costo de adquisición, se hizo por medio de la búsqueda de cotizaciones de los equipos y productos a utilizar en el proyecto.

La inversión inicial requerida(II), va a ser el costo total del proyecto por lo que se realizó la suma de todas las cotizaciones antes descritas. (Ver Tabla 11)

El flujo monetario (Ft), es el sueldo actual de un operador, costos por fabricación y mantenimiento.

El punto de cancelación, es el tiempo de pago requerido para que los flujos monetarios recuperen la inversión inicial a una tasa de rendimiento igual a cero, por lo que la empresa fijó un periodo de pago de 2 años. Como en la máquina flexográfica se realizan diferentes tipos de cajas, se tomó como referencia para el estudio económico la caja N° AR-0345.

Inversión inicial (II):

Para el cálculo de la inversión, se tomó en cuenta cada uno de los factores que representa una carga económica en el momento de la implementación del sistema diseñado, tales como elementos para la estructura, sistema de control, mano de obra e imprevistos.

Tabla 11: Inversión Inicial.

	Descripción	Unidad	Precio Unitario Dólares (\$)	Precio Total Dólares (\$)
1	Motorreductor con freno 0,75 HP. Marca Baldor	1	1.565,00	1.565,00
2	Motor de 1,5 Hp marca Baldor	1	1.565,00	1,565,00

3	Piñón RC-40 sencillo de 17 T	1	13,33	13,33
4	Piñón RC-40 sencillo de 23 T	1	16,67	16,67
5	Piñón RC-40 sencillo de 21 T	22	16,67	366,74
6	Cadena RC-40 sencilla	12	10,80	129,60
7	Lamina de acero 10x320x1200 mm	1	120,00	120,00
8	Lamina de acero 10x50x6000mm	1	90,00	90,00
9	Electrodos E-7018 1/8" 5/32 AM B-10	5	4,10	20,5
10	PLC FESTO CPX	1	65,08	65,08
11	Sensor de barrera de luz SOEG marca FESTO	2	47,29	95,58
12	Pulsador de accionamiento eléctrico	1	4,27	4,27
13	Fuente de poder Siemens 24 V DC	1	5,91	5,91
14	Banda transportadora	1	1540,00	1540,00
15	Transportador de rodillos por gravedad	1	1575,00	1575,00
16	Manipulador de cargas. Balanceador electrónico modelo LIFTRONIC EASY	1	9.032,72	9.032,72
17	Imprevistos (aprox. 10% costo de equipos.)	1		820,54
Sub Total				17.025,94
IVA 16%				2.724,15
Total				19.750,09

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021

Flujos monetarios:

El estudio se realizará en base al incremento de las ganancias generadas debido al aumento de la producción y a la reducción de mano de obra en la maquina flexográfica al implantar el sistema para el manejo de producto terminado.

Los Ingresos Brutos (IB) debido al incremento de la producción serán el resultado de la ganancia obtenida por el número de cajas producidas en un período de un año. El número de cajas producidas en un año será igual a:

Incremento de producción de la línea

Antes de implementar el sistema.

Tiempo de producción: 3 turnos de 8 horas cada uno.

Tiempo efectivo de producción (restando 80 minutos de almuerzo (se toma en cuenta una merma en la producción por cada operador), 45 min de ajuste de la línea (se realizan aproximadamente 3 ajustes por turno). Luego el tiempo efectivo = 355 min/turno

Tiempo de trabajo por año:

- Producción de cajas de cartón por año:

_____x _____

- Ingresos por año:

Los Costos asociados a la fabricación de la caja N° AR-0345:

- Carga fabril

- Salario anual de los operadores (Ver Anexo R, para la tasa del dólar)

- Mantenimiento mecánico:

Costos totales

Después de implementar el sistema:

Tiempo de producción: 3 turnos de 8 horas cada uno.

Tiempo efectivo de producción (restando 40 minutos de almuerzo (se toma en cuenta una merma en la producción por cada operador), 30 min de ajuste de la línea (se realizan aproximadamente 3 ajustes por turno). Luego el tiempo efectivo = 410 min/turno

Tiempo de trabajo por año:

Producción de cajas de cartón por año:

Ingresos por año:

Los Costos asociados a la fabricación de la caja N° AR-0345:

Carga fabril:

Salario anual de los operadores:

- Mantenimiento mecánico:

Costos totales

_____ + _____

Comparaciones antes y después de la implementación del sistema:

Antes de implementar el sistema

Ganancia neta:

Después de implementar el sistema

Ganancia neta:

Tasa de cambio oficial del BNC:3.045.129 Bs/\$

21.880,89 \$/año

Tiempo de Pago:

Mediante este modelo de evaluación se mide el tiempo, en años, requerido para que los flujos monetarios netos recuperen la inversión inicial a una tasa mínima de rendimiento igual a cero.

Tabla 12 Tiempo de pago

Año	Flujo Neto (Bs)	
0	19.750,09	-19.750,09
1		2.130,80

Fuente: Albarracín-Bolívar (2.021

De la tabla 12 se deduce que el tiempo de pago del sistema diseñado es menor a un año, ya que el flujo neto para el primer año es positivo, por lo tanto, el proyecto es rentable.

CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto se logra solventar una situación problemática que la empresa servicios de Cartoformas Venezolanas, C.A. ha planteado. Esto contempló las siguientes mejoras:

Para el proceso de manejo de materiales se diseñó un sistema basado en una banda transportadora y en camas de rodillos motorizados y no motorizados, capaces de trasladar el producto de manera eficiente y segura desde la salida de la máquina flexográfica hasta el final de la línea.

Para el proceso de flejado se motorizaron los rodillos presentes en la plataforma de la máquina flejadora para así permitir el traslado del bulto a través ella, todo este proceso además del fleje del bulto es controlado por medio de un Controlador Lógico Programable (PLC).

El empleo de un sistema para realizar el paletizado, garantiza seguridad en el ambiente de trabajo y además disminuye el tiempo empleado para este proceso.

En el proceso de paletizado se implementó un sistema que fue seleccionado considerando las ventajas que ofrecía; un sistema que permitirá al operador manipular las cajas sin ningún esfuerzo.

Mediante un estudio económico, se determinó que el proyecto del sistema automatizado para el manejo de producto terminado de una empresa fabricante de cajas de cartón corrugado es económicamente factible, además, el tiempo para recuperar la inversión inicial de \$ 19.750,09 (Bs. 6.014.157.100) es menor a los dos (2) años que se establecieron como meta por parte de la empresa.

RECOMENDACIONES

Como cualquier otro equipo electrónico el controlador lógico programable (PLC) necesita de un mantenimiento preventivo, es decir, debe estar protegido contra la humedad y contra cualquier vibración cercana.

Debe realizarse mantenimiento preventivo cada mes a todos los motores eléctricos de los transportadores a implementar.

Con respecto a la lubricación, deben incluirse todos los sistemas nuevos a la ruta de lubricación de la empresa. Para realizar la misma a las cajas reductoras, a las cadenas y a los rodamientos.

El cambio de proceso manual a automático, es recomendable que sea realizado en una parada de planta, debido a que deben efectuarse pruebas al sistema automático antes del arranque de la producción.

Estudiar la posibilidad de implementar equipos para el manejo y/o paletizado de cajas de cartón en las demás líneas de producción, basándose en el diseño mostrado en este trabajo y de esta manera aumentar la operatividad general de la planta y mejorar las condiciones de medio ambiente de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, P. (2.018) “**www.aie.com. <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/sistemas-de-control-automatico.pdf>**” [Último acceso: 11 diciembre de 2020].
- Alvarado, P. (2012) “**https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_transportadora**” [Último acceso: 11 diciembre de 2020].
- APEM-ERMEC-NUEVO-CATALOGO-GENERAL-DE-PULSADORES-INTERRUPTORES-APEM-big-blue-2011-12.pdf (2.021). “**www.apem.com**” [Último acceso: 23 mayo de 2021].
- Arias, F. (2016). “**El proyecto de investigación. Introducción a la Metodología Científica**” Caracas: Episteme.
- AWS Welding Handbook (2.012). Ninth Edition volume 2. Welding process, part 1. American Welding Society 550 N.W. LeJeune Road Miami, FL 33126.
- Barona, C. (2.014) “**Mejoramiento de la producción de una Planta Embotelladora de Cerveza Súper Línea de Cervecería**”, Trabajo especial de grado, departamento académico de graduación, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Bostwick y Kyte (2.006). “**Metodología de la Investigación**”. McGraw-Hill.
- Bracho, J. (2.012), “**Rediseño del sistema de transportación del paletizador de la línea de salsas negras “merge” de la empresa ALIMENTOS HEINZ C.A.**”, Trabajo especial de grado, de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad José Antonio Páez, San Diego, Carabobo, Venezuela.
- Cross+Morse (1984). “**Cadenas de Rodillos Standard**”. Great Barr, Birmingham, EE.UU.
- Díaz, G. (2.017). “**www.wikipedia.com, Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable**” [Último acceso: 22 marzo de 2020].

- Fernández, C.; Lucio, P.B. y Sampieri, R.H. (2.006). **“Metodología de la Investigación”**, McGraw Hill.
- Gómez, Ezequiel y Rachadell Félix. (2.002). Manejo de Materiales (1ra edición). Valencia, Venezuela. Editorial Universidad de Carabobo.
- Grimes, E. (2.006). **“Design of a Bottling Line Mechanism”**, Trabajo especial de grado, departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, Estados Unidos.
- Gutiérrez, S. (2.017). **“www.permigsa.com. Disponible: <https://pemigsa.com.mx/tipos-bandas-transportadoras>”**, [Último acceso: 15 abril de 2020].
- INDEVA (2.020). **“Intelligent Devices for Handling”**. <https://www.indevagroup.com/> [En línea]. Disponible [Último acceso: 21 mayo de 2.021].
- Intralox S.A, (2.014). **“Manual de Ingeniería de las Bandas Transportadoras Intralox”**, Primera edición, Plantation Road New Orleans, Estados Unidos.
- Lugo R. J. (2.017). **“Semiautomatizado de la línea de producción número 5 para el empacado en cajas de cartón para envases de galón de producto terminado de la empresa Alimentos Berrios ALBECA, C.A.”** Trabajo especial de grado, de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad José Antonio Páez, San Diego, Carabobo, Venezuela.
- Mecafenix, F. (2.018). **“www.ingmecafenix.com [En línea]. Disponible: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-optico>”**/ [Último acceso: 21 abril de 2021].
- Metzger, A., Konyukhov, A., and Schweizerhof, K (2.011). **“Finite Element implementation for the EULER-EYTELWEIN-problem and further use in FEM-simulation of common nautical knots”**. Institute of Mechanics, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Otto-Ammann-Platz 9, 76131 Karlsruhe, Germany
- McGuire, P. (2.010). **“Conveyors, Applications, Selection and Integration”**, Primera Edición, Boca Raton, Florida, Estados Unidos CRC Press.

- Mecalux (2.021). **“Puente Grúa Monorrail”**. <https://www.logismarket.es/> [Último acceso: 2 de abril de 2021].
- Mott, R. (2.006). **“Diseño de elementos de Máquina”**, Cuarta edición, Ciudad de México, México, Pearson Education.
- Muñoz y Lagos, (2.013). **“Diseño Cinta Transportadora Intralox para Pesquera Bahía Caldera S.A.”**, Trabajo especial de grado, departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile.
- Norton, R. (1.999). **“Diseño de Máquinas”**. Editorial PRENTICE HALL, Primera Edición México 1.999.
- Osvaldo C. y Ciro H. (2.015). **“ Diseño de un Dispositivo para el Transporte y Almacenamiento de Envases de Plástico en la Línea de Producción de una Empresa”**, Trabajo especial de grado, departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Pizzella, Giovanni (2.006), **“Apuntes de Elementos de Máquinas”**. Universidad José Antonio Páez. Disponible en: <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B2NkT3VSzNzYk1fbXFCbFE>. AsUV-
- Pytel A,-Singer F. (2.008), **“Resistencia de Materiales”**. Alfa Omega grupo Editor Octava Reimpresión de la 4ta. Edición. Oxford University Press, New York.
- Rodríguez, H. (2016) **“www.Ingemecanica.com, [En línea]. Disponible: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html”**[Último acceso: 14 diciembre de 2020].
- RULLI RULMECA S.p.a (2.010). **“Bulk Handling, Rodillos y Componentes para el transporte por banda”**. Via A. Toscanini, 1. 24011 ALME (BG) Italy.
- Standars and Publications, (2.014). **“www.astm.org. [En línea]. Disponible: https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL /D1505-03-SP.htm”** [Último acceso: 14 de marzo de 2021].
- Velázquez, A. (2.017) **“www.progressalean.com. [En línea]. Disponible: https://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa.”** [Último acceso: 3 de Abril de 2021].

- Vilchez, Nelson (2.002). **“Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico”**, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela,
- Walker, T. (2.015). **“Cintas transportadoras con estructura de tejido Guía de Ingeniería”**, Primera edición, Reinach, Suiza.
- Tassoni, D. y Pizzella, G. (2006), **“Elementos de Máquina”**. Ediciones Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Tecnoco (2.021). **“Sistemas de manipulación de cargas”**. <https://manipulacion-ergonomica.tecnoco.com.mx/manipuladores-por-vacio>. [Último acceso: 3 de Abril de 2021].

ANEXOS

ANEXO A

Tamaño dimensiones máximas		Banda ancho mín mm	velocidad max			
uniforme hasta mm	misto hasta mm		A m/s	B	C	D
50	100	400	2.5	2.3	2	1.65
75	150	500				
125	200	650	3	2.75	2.38	2
170	300	800	3.5	3.2	2.75	2.35
250	400	1000	4	3.65	3.15	2.65
350	500	1200				
400	600	1400	4.5	4	3.5	3
450	650	1600				
500	700	1800	5	4.5	3.5	3
550	750	2000				
600	800	2200	6	5	4.5	4

A - materiales ligeros deslizables, no abrasivos, peso específico de 0,5÷1,0 t/m³ **C** - materiales medianamente abrasivos y pesados, peso específico de 1,5÷2 t/m³
B - materiales no abrasivos de tamaño medio, peso específico de 1,0÷1,5 t/m³ **D** - materiales abrasivos, pesados y cortantes > 2 t/m³

Anexo A: Velocidades máximas recomendadas

Fuente: RULMECA (2010)

Anexo B:
Tablas y gráficos para la
selección de cadenas

Anexo B.1

TABLA DE FACTORES DE SERVICIO

Es aconsejable al calcular un mando a cadena, tener en cuenta la tabla de factores de servicio siguiente:

Condiciones de Trabajo	Motor Eléctrico		Motor Diesel	
	8 - 10 hs.	24 hs.	8 - 10 hs.	24 hs.
Uniforme	1,00	1,25	1,25	1,50
Semi Pesado	1,25	1,50	1,50	1,75
Pesado	1,50	1,75	1,75	2,00

Tabla 3-1: Factor de servicio para cadenas según normas BS

Características del Impulsor

Características de la Máquina impulsada			
	Motores eléctricos Turbinas a vapor o a gas, motores de combustión interna con acoplamiento hidráulico	Motores de combustión multicilíndricos y acoplamiento mecánico. Motores eléctricos con arranques frecuentes	Motores de combustión mono cilíndricos o del golpeteo moderado y acoplamiento mecánico
Máquinas de carga constante			

Máquinas de carga no constante (cargas moderadas)			
Máquinas de funcionamiento disperejo (carga de impacto o trabajo pesado)			

--	--	--	--

Anexo B. 2

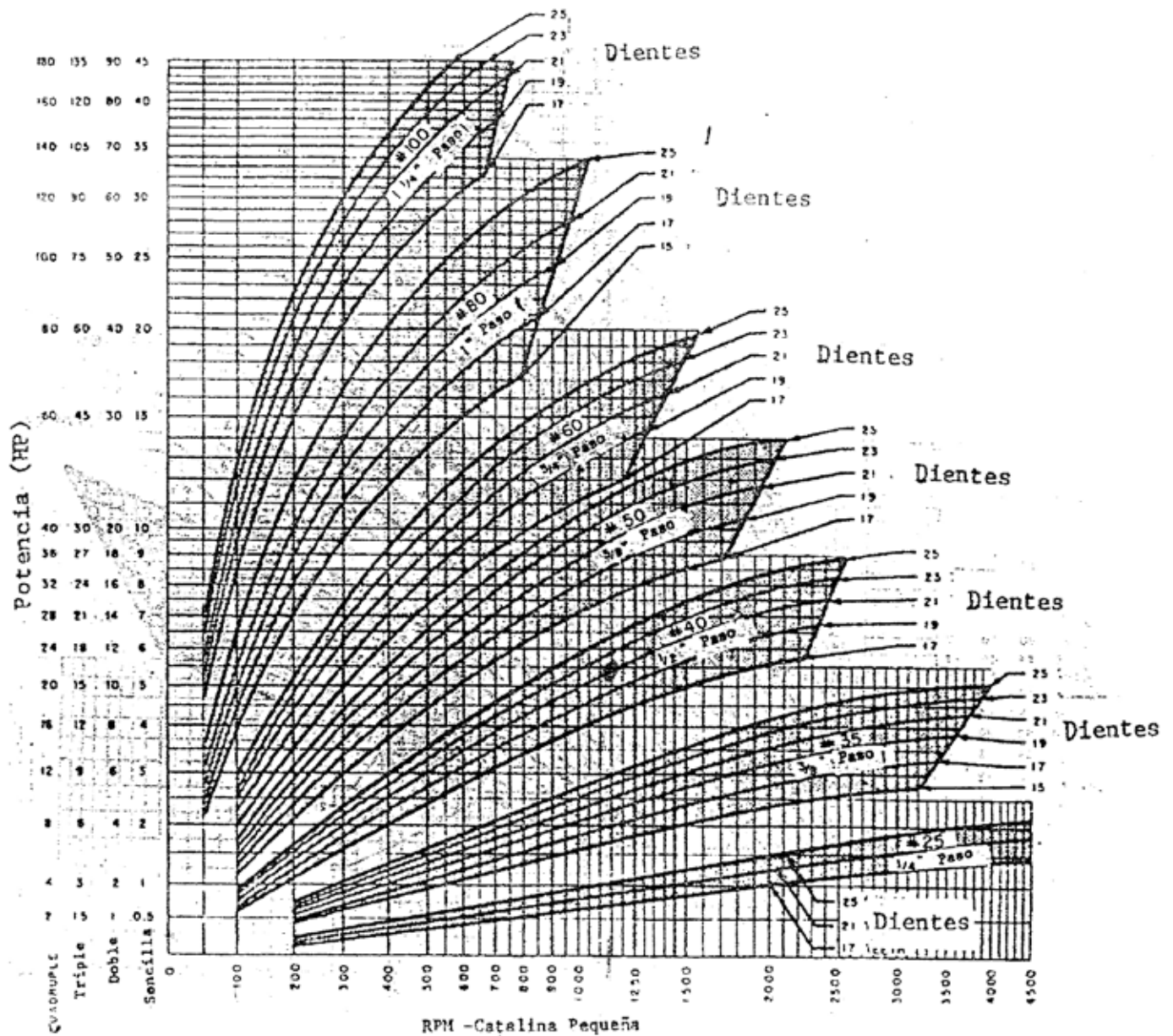


GRAFICO 3.1

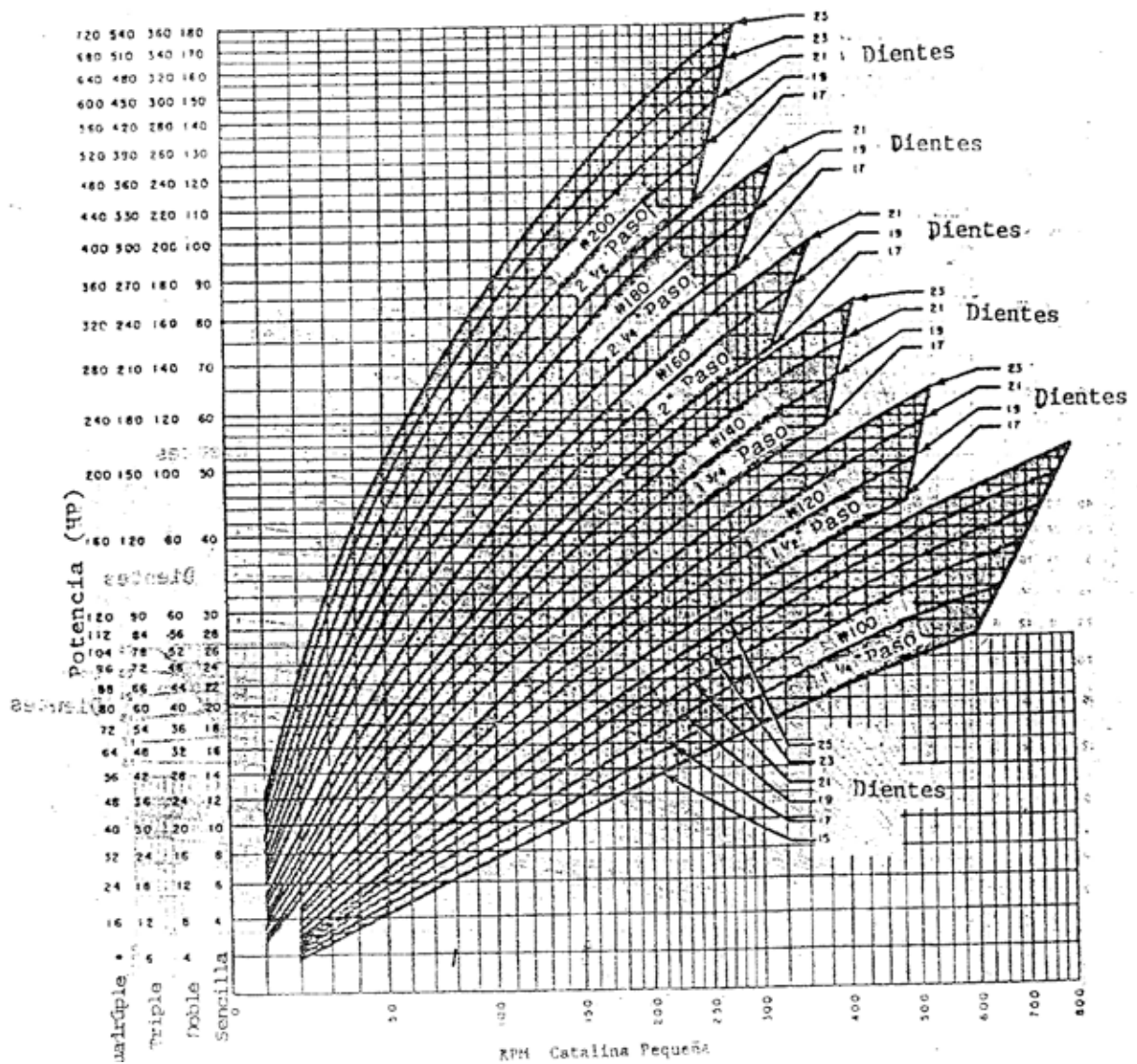


GRAFICO 3.1 Cont.

Anexo B. 3

page

A-18

MORSE



stock roller chain drive selection

selection of stock roller chain drives

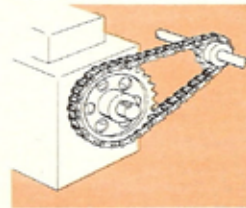
1. Determine the R.P.M. and diameter of the high speed shaft.
2. Determine the total H.P. to be transmitted after reference to the Table of Service Factors on A-19.
3. Select the chain pitch and number of teeth in the small sprocket from the Horsepower Rating Tables.
 - a. Be sure the small sprocket will accommodate the high speed shaft diameter.
 - b. If the high speed shaft diameter exceeds the maximum bore in the selected small sprocket it will be necessary either to increase the number of teeth in the sprocket or select the next larger pitch chain.
4. Determine the required ratio:

$$\frac{\text{RPM high speed shaft}}{\text{RPM slow speed shaft}} = \text{Ratio}$$
5. Multiply the number of teeth in the small sprocket by the ratio to obtain the number of teeth in the large sprocket. If a sprocket with the correct number of teeth is not listed, refer to the table, "Ratios Possible with Stock Sprockets" for the closest combination.

GENERAL RECOMMENDATIONS ON SPROCKET SIZES

Unless speeds are low it is not advisable to use less than 16 teeth in the smaller sprocket. When ratios are low, relatively large sprockets may be used, giving less chain pull, lower bearing loads and less joint articulation. If, on the other hand, ratios and speeds are high, it may be necessary to use a relatively small number of teeth in the high-speed sprocket.

Ratios over 7:1 are generally not recommended for single width roller chain drives. Very slow speed drives (10 to 100 RPM) are often practicable with as few as 9 or 10 teeth in the small sprocket, allowing ratios up to 12:1. In all cases where ratios exceed 5:1, the designer should consider the possibility of using compound drives to obtain maximum service life.



RATIOS POSSIBLE WITH MORSE STOCK SPROCKETS

Number of Teeth — Driver Sprocket

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
9	1.00																	
10	1.11	1.00																
11	1.22	1.10	1.00															
12	1.33	1.20	1.09	1.00														
13	1.44	1.30	1.18	1.08	1.00													
14	1.56	1.40	1.27	1.17	1.08	1.00												
15	1.67	1.50	1.36	1.25	1.15	1.07	1.00											
16	1.78	1.60	1.45	1.33	1.23	1.14	1.07	1.00										
17	1.89	1.70	1.55	1.42	1.31	1.21	1.13	1.06	1.00									
18	2.00	1.80	1.64	1.50	1.38	1.29	1.20	1.13	1.06	1.00								
19	2.11	1.90	1.73	1.58	1.46	1.36	1.27	1.19	1.12	1.06	1.00							
20	2.22	2.00	1.82	1.67	1.54	1.43	1.33	1.25	1.18	1.11	1.05	1.00						
21	2.33	2.10	1.91	1.75	1.61	1.50	1.40	1.31	1.23	1.17	1.10	1.05	1.00					
22	2.44	2.20	2.00	1.83	1.69	1.57	1.47	1.38	1.29	1.22	1.16	1.10	1.05	1.00				
23	2.56	2.30	2.09	1.92	1.77	1.64	1.53	1.44	1.35	1.28	1.21	1.15	1.10	1.05	1.00			
24	2.67	2.40	2.18	2.00	1.85	1.71	1.60	1.50	1.41	1.33	1.26	1.20	1.14	1.09	1.04	1.00		
25	2.78	2.50	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67	1.56	1.47	1.39	1.32	1.25	1.19	1.14	1.09	1.04	1.00	
26	2.89	2.60	2.36	2.17	2.00	1.86	1.73	1.63	1.53	1.44	1.37	1.30	1.24	1.18	1.13	1.08	1.04	1.00
28	3.11	2.80	2.54	2.33	2.15	2.00	1.87	1.75	1.65	1.56	1.48	1.40	1.33	1.27	1.22	1.16	1.12	1.08
30	3.33	3.00	2.73	2.50	2.31	2.14	2.00	1.88	1.76	1.67	1.58	1.50	1.43	1.36	1.30	1.25	1.20	1.15
32	3.56	3.20	2.91	2.67	2.46	2.28	2.13	2.00	1.88	1.78	1.68	1.60	1.52	1.45	1.39	1.33	1.28	1.23
35	3.89	3.50	3.18	2.92	2.69	2.50	2.33	2.19	2.06	1.94	1.84	1.75	1.67	1.59	1.52	1.46	1.40	1.34
36	4.00	3.60	3.27	3.00	2.77	2.57	2.40	2.25	2.12	2.00	1.89	1.80	1.72	1.64	1.56	1.50	1.44	1.38
40	4.44	4.00	3.64	3.33	3.08	2.86	2.67	2.50	2.35	2.22	2.10	2.00	1.90	1.82	1.74	1.67	1.60	1.54
42	4.67	4.20	3.82	3.50	3.23	3.00	2.80	2.62	2.47	2.33	2.21	2.10	2.00	1.91	1.83	1.75	1.68	1.63
45	5.00	4.50	4.09	3.75	3.46	3.21	3.00	2.81	2.65	2.50	2.37	2.25	2.14	2.04	1.96	1.88	1.80	1.73
48	5.33	4.80	4.36	4.00	3.69	3.43	3.20	3.00	2.82	2.67	2.52	2.40	2.28	2.18	2.10	2.00	1.92	1.84
54	6.00	5.40	4.91	4.50	4.15	3.86	3.60	3.38	3.18	3.00	2.84	2.70	2.57	2.45	2.35	2.25	2.16	2.07
60	6.67	6.00	5.45	5.00	4.62	4.29	4.00	3.75	3.53	3.33	3.16	3.00	2.86	2.72	2.60	2.50	2.40	2.30
70	7.77	7.00	6.36	5.83	5.38	5.00	4.67	4.38	4.12	3.89	3.68	3.50	3.33	3.18	3.05	2.92	2.80	2.69
72			6.55	6.00	5.55	5.14	4.80	4.50	4.24	4.00	3.79	3.60	3.43	3.27	3.13	3.00	2.88	2.77
80			7.27	6.67	6.15	5.71	5.33	5.00	4.70	4.44	4.21	4.00	3.81	3.63	3.48	3.34	3.20	3.07
84					6.46	6.00	5.60	5.25	4.94	4.67	4.42	4.20	4.00	3.82	3.66	3.50	3.36	3.23
96					7.38	6.85	6.40	6.00	5.64	5.34	5.05	4.80	4.57	4.36	4.17	4.00	3.84	3.69
112								7.00	6.59	6.23	5.89	5.60	5.33	5.08	4.87	4.67	4.48	4.30

A service factor is applied to the horsepower ratings for other than normal duty drives taking into consideration source of power, nature of the load and load inertia strain or shock. Average hours per day of continuous service should also be considered. Normal duty drives are those with relatively little shock or load variation. When in doubt about the correct service factor consult Morse Chain Co.

service factors

Type of Load	Int. Comb. Eng. Hydraulic Drive	Elect. Motor or Turbine	Int. Comb. Eng. Mechanical Drive
Smooth	1.0	1.0	1.2
Moderate Shock	1.2	1.3	1.4
Heavy Shock	1.4	1.5	1.7

These operating characteristics may be divided into three classifications listed below:

Smooth: Running load is fairly uniform. Starting and peak loads may be somewhat greater than running load, but occur infrequently.

Moderate Shock: Running load is variable. Starting and peak loads are considerably greater than running load and occur frequently.

Heavy Shock: Starting loads are extremely heavy. Peak loads and overloads occur continuously and are of maximum fluctuation.

The following list generally classifies the usual driven mechanisms into their various duty ratings. These ratings are given as a guide to assist in the final determination of the actual operating characteristics.

Agitators, Paddles or Propeller Smooth
 Bakery Machinery Moderate Shock
 Brick and Clay Machinery Heavy Shock
 Centrifuges Heavy Shock
 Compressors:
 Centrifugal and Rotary Moderate Shock
 Conveyors:
 Apron, Bucket, Elevator, Pan Heavy Shock
 Belt Smooth
 Flight, Screw Heavy Shock
 Cotton Oil Plants Heavy Shock
 Cranes Moderate to Heavy Shock
 Crushing Machinery Heavy Shock
 Fans and Blowers:
 Centrifugal, Exhausters Moderate Shock
 Induced Draft Moderate Shock
 Mine Fans, Positive Blowers Heavy Shock
 Propeller Heavy Shock

Flour, Feed or Cereal Mill Machinery:
 Bolters, Purifiers, Reels, Separators, Sifters Moderate Shock
 Roller Mills, Grinders Heavy Shock
 Generators and Exciters Moderate Shock
 Laundry Machinery Moderate Shock
 Mills Heavy Shock
 Paper Machinery:
 Agitators, Calenders, Dryers, Jordan Engines, Paper Machines Moderate Shock
 Beaters, Chippers, Nash Pumps, Washers, Winder Drums, Yankee Dryers Heavy Shock
 Printing Machinery Moderate Shock
 Pumps:
 Centrifugal, Gear, Rotary Moderate Shock
 Dredge, Duplex, Triplex Heavy Shock
 Rubber Plant Machinery Heavy Shock
 Textile Machinery Smooth

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 25 — 1/4" PITCH

No. of Teeth Small Sprocket	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																	
	100	500	900	1200	1800	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500
11	0.054	0.23	0.39	0.50	0.73	0.98	1.15	1.32	1.42	1.19	1.01	0.88	0.77	0.68	0.61	0.55	0.50	0.46
12	0.059	0.25	0.43	0.55	0.80	1.07	1.26	1.45	1.62	1.36	1.16	1.00	0.88	0.78	0.70	0.63	0.57	0.52
13	0.064	0.27	0.47	0.60	0.87	1.17	1.38	1.58	1.78	1.53	1.30	1.13	0.99	0.88	0.79	0.71	0.64	0.59
14	0.070	0.30	0.50	0.65	0.94	1.27	1.49	1.71	1.93	1.71	1.46	1.26	1.11	0.98	0.88	0.79	0.72	0.66
15	0.075	0.32	0.54	0.70	1.01	1.36	1.61	1.85	2.08	1.89	1.62	1.40	1.23	1.09	0.98	0.88	0.80	0.73
16	0.081	0.34	0.58	0.75	1.09	1.46	1.72	1.98	2.23	2.08	1.78	1.54	1.35	1.20	1.07	0.97	0.88	0.80
17	0.086	0.37	0.62	0.81	1.16	1.56	1.84	2.11	2.38	2.28	1.95	1.69	1.48	1.31	1.18	1.05	0.96	0.88
18	0.092	0.39	0.66	0.86	1.23	1.65	1.95	2.25	2.53	2.49	2.12	1.84	1.62	1.43	1.28	1.16	1.05	0.96
19	0.097	0.41	0.70	0.91	1.31	1.76	2.07	2.38	2.69	2.70	2.30	2.00	1.75	1.55	1.39	1.25	1.14	1.04
20	0.103	0.44	0.74	0.96	1.38	1.86	2.19	2.52	2.84	2.91	2.49	2.16	1.89	1.68	1.50	1.35	1.23	1.12
21	0.108	0.46	0.78	1.01	1.46	1.96	2.31	2.65	2.99	3.13	2.68	2.32	2.04	1.80	1.61	1.46	1.32	1.21
22	0.114	0.48	0.82	1.06	1.53	2.06	2.43	2.79	3.15	3.36	2.87	2.49	2.18	1.93	1.73	1.56	1.42	1.29
23	0.119	0.51	0.86	1.12	1.61	2.16	2.55	2.93	3.30	3.59	3.07	2.66	2.33	2.07	1.85	1.67	1.51	1.38
24	0.125	0.53	0.90	1.17	1.69	2.26	2.67	3.07	3.46	3.83	3.27	2.83	2.48	2.20	1.97	1.78	1.61	1.47
25	0.131	0.56	0.94	1.22	1.76	2.37	2.79	3.20	3.61	4.02	3.48	3.01	2.64	2.34	2.10	1.89	1.72	1.57
28	0.148	0.63	1.07	1.38	1.99	2.67	3.15	3.62	4.08	4.54	4.12	3.57	3.13	2.78	2.49	2.24	2.04	1.86
30	0.159	0.68	1.15	1.49	2.14	2.88	3.39	3.90	4.40	4.89	4.57	3.96	3.47	3.08	2.76	2.49	2.26	2.06
32	0.170	0.73	1.23	1.60	2.30	3.09	3.64	4.18	4.71	5.24	5.03	4.36	3.83	3.39	3.04	2.74	2.49	2.27
35	0.188	0.80	1.36	1.76	2.53	3.40	4.01	4.61	5.19	5.78	5.76	4.99	4.38	3.88	3.48	3.13	2.85	2.60
40	0.217	0.92	1.57	2.03	2.93	3.93	4.63	5.32	6.00	6.67	7.04	6.10	5.35	4.75	4.25	3.83	3.48	3.17
45	0.246	1.05	1.78	2.31	3.32	4.46	5.26	6.04	6.81	7.58	8.33	7.28	6.39	5.66	5.07	4.57	4.15	3.79
50	0.276	1.18	1.99	2.58	3.72	5.00	5.89	6.77	7.64	8.49	9.33	8.52	7.48	6.63	5.93	5.35	4.86	4.44
55	0.306	1.30	2.21	2.86	4.12	5.54	6.53	7.51	8.46	9.41	10.3	9.83	8.63	7.65	6.85	6.17	5.60	5.12
60	0.336	1.43	2.43	3.15	4.53	6.09	7.18	8.25	9.30	10.3	11.3	11.2	9.83	8.72	7.80	7.03	6.38	5.83

TYPE I Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (500 fpm max. chain speed)
 TYPE II Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (2500 fpm max.)
 TYPE III Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (3500 fpm max.)
 TYPE IV Oil Stream. Oil supplied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

For Multi-Strand Chain use:

No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

The limiting RPM for each lubrication type is read from the column to the right of the boundary line shown.

The ratings on this page are in accordance with the standards of the Association of Roller and Silent Chain Manufacturers, Copyright 1960.

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 35 — $\frac{3}{8}$ " PITCH

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																		
	100	500	900	1200	1800	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000
11	Type I	1.32	1.72	2.47	3.32	2.93	2.32	1.90	1.59	1.36	1.18	1.04	0.92	0.82	0.74	0.67	0.61	0.56	0.48
12	0.18	0.78	1.45	1.89	2.72	3.65	3.35	2.66	2.17	1.82	1.56	1.35	1.18	1.05	0.94	0.85	0.77	0.70	0.64
13	0.22	0.93	1.59	2.05	2.96	3.98	3.76	2.99	2.45	2.05	1.75	1.52	1.33	1.18	1.06	0.95	0.86	0.79	0.72
14	0.24	1.01	1.72	2.23	3.21	4.31	4.21	3.34	2.73	2.29	1.96	1.70	1.49	1.32	1.18	1.06	0.97	0.88	0.81
15	0.26	1.09	1.85	2.40	3.45	4.64	4.66	3.70	3.03	2.54	2.17	1.88	1.65	1.46	1.31	1.18	1.07	0.98	0.90
16	0.27	1.17	1.98	2.57	3.70	4.98	5.14	4.08	3.34	2.80	2.39	2.07	1.82	1.61	1.44	1.30	1.18	1.08	0.99
17	0.29	1.25	2.12	2.75	3.95	5.31	5.63	4.47	3.66	3.06	2.62	2.27	1.99	1.77	1.58	1.42	1.29	1.18	1.08
18	0.31	1.33	2.25	2.92	4.20	5.65	6.13	4.87	3.98	3.34	2.85	2.47	2.17	1.92	1.72	1.55	1.41	1.29	1.18
19	0.33	1.41	2.39	3.10	4.46	5.99	6.65	5.28	4.32	3.62	3.09	2.68	2.35	2.09	1.87	1.68	1.53	1.39	1.28
20	0.35	1.49	2.53	3.27	4.71	6.33	7.18	5.70	4.67	3.91	3.34	2.90	2.54	2.25	2.02	1.82	1.65	1.51	1.38
21	0.37	1.57	2.66	3.45	4.97	6.68	7.73	6.13	5.02	4.21	3.59	3.11	2.73	2.42	2.17	1.96	1.77	1.62	1.49
22	0.39	1.65	2.80	3.63	5.22	7.02	8.27	6.58	5.38	4.51	3.85	3.34	2.93	2.60	2.33	2.10	1.90	1.74	1.60
23	0.41	1.73	2.94	3.81	5.48	7.37	8.68	7.03	5.75	4.82	4.12	3.57	3.13	2.78	2.49	2.24	2.03	1.86	1.71
24	0.43	1.81	3.08	3.98	5.74	7.71	9.09	7.49	6.13	5.14	4.39	3.80	3.34	2.96	2.65	2.39	2.17	1.98	1.82
25	0.44	1.89	3.21	4.16	6.00	8.06	9.50	7.97	6.52	5.47	4.67	4.05	3.55	3.15	2.82	2.54	2.31	2.11	1.93
28	0.50	2.14	3.63	4.71	6.78	9.11	10.7	9.44	7.73	6.48	5.53	4.80	4.21	3.73	3.34	3.01	2.73	2.50	2.29
30	0.54	2.31	3.91	5.07	7.30	9.81	11.6	10.5	8.57	7.18	6.14	5.32	4.67	4.14	3.70	3.34	3.03	2.77	2.54
32	0.58	2.47	4.20	5.44	7.83	10.5	12.4	11.5	9.44	7.91	6.76	5.86	5.14	4.56	4.08	3.68	3.34	3.05	2.80
35	0.64	2.72	4.62	5.99	8.63	11.6	13.7	13.2	10.8	9.06	7.73	6.70	5.88	5.22	4.67	4.21	3.82	3.49	3.20
40	0.74	3.15	5.34	6.92	9.96	13.4	15.8	16.1	13.2	11.1	9.45	8.19	7.19	6.37	5.70	5.14	4.67	0	0
45	0.84	3.57	6.06	7.85	11.3	15.2	17.9	19.2	15.8	13.2	11.3	9.77	8.57	7.60	6.80	6.14	0	0	0
50	0.94	4.00	6.79	8.80	12.7	17.0	20.1	22.5	18.5	15.5	13.2	11.4	10.0	8.91	0	0	0	0	0
55	1.04	4.44	7.53	9.76	14.1	18.9	22.3	25.6	21.3	17.8	15.2	13.2	11.6	0	0	0	0	0	0
60	1.15	4.88	8.27	10.7	15.4	20.7	24.4	28.1	24.2	20.3	17.4	0	0	0	0	0	0	0	0

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (370 fpm max. chain speed)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (1700 fpm max.)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (2800 fpm max.)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil applied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 40 — $\frac{1}{2}$ " PITCH

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																		
	50	200	400	600	900	1200	1800	2400	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000
11	Type I Lubrication	1.50	2.16	3.11	4.03	4.66	3.03	2.17	1.72	1.41	1.18	1.01	0.87	0.77	0.68	0.61	0.55	0.50	0
12	0.23	0.80	1.65	2.37	3.42	4.43	5.31	3.45	2.47	1.96	1.60	1.34	1.15	1.00	0.87	0.77	0.69	0.62	0.57
13	0.28	0.96	1.80	2.59	3.73	4.83	5.99	3.89	2.79	2.21	1.81	1.52	1.29	1.12	0.98	0.87	0.78	0.70	0.64
14	0.30	1.04	1.95	2.80	4.04	5.23	6.70	4.35	3.11	2.47	2.02	1.69	1.45	1.25	1.10	0.98	0.87	0.79	0.71
15	0.32	1.12	2.10	3.02	4.35	5.64	7.43	4.82	3.45	2.74	2.24	1.88	1.60	1.39	1.22	1.08	0.97	0.87	0
16	0.35	1.20	2.25	3.24	4.66	6.04	8.18	5.31	3.80	3.02	2.47	2.07	1.77	1.53	1.34	1.19	1.07	0.96	0
17	0.37	1.29	2.40	3.45	4.98	6.45	8.96	5.82	4.17	3.31	2.71	2.27	1.94	1.68	1.47	1.31	1.17	1.05	0
18	0.39	1.37	2.55	3.68	5.30	6.86	9.76	6.34	4.54	3.60	2.95	2.47	2.11	1.83	1.60	1.42	1.27	1.15	0
19	0.42	1.45	2.71	3.90	5.62	7.27	10.5	6.88	4.92	3.91	3.20	2.68	2.29	1.98	1.74	1.54	1.38	1.25	0
20	0.44	1.53	2.86	4.12	5.94	7.69	11.1	7.43	5.31	4.22	3.45	2.89	2.47	2.14	1.88	1.67	1.49	1.34	0
21	0.46	1.62	3.02	4.34	6.26	8.11	11.7	7.99	5.72	4.54	3.71	3.11	2.66	2.30	2.02	1.79	1.60	1.45	0
22	0.49	1.70	3.17	4.57	6.58	8.52	12.3	8.57	6.13	4.87	3.98	3.34	2.85	2.47	2.17	1.92	1.72	1.57	0
23	0.51	1.78	3.33	4.79	6.90	8.94	12.9	9.16	6.55	5.20	4.26	3.57	3.05	2.64	2.32	2.06	1.84	1.64	0
24	0.54	1.87	3.48	5.02	7.23	9.36	13.5	9.76	6.99	5.54	4.54	3.80	3.25	2.81	2.47	2.19	1.96	1.74	0
25	0.56	1.95	3.64	5.24	7.55	9.78	14.1	10.4	7.43	5.89	4.82	4.04	3.45	2.99	2.63	2.33	2.06	1.84	0
28	0.63	2.20	4.11	5.93	8.54	11.1	15.9	12.3	8.80	6.99	5.72	4.79	4.09	3.55	3.11	2.76	2.46	2.19	0
30	0.68	2.38	4.43	6.38	9.20	11.9	17.2	13.6	9.76	7.75	6.34	5.31	4.54	3.93	3.45	3.05	2.70	2.39	0
32	0.73	2.55	4.75	6.85	9.86	12.8	18.4	15.0	10.8	8.54	6.99	5.86	5.00	4.33	3.80	3.34	2.96	2.61	0
35	0.81	2.80	5.24	7.54	10.9	14.1	20.3	17.2	12.3	9.76	7.99	6.70	5.72	4.96	0	0	0	0	0
40	0.93	3.24	6.05	8.71	12.5	16.3	23.4	21.0	15.0	11.9	9.76	8.18	6.99	0	0	0	0	0	0
45	1.06	3.68	6.87	9.89	14.2	18.5	26.6	25.1	17.9	14.2	11.7	9.76	0	0	0	0	0	0	0
50	1.18	4.12	7.70	11.1	16.0	20.7	29.8	29.4	21.0	16.7	13.6	0	0	0	0	0	0	0	0
55	1.31	4.57	8.53	12.3	17.7	22.9	33.0	33.9	24.2	19.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	1.44	5.02	9.37	13.5	19.4	25.2	36.3	38.6	27.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (300 fpm max. chain speed)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (1300 fpm max.)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (2300 fpm max.)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil supplied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

**HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 41
1/2" PITCH LIGHT WEIGHT MACHINERY CHAIN**

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																	
	50	200	400	600	800	1200	1800	2400	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500
	Type I Lubrication				Type II Lubrication				Type III Lubrication				Type IV Lubrication					
11	0.13	0.44	0.82	1.19	1.71	1.71	0.93	0.60	0.43	0.34	0.28	0.24	0.20	0.17	0.16	0.14	0.12	0.11
12	0.14	0.49	0.91	1.31	1.88	1.95	1.06	0.69	0.49	0.39	0.32	0.27	0.23	0.20	0.17	0.15	0.14	0.12
13	0.15	0.53	0.99	1.42	2.05	2.20	1.20	0.78	0.56	0.44	0.36	0.30	0.26	0.22	0.20	0.17	0.16	0.14
14	0.16	0.57	1.07	1.54	2.22	2.46	1.34	0.87	0.62	0.49	0.40	0.34	0.29	0.25	0.22	0.20	0.17	0.16
15	0.18	0.62	1.15	1.66	2.39	2.73	1.49	0.96	0.69	0.55	0.45	0.38	0.32	0.28	0.24	0.22	0.19	0.17
16	0.19	0.66	1.24	1.78	2.56	3.01	1.64	1.06	0.76	0.60	0.49	0.41	0.35	0.31	0.27	0.24	0.21	0.19
17	0.20	0.71	1.32	1.90	2.74	3.29	1.79	1.16	0.83	0.66	0.54	0.45	0.39	0.34	0.29	0.26	0.23	0.21
18	0.22	0.75	1.40	2.02	2.91	3.59	1.95	1.27	0.91	0.72	0.59	0.49	0.42	0.37	0.32	0.28	0.25	0.23
19	0.23	0.80	1.49	2.14	3.09	3.89	2.12	1.38	0.98	0.78	0.64	0.54	0.46	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25
20	0.24	0.84	1.57	2.26	3.26	4.20	2.29	1.49	1.06	0.84	0.69	0.58	0.49	0.43	0.38	0.33	0.30	0.27
21	0.26	0.89	1.66	2.39	3.44	4.46	2.46	1.60	1.14	0.91	0.74	0.62	0.53	0.46	0.40	0.36	0.32	0.29
22	0.27	0.93	1.74	2.51	3.62	4.69	2.64	1.71	1.23	0.97	0.80	0.67	0.57	0.49	0.43	0.38	0.34	0
23	0.28	0.98	1.83	2.64	3.79	4.92	2.82	1.83	1.31	1.04	0.85	0.71	0.61	0.53	0.46	0.41	0.37	0
24	0.29	1.03	1.92	2.76	3.97	5.15	3.01	1.95	1.40	1.11	0.91	0.76	0.65	0.56	0.49	0.44	0.39	0
25	0.31	1.07	2.00	2.88	4.15	5.38	3.20	2.08	1.49	1.18	0.96	0.81	0.69	0.60	0.53	0.47	0	0
28	0.35	1.21	2.26	3.26	4.69	6.08	3.79	2.46	1.76	1.40	1.14	0.96	0.82	0.71	0.62	0.55	0	0
30	0.38	1.31	2.44	3.51	5.06	6.55	4.20	2.73	1.95	1.55	1.27	1.06	0.91	0.79	0.69	0	0	0
32	0.40	1.40	2.61	3.76	5.42	7.03	4.63	3.01	2.15	1.71	1.40	1.17	1.00	0.87	0.76	0	0	0
35	0.44	1.54	2.88	4.15	5.97	7.74	5.29	3.44	2.46	1.95	1.60	1.34	1.14	0.99	0	0	0	0
40	0.51	1.78	3.33	4.79	6.90	8.94	6.47	4.20	3.01	2.39	1.95	1.64	1.40	0	0	0	0	0
45	0.58	2.02	3.78	5.44	7.84	10.2	7.72	5.01	3.59	2.85	2.33	1.95	0	0	0	0	0	0
50	0.65	2.27	4.23	6.10	8.78	11.4	9.04	5.87	4.20	3.33	2.73	0	0	0	0	0	0	0
55	0.72	2.51	4.69	6.76	9.73	12.6	10.4	6.77	4.85	3.85	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0.79	2.76	5.15	7.42	10.7	13.9	11.9	7.72	5.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (300 fpm max. chain speed.)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (1300 fpm max.)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (2300 fpm max.)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil supplied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

The limiting RPM for each lubrication type is read from the column to the right of the boundary line shown.

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 50 — 5/8" PITCH

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																	
	50	100	200	300	500	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3500	4000	4500	5000
	Type I Lubrication				Type II Lubrication				Type III Lubrication				Type IV Lubrication					
11	0.45	0.84	2.25	3.55	6.07	7.85	7.44	5.58	4.42	3.62	3.04	2.59	2.25	2.06	1.68	1.41	1.21	1.07
12	0.50	0.92	2.47	3.91	6.66	8.64	8.50	6.38	5.04	4.13	3.47	2.96	2.57	2.35	1.92	1.61	1.38	1.22
13	0.54	1.01	2.70	4.26	7.26	9.42	9.56	7.17	5.67	4.65	3.90	3.33	2.89	2.65	2.16	1.81	1.55	1.37
14	0.58	1.09	2.92	4.60	7.87	10.2	10.7	8.01	6.34	5.20	4.36	3.72	3.23	2.96	2.41	2.02	1.73	1.53
15	0.63	1.17	3.15	4.97	8.48	11.0	11.5	8.89	7.03	5.76	4.83	4.13	3.58	3.28	2.68	2.24	1.92	1.70
16	0.67	1.26	3.37	5.33	9.09	11.8	13.1	9.79	7.74	6.35	5.32	4.54	3.94	3.62	2.95	2.47	2.11	1.88
17	0.72	1.34	3.60	5.69	9.70	12.6	14.3	10.7	8.48	6.95	5.83	4.98	4.32	3.96	3.23	2.71	2.32	2.05
18	0.77	1.43	3.83	6.05	10.3	13.4	15.6	11.7	9.24	7.58	6.35	5.42	4.70	4.31	3.52	2.95	2.53	0
19	0.81	1.51	4.06	6.42	10.9	14.2	16.9	12.7	10.0	8.22	6.89	5.88	5.10	4.68	3.82	3.20	2.74	0
20	0.86	1.60	4.30	6.78	11.6	15.0	18.2	13.7	10.8	8.87	7.44	6.35	5.51	5.05	4.12	3.45	2.96	0
21	0.90	1.69	4.53	7.15	12.2	15.8	19.3	14.7	11.6	9.55	8.01	6.83	5.93	5.44	4.44	3.71	3.19	0
22	0.95	1.77	4.76	7.52	12.8	16.6	20.3	15.8	12.5	10.2	8.59	7.33	6.36	5.83	4.76	3.98	3.42	0
23	1.00	1.86	5.00	7.89	13.4	17.4	21.3	16.9	13.3	10.9	9.18	7.83	6.79	6.23	5.08	4.26	0	0
24	1.04	1.95	5.23	8.26	14.1	18.3	22.3	18.0	14.2	11.7	9.78	8.34	7.24	6.64	5.42	4.54	0	0
25	1.09	2.04	5.47	8.63	14.7	19.1	23.3	19.1	15.1	12.4	10.4	8.88	7.70	7.06	5.76	4.83	0	0
28	1.20	2.30	6.18	9.76	16.6	21.6	26.3	22.7	17.9	14.7	12.3	10.5	9.13	8.37	6.83	0	0	0
30	1.33	2.42	6.66	10.5	17.9	23.2	28.4	25.1	19.9	16.3	13.7	11.7	10.1	9.28	7.57	0	0	0
32	1.42	2.66	7.14	11.3	19.2	24.9	30.4	27.7	21.9	18.0	15.0	12.9	11.1	10.2	8.34	0	0	0
35	1.57	2.93	7.86	12.4	21.2	27.4	33.5	31.7	25.1	20.5	17.2	14.7	12.8	11.7	9.55	0	0	0
40	1.81	3.38	9.08	14.3	24.4	31.1	38.7	36.6	29.1	21.0	18.0	15.6	14.3	0	0	0	0	0
45	2.06	3.84	10.3	16.3	27.8	36.0	43.9	46.2	36.5	29.9	25.1	21.4	18.6	0	0	0	0	0
50	2.30	4.30	11.6	18.2	31.1	40.3	49.2	54.1	42.8	35.1	29.4	25.1	0	0	0	0	0	0
55	2.56	4.77	12.8	20.2	34.5	44.7	54.6	62.4	49.3	40.5	33.9	0	0	0	0	0	0	0
60	2.81	5.25	14.1	22.2	37.9	49.1	59.9	71.1	56.2	46.1	0	0	0	0	0	0	0	0

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (250 fpm max. chain speed.)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (1000 fpm max.)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (2000 fpm max.)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil supplied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

The limiting RPM for each lubrication type is read from the column to the right of the boundary line shown.

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

MORSE**roller chain horsepower ratings****HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 60 — ¾" PITCH**

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																			
	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
11	Type I 0.78	1.44	2.69	3.64	4.32	10.5	11.9	9.45	7.70	6.49	5.51	4.78	4.20	3.72	3.33	3.00	2.38	2.10	1.95	0
12	0.85	1.58	2.96	6.73	9.14	11.5	13.6	10.8	8.79	7.42	6.29	5.46	4.79	4.25	3.80	3.42	2.72	2.40	2.23	0
13	0.93	1.72	3.22	7.34	9.96	12.5	15.3	12.1	9.89	8.34	7.08	6.14	5.39	4.78	4.28	3.85	3.06	2.70	2.50	0
14	1.00	1.87	3.49	7.95	10.8	13.6	17.1	13.6	11.1	9.32	7.91	6.86	6.02	5.34	4.78	4.30	3.42	3.01	2.80	0
15	1.08	2.01	3.76	8.57	11.6	14.6	18.9	15.0	12.3	10.3	8.77	7.61	6.68	5.93	5.30	4.77	3.79	3.34	3.10	0
16	1.16	2.16	4.03	9.19	12.5	15.7	20.3	16.6	13.5	11.4	9.66	8.38	7.36	6.53	5.84	5.25	4.17	3.68	3.42	0
17	1.24	2.30	4.31	9.81	13.3	16.7	21.7	18.2	14.8	12.5	10.6	9.18	8.06	7.15	6.40	5.75	4.57	4.03	3.74	0
18	1.32	2.45	4.58	10.4	14.1	17.8	23.0	19.8	16.1	13.6	11.5	10.0	8.78	7.79	6.97	6.27	4.98	4.39	4.08	0
19	1.40	2.60	4.86	11.1	15.0	18.8	24.4	21.5	17.5	14.7	12.5	10.9	9.52	8.45	7.56	6.80	5.40	4.76	4.42	0
20	1.48	2.75	5.13	11.7	15.9	19.9	25.8	23.2	18.9	15.9	13.5	11.7	10.3	9.12	8.17	7.34	5.83	5.14	0	0
21	1.56	2.89	5.41	12.3	16.7	21.0	27.2	24.9	20.3	17.1	14.5	12.6	11.1	9.82	8.79	7.90	6.27	5.53	0	0
22	1.64	3.04	5.69	13.0	17.6	22.1	28.6	26.7	21.8	18.4	15.6	13.5	11.9	10.5	9.42	8.47	6.73	5.93	0	0
23	1.72	3.19	5.97	13.6	18.4	23.2	30.0	28.6	23.3	19.6	16.7	14.4	12.7	11.3	10.1	9.06	7.19	0	0	0
24	1.80	3.34	6.25	14.2	19.3	24.3	31.4	30.4	24.8	20.9	17.7	15.4	13.5	12.0	10.7	9.65	7.65	0	0	0
25	1.88	3.49	6.53	14.9	20.2	25.4	32.9	32.4	26.4	22.3	18.9	16.4	14.4	12.8	11.4	10.3	8.15	0	0	0
28	2.12	3.95	7.38	16.8	22.8	28.7	37.1	38.4	31.3	26.4	22.4	19.4	17.0	15.1	13.5	12.2	9.65	0	0	0
30	2.29	4.25	7.95	18.1	24.6	30.9	40.0	42.6	34.7	29.2	24.8	21.5	18.9	16.8	15.0	13.5	0	0	0	0
32	2.45	4.56	8.53	19.4	26.3	33.1	42.9	46.9	38.2	32.2	27.3	23.7	20.8	18.5	16.5	14.9	0	0	0	0
35	2.70	5.02	9.40	21.4	29.0	36.5	47.3	53.6	43.7	36.9	31.3	27.1	23.8	21.1	18.9	17.0	0	0	0	0
40	3.12	5.80	10.9	24.7	33.5	42.1	54.6	62.7	53.4	45.0	38.2	33.1	29.1	25.8	23.1	0	0	0	0	0
45	3.55	6.90	12.3	28.1	38.1	47.8	62.0	71.2	63.7	53.7	45.6	39.5	34.7	30.8	0	0	0	0	0	0
50	3.97	7.38	13.8	31.5	42.7	54.0	69.5	80.0	74.5	62.9	53.4	46.3	40.7	0	0	0	0	0	0	0
55	4.40	8.18	15.3	34.9	47.3	59.4	77.0	88.4	86.1	72.6	61.6	53.4	0	0	0	0	0	0	0	0
60	4.84	8.99	16.8	38.3	51.9	65.3	84.6	97.2	98.1	82.7	70.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

The limiting RPM for each lubrication type is read from the column to the right of the boundary line shown.

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (220 fpm max. chain speed)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (850 fpm max.)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (1800 fpm max.)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil supplied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 80 — 1" PITCH

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																			
	25	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600
11	Type I 0.97	1.80	3.36	6.28	9.04	11.7	14.3	19.4	23.0	19.6	14.9	11.8	9.69	8.12	6.94	6.01	5.27	4.68	4.18	0
12	1.06	1.98	3.70	6.89	9.93	12.9	15.7	21.3	26.2	22.4	17.0	13.5	11.1	9.28	7.92	6.85	6.02	5.34	4.78	0
13	1.16	2.16	4.03	7.51	10.8	14.0	17.1	23.2	29.1	25.2	19.2	15.2	12.5	10.4	8.91	7.72	6.78	6.01	5.38	0
14	1.25	2.34	4.36	8.14	11.7	15.2	18.6	25.1	31.5	28.2	21.4	17.0	13.9	11.7	9.96	8.63	7.57	6.72	6.01	0
15	1.35	2.52	4.70	8.77	12.6	16.4	20.0	27.1	34.0	31.2	23.8	18.9	15.4	12.9	11.0	9.57	8.40	7.45	6.72	0
16	1.45	2.70	5.04	9.40	13.5	17.5	21.4	29.0	36.4	34.4	26.2	20.8	17.0	14.2	12.2	10.5	9.25	8.21	0	0
17	1.55	2.88	5.38	10.0	14.5	18.7	22.9	31.0	38.9	37.6	28.6	22.7	18.5	15.6	13.3	11.5	10.1	8.97	0	0
18	1.64	3.07	5.72	10.7	15.4	19.9	24.4	33.0	41.3	41.0	31.2	24.8	20.3	17.0	14.5	12.6	11.0	9.79	0	0
19	1.74	3.25	6.07	11.3	16.3	21.1	25.8	35.0	43.8	44.5	33.9	26.9	22.0	18.4	15.7	13.6	12.0	10.6	0	0
20	1.84	3.44	6.42	12.0	17.2	22.3	27.3	37.0	46.4	48.1	36.6	29.0	23.8	19.9	17.0	14.7	12.9	0.95	0	0
21	1.94	3.62	6.76	12.6	18.2	23.6	28.8	39.0	48.9	51.7	39.4	31.2	25.6	21.4	18.3	15.9	13.9	0	0	0
22	2.04	3.81	7.11	13.3	19.1	24.8	30.3	41.0	51.4	55.5	42.2	33.5	27.4	23.0	19.6	17.0	14.9	0	0	0
23	2.14	4.00	7.46	13.9	20.0	26.0	31.7	43.0	53.9	59.2	45.1	35.8	29.3	24.6	21.0	18.2	15.9	0	0	0
24	2.24	4.19	7.81	14.6	21.0	27.2	33.3	45.0	56.4	62.0	48.1	38.1	31.2	26.2	22.3	19.4	17.0	0	0	0
25	2.34	4.38	8.17	15.2	21.9	28.4	34.8	47.0	59.0	64.9	51.1	40.6	33.2	27.8	23.8	20.6	18.4	0	0	0
28	2.65	4.94	9.23	17.2	24.8	32.1	39.3	53.2	66.6	73.3	60.6	48.1	39.4	33.0	28.2	24.4	0	0	0	0
30	2.85	5.33	9.94	18.5	26.7	34.6	42.3	57.3	71.8	78.9	67.2	53.3	43.6	36.5	31.2	24.5	0	0	0	0
32	3.06	5.71	10.7	19.9	28.6	37.1	45.3	61.4	77.0	84.7	74.0	58.7	48.1	40.3	34.4	0	0	0	0	0
35	3.37	6.29	11.7	21.9	31.6	40.9	50.0	67.7	84.8	93.3	84.7	67.2	55.0	46.1	39.4	0	0	0	0	0
40	3.89	7.27	13.6	25.3	36.4	47.2	57.7	78.1	98.0	108	103	82.1	67.2	56.3	0	0	0	0	0	0
45	4.42	8.25	15.4	28.7	41.4	53.6	65.6	88.8	111	122	123	98.0	80.2	4.09	0	0	0	0	0	0
50	4.96	9.25	17.3	32.2	46.4	60.1	73.5	99.4	125	137	145	115	64.6	0	0	0	0	0	0	0
55	5.49	10.2	19.1	35.7	51.4	66.6	81.4	110	138	152	167	132	0	0	0	0	0	0	0	0
60	6.03	11.3	21.0	39.2	56.5	73.2	89.4	121	152	167	190	158	0	0	0	0	0	0	0	0

The limiting RPM for each lubrication type is read from the column to the right of the boundary line shown.

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (170 fpm max. chain speed)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (650 fpm max.)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (1500 fpm max.)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil supplied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 100 — 1¼" PITCH

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																	
	10	25	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800
11	0.81	1.85	3.45	6.44	12.0	17.3	22.4	27.4	32.3	37.1	41.8	46.5	51.2	55.9	60.6	65.3	70.0	74.7
12	0.89	2.03	3.79	7.07	13.2	19.0	24.6	30.1	35.5	40.8	46.1	51.4	56.7	62.0	67.3	72.6	77.9	83.2
13	0.97	2.22	4.13	7.72	14.4	20.7	26.9	32.8	38.7	44.5	50.4	56.2	62.0	67.8	73.6	79.4	85.2	91.0
14	1.05	2.40	4.48	8.35	15.6	22.5	29.1	35.6	41.9	48.1	54.4	60.6	66.8	73.0	79.2	85.4	91.6	97.8
15	1.13	2.59	4.82	9.00	16.8	24.2	31.4	38.3	45.2	51.9	58.7	65.5	72.3	79.1	85.9	92.7	99.5	106.3
16	1.22	2.77	5.17	9.65	18.0	25.9	33.6	41.1	48.4	55.6	62.8	69.9	77.1	84.3	91.5	98.7	105.9	113.1
17	1.30	2.96	5.52	10.3	19.2	27.7	35.9	43.9	51.7	59.4	67.2	75.0	82.8	90.6	98.4	106.2	114.0	121.8
18	1.38	3.15	5.87	11.0	20.4	29.5	38.2	46.7	55.0	63.2	71.4	79.6	87.8	96.0	104.2	112.4	120.6	128.8
19	1.46	3.34	6.23	11.6	21.7	31.2	40.5	49.5	58.3	67.0	75.7	84.4	93.1	101.8	110.5	119.2	127.9	136.6
20	1.55	3.53	6.58	12.3	22.9	33.0	42.8	52.3	61.6	70.8	79.8	88.8	97.8	106.8	115.8	124.8	133.8	142.8
21	1.63	3.72	6.94	12.9	24.2	34.8	45.1	55.1	64.9	74.6	84.1	93.6	103.1	112.6	122.1	131.6	141.1	150.6
22	1.71	3.91	7.30	13.6	25.4	36.6	47.4	58.0	68.3	78.5	88.5	98.5	108.5	118.5	128.5	138.5	148.5	158.5
23	1.80	4.10	7.65	14.3	26.6	38.4	49.7	60.8	71.7	82.3	92.8	103.1	113.4	123.7	134.0	144.3	154.6	164.9
24	1.88	4.30	8.02	15.0	27.9	40.2	52.1	63.7	75.0	86.2	97.2	108.1	118.9	129.7	140.5	151.3	162.1	172.9
25	1.97	4.49	8.37	15.6	29.2	42.0	54.4	66.5	78.4	90.1	102	113.6	125.1	136.6	148.1	159.6	171.1	182.6
28	2.22	5.07	9.47	17.7	33.0	47.5	61.5	75.2	88.6	102	115	128	141	154	167	180	193	206
30	2.40	5.47	10.2	19.0	35.5	51.2	66.3	81.0	95.5	110	124	138	152	166	180	194	208	222
32	2.57	5.86	10.9	20.4	38.1	54.8	71.1	86.9	102	118	133	148	163	178	193	208	223	238
35	2.83	6.46	12.0	22.5	41.9	60.4	78.3	95.7	113	130	146	163	180	197	214	231	248	265
40	3.27	7.46	13.9	26.0	48.4	69.8	90.4	111	130	150	169	188	207	226	245	264	283	302
45	3.71	8.47	15.8	29.5	55.0	79.3	103	126	148	170	192	213	234	255	276	297	318	339
50	4.16	9.49	17.7	33.0	61.6	88.8	115	141	166	190	215	239	263	287	311	335	359	383
55	4.61	10.5	19.6	36.6	68.3	98.4	128	156	184	211	238	265	291	317	343	369	395	421
60	5.07	11.6	21.6	40.2	75.1	108	140	171	202	231	261	281	301	321	341	361	381	401

The limiting RPM for each lubrication type is read from the column to the right of the boundary line shown.

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (150 fpm max. chain speed)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (520 fpm max.)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (1300 fpm max.)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil supplied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 120 — 1½" PITCH

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																	
	10	25	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
11	1.37	3.12	5.82	10.9	15.6	20.3	29.2	37.8	46.3	54.5	62.2	70.0	77.8	85.6	93.4	101.2	109.0	116.8
12	1.50	3.43	6.39	11.9	17.2	22.3	32.1	41.5	50.8	59.8	68.8	77.8	86.8	95.8	104.8	113.8	122.8	131.8
13	1.64	3.74	6.97	13.0	18.7	24.3	35.0	45.3	55.4	65.3	75.2	85.1	95.0	104.9	114.8	124.7	134.6	144.5
14	1.77	4.05	7.55	14.1	20.3	26.3	37.9	49.1	60.0	70.7	81.4	92.1	102.8	113.5	124.2	134.9	145.6	156.3
15	1.91	4.36	8.13	15.2	21.9	28.3	40.8	52.9	64.6	76.1	87.6	99.1	110.6	122.1	133.6	145.1	156.6	168.1
16	2.05	4.67	8.72	16.3	23.4	30.4	43.8	56.7	69.3	81.7	94.1	106.5	118.9	131.3	143.7	156.1	168.5	180.9
17	2.19	4.99	9.31	17.4	25.0	32.4	46.7	60.5	74.0	87.2	100.4	113.6	126.8	140.0	153.2	166.4	179.6	192.8
18	2.33	5.31	9.90	18.5	26.6	34.5	49.7	64.3	78.6	92.7	106.7	120.7	134.7	148.7	162.7	176.7	190.7	204.7
19	2.47	5.62	10.5	19.6	28.2	36.5	52.7	68.2	83.4	98.3	113.1	127.9	142.7	157.5	172.3	187.1	201.9	216.7
20	2.61	5.95	11.1	20.7	29.8	38.6	55.7	72.1	88.2	104	120	136	152	168	184	200	216	232
21	2.75	6.27	11.7	21.8	31.4	40.7	58.7	76.0	93.0	110	127	144	161	178	195	212	229	246
22	2.89	6.59	12.3	23.0	33.1	42.8	61.7	79.9	97.7	115	133	151	169	187	205	223	241	259
23	3.03	6.92	12.9	24.1	34.7	45.0	64.8	83.9	103	121	139	157	175	193	211	229	247	265
24	3.18	7.25	13.5	25.2	36.4	47.1	67.8	87.9	107	127	145	163	181	199	217	235	253	271
25	3.32	7.57	14.1	26.4	38.0	49.2	70.9	91.8	112	132	152	172	192	212	232	252	272	292
28	3.75	8.55	16.0	29.8	42.9	55.6	80.1	104	127	149	172	195	218	241	264	287	310	333
30	4.04	9.22	17.2	32.1	46.3	59.9	86.3	112	137	161	185	210	234	258	282	306	330	354
32	4.33	9.88	18.4	34.4	49.5	64.1	92.4	120	146	172	198	224	250	276	302	328	354	380
35	4.77	10.9	20.3	37.9	54.6	70.7	102	132	161	190	218	245	272	299	326	353	380	407
40	5.51	12.6	23.5	43.8	63.1	81.7	118	153	186	220	252	285	318	351	384	417	450	483
45	6.26	14.3	26.6	49.7	71.6	92.8	134	173	212	249	286	323	360	397	434	471	508	545
50	7.01	16.0	29.8	55.7	80.2	104	150	194	237	280	310	347	384	421	458	495	532	569
55	7.77	17.7	33.1	61.8	89.0	115	166	215	263	310	348	385	422	459	496	533	570	607
60	8.58	19.6	36.5	68.2	98.2	127	183	237	290	342	380	417	454	491	528	565	602	639

The limiting RPM for each lubrication type is read from the column to the right of the boundary line shown.

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (130 fpm max. chain speed)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (430 fpm max. chain speed)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (1200 fpm max. chain speed)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil applied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 140 — 1 3/4" PITCH

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket															
	10	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800
11	2.13	4.86	9.06	16.9	24.4	31.5	38.6	45.5	52.2	58.9	65.5	72.0	75.1	65.8	52.2	42.8
12	2.34	5.33	9.94	18.6	26.7	34.6	42.3	49.9	57.3	64.6	71.8	79.0	81.5	71.5	56.8	46.5
13	2.55	5.82	10.9	20.3	29.2	37.8	46.2	54.4	62.5	70.5	78.4	86.2	93.9	84.6	67.1	54.9
14	2.76	6.31	11.8	22.0	31.6	41.0	50.1	59.0	67.8	76.5	85.0	93.5	101	94.5	75.0	61.4
15	2.98	6.80	12.7	23.7	34.1	44.1	54.0	63.6	73.1	82.4	91.6	101	110	105	83.2	68.1
16	3.19	7.28	13.6	25.4	36.5	47.3	57.9	68.2	78.3	88.3	98.2	108	118	115	91.6	75.0
17	3.41	7.77	14.5	27.1	39.0	50.5	61.7	72.8	83.6	94.2	105	115	126	126	100	82.2
18	3.62	8.26	15.4	28.8	41.4	53.7	65.6	77.3	88.8	100	111	122	133	138	109	90.0
19	3.84	8.77	16.0	30.5	44.0	57.0	70.0	82.1	94.3	106	118	130	142	149	119	97.1
20	4.06	9.26	17.3	32.2	46.4	60.1	73.5	86.7	99.5	112	125	137	150	161	128	105
21	4.28	9.77	18.2	34.0	49.0	63.4	77.6	91.4	105	118	132	145	158	171	138	113
22	4.50	10.3	19.2	35.8	51.5	66.7	81.6	96.2	111	125	139	152	166	180	148	121
23	4.73	10.8	20.1	37.5	54.1	70.0	85.6	101	116	131	145	160	174	188	158	129
24	4.95	11.3	21.1	39.3	56.6	73.3	89.7	106	121	137	152	167	182	197	168	138
25	5.17	11.8	22.0	41.1	59.2	76.6	93.7	110	127	143	159	175	190	206	179	147
28	5.84	13.3	24.9	46.4	66.8	85.5	106	125	143	162	180	197	215	233	212	174
30	6.29	14.4	26.8	50.0	72.0	93.2	114	134	154	174	194	213	232	251	235	175
32	6.74	15.4	28.7	53.6	77.2	99.9	122	144	165	187	207	228	248	268	252	188
35	7.44	17.0	31.6	59.1	85.1	110	135	159	182	206	229	251	274	296	242	143
40	8.59	19.6	36.6	68.2	98.2	127	156	183	211	238	264	290	316	340	288	0
45	9.76	22.3	41.5	77.5	112	144	177	208	239	270	300	330	349	296	173	25.0
50	10.9	24.9	46.5	86.8	125	162	198	233	268	302	336	370	330	266	118	0
55	12.1	27.6	51.5	96.2	139	179	219	259	297	335	372	362	296	222	44.1	0
60	13.3	30.4	56.6	106	152	197	241	284	326	368	396	329	248	162	0	0

The limiting RPM for each lubrication type is read from the column to the right of the boundary line shown.

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (115 fpm max. chain speed)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (370 fpm max. chain speed)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (1100 fpm max. chain speed)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil applied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 160 — 2" PITCH

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket															
	10	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800
11	3.07	7.02	13.1	24.4	35.1	45.5	55.6	65.5	75.3	84.9	96.7	108.9	120.3	131.8	143.4	155.0
12	3.37	7.72	14.4	26.8	38.5	49.9	61.0	71.9	82.7	93.3	110	124	138	152	166	180
13	3.67	8.42	15.7	29.2	42.0	54.4	66.6	78.4	90.1	102	124	140	156	172	188	204
14	3.98	9.10	17.0	31.6	45.5	59.0	72.1	84.9	97.7	110	135	152	169	186	203	220
15	4.28	9.86	18.3	34.1	49.0	63.4	77.6	91.4	105	119	145	163	181	200	218	236
16	4.59	10.5	19.6	36.5	52.5	68.1	83.3	98.1	113	127	156	174	192	210	229	248
17	4.90	11.2	20.9	39.0	56.1	72.7	88.9	105	120	136	166	184	202	220	239	258
18	5.21	12.0	22.3	41.5	59.6	77.3	94.5	111	128	144	177	195	213	231	250	268
19	5.53	12.7	23.6	44.0	63.2	82.0	100	118	136	153	188	206	224	242	260	278
20	5.85	13.4	25.0	46.5	66.9	86.7	106	125	144	162	198	216	234	252	270	288
21	6.16	14.1	26.3	49.0	70.5	91.4	112	132	151	171	209	228	246	264	282	300
22	6.48	14.9	27.7	51.6	74.1	96.1	117	138	159	179	220	239	258	276	294	312
23	6.80	15.6	29.0	54.1	77.7	101	123	145	167	188	231	250	269	287	305	323
24	7.12	16.3	30.4	56.6	81.4	106	129	152	175	197	240	259	278	296	314	332
25	7.44	17.1	31.8	59.2	85.1	110	135	159	183	206	249	268	287	305	323	341
28	8.41	19.3	35.9	65.9	96.1	125	152	179	207	233	260	279	298	316	334	352
30	9.06	20.7	38.7	72.1	104	134	164	193	222	251	279	298	316	334	352	370
32	9.71	22.3	41.5	77.3	111	144	176	207	239	269	298	316	334	352	370	388
35	10.7	24.5	45.7	85.1	122	159	194	228	263	296	325	343	361	379	397	415
40	12.4	28.3	52.8	98.3	141	183	224	264	304	342	369	387	405	423	441	459
45	14.0	32.1	59.9	111	160	208	254	300	345	381	408	426	444	462	480	498
50	15.7	36.0	67.1	125	180	233	285	336	386	431	458	476	494	512	530	548
55	17.4	40.0	74.4	139	199	258	316	372	425	470	507	525	543	561	579	597
60	19.1	43.9	81.8	152	219	284	347	409	465	510	547	565	583	601	619	637

The limiting RPM for each lubrication type is read from the column to the right of the boundary line shown.

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (100 fpm max. chain speed)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator. (330 fpm max.)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (1000 fpm max.)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil supplied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

The ratings on this page are in accordance with the standards of the Association of Roller and Silent Chain Manufacturers, Copyright 1960.

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 200 — 2½" PITCH

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																			
	5	10	15	20	30	40	50	60	80	100	150	200	250	300	350	400	450	550	600	650
11	3.02	5.63	8.11	10.5	15.1	19.6	24.0	28.2	36.6	44.7	64.5	83.5	102	120	135	122	104	58.2	31.1	0
12	3.32	6.19	8.91	11.5	16.6	21.6	26.3	31.0	40.2	49.1	70.8	91.7	112	132	145	130	110	59.4	29.3	0
13	3.62	6.74	9.71	12.6	18.1	23.5	28.7	33.8	43.8	53.6	77.2	99.9	122	144	154	137	115	60.0	27.0	0
14	3.91	7.31	10.5	13.6	19.6	25.5	31.1	36.6	47.5	58.0	83.6	108	132	156	163	144	120	59.8	23.8	0
15	4.22	7.87	11.3	14.7	21.2	27.4	33.5	39.5	51.2	62.5	90.1	117	143	172	172	151	125	59.0	20.1	0
16	4.52	8.44	12.2	15.7	22.7	29.4	35.9	42.3	54.8	67.0	96.6	125	153	180	180	157	129	57.5	15.5	0
17	4.83	9.01	13.0	16.8	24.2	31.4	38.4	45.2	58.5	71.6	103	134	163	188	187	163	132	55.2	10.1	0
18	5.14	9.58	13.8	17.9	25.8	33.4	40.8	48.0	62.3	76.1	110	142	174	195	194	168	135	52.5	4.11	0
19	5.44	10.2	14.6	19.0	27.3	35.4	43.2	50.9	66.0	80.7	116	151	184	203	201	172	137	48.8	0	0
20	5.76	10.7	15.5	20.0	28.9	37.4	45.7	53.9	69.8	85.3	123	159	195	230	207	177	139	44.6	0	0
21	6.07	11.3	16.3	21.1	30.4	39.4	48.2	56.8	73.6	89.9	130	168	205	237	213	180	140	39.6	0	0
22	6.38	11.9	17.1	22.2	32.0	41.5	50.7	59.7	77.4	94.6	136	176	216	245	218	183	140	34.1	0	0
23	6.70	12.5	18.0	23.3	33.6	43.5	53.2	62.6	81.2	99.2	143	185	226	252	223	186	140	27.7	0	0
24	7.01	13.1	18.8	24.4	35.2	45.6	55.7	65.6	85.0	104	150	194	237	258	228	188	140	21.0	0	0
25	7.32	13.7	19.7	25.5	36.7	47.6	58.2	68.5	88.8	109	156	203	248	264	232	190	138	13.4	0	0
28	8.28	15.4	22.2	28.8	41.5	53.8	65.8	77.4	100	123	177	229	280	280	242	192	132	0	0	0
30	8.92	16.6	24.0	31.0	44.7	58.0	70.8	83.4	108	132	190	247	301	289	246	191	125	0	0	0
32	9.56	17.8	25.7	33.3	48.0	62.1	76.0	89.5	116	142	204	264	323	297	248	187	115	0	0	0
35	10.5	19.7	28.3	36.7	52.8	68.5	83.7	98.6	128	156	225	291	344	305	249	179	96.2	0	0	0
40	12.2	22.7	32.7	42.4	61.0	79.1	96.7	114	148	180	260	336	363	311	241	155	54.6	0	0	0
45	13.8	25.8	37.1	48.1	69.3	89.8	110	129	168	205	295	382	373	309	223	119	0	0	0	0
50	15.5	28.9	41.6	53.9	77.7	101	123	145	188	230	331	428	376	296	193	70.1	0	0	0	0
55	17.2	32.0	46.1	59.7	86.1	112	136	161	208	254	366	435	371	275	153	9.33	0	0	0	0
60	18.9	35.2	50.7	65.6	94.6	123	150	176	229	279	403	438	358	244	102	0	0	0	0	0

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (85 fpm max. chain speed.)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator (260 fpm max.)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (900 fpm max.)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil applied by circulating pump inside chain loop on lower span. (up to max. speed shown)

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

HORSEPOWER RATINGS STANDARD SINGLE STRAND ROLLER CHAIN — NO. 240 — 3" PITCH

No. of Teeth Small Splt.	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																			
	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450
11	4.88	9.11	13.1	17.0	20.8	24.5	31.7	38.8	45.7	59.2	72.3	88.4	104	120	127	115	94.7	68.2	36.1	0
12	5.36	10.0	14.4	18.7	22.8	26.9	34.8	42.6	50.2	65.0	79.5	97.1	114	131	136	123	101	71.3	35.8	0
13	5.84	10.9	15.7	20.3	24.9	29.3	38.0	46.4	54.7	70.8	86.6	106	125	143	146	131	106	73.9	35.0	0
14	6.33	11.8	17.0	22.0	26.9	31.7	41.1	50.3	59.2	76.8	93.8	115	135	155	155	138	111	76.0	33.5	0
15	6.82	12.7	18.3	23.8	29.0	34.2	44.3	54.2	63.8	82.7	101	124	146	168	164	145	116	77.5	31.4	0
16	7.31	13.6	19.6	25.5	31.1	36.7	47.5	58.1	68.4	88.6	108	132	156	177	172	152	120	78.4	28.8	0
17	7.81	14.6	21.0	27.2	33.2	39.1	50.7	62.0	73.0	94.6	116	141	167	186	181	158	124	79.0	25.6	0
18	8.30	15.5	22.3	28.9	35.3	41.6	53.9	65.9	77.7	101	123	150	177	195	189	164	127	78.9	21.7	0
19	8.80	16.4	23.7	30.7	37.5	44.1	57.2	69.9	82.4	107	130	159	188	203	196	170	130	78.3	17.2	0
20	9.31	17.4	25.0	32.4	39.6	46.7	60.5	73.9	87.1	113	138	169	199	211	204	175	132	77.3	12.2	0
21	9.81	18.3	26.4	34.2	41.7	49.2	63.7	77.9	91.8	119	145	178	209	219	211	180	134	75.7	6.50	0
22	10.3	19.2	27.7	35.9	43.9	51.7	67.0	81.9	96.5	125	153	187	220	227	218	184	136	73.7	0.48	0
23	10.8	20.2	29.1	37.7	46.1	54.3	70.3	86.0	101	131	160	195	231	234	224	189	137	71.0	0	0
24	11.3	21.1	30.4	39.5	48.2	56.8	73.6	90.0	106	137	168	205	242	241	230	192	137	67.9	0	0
25	11.8	22.1	31.8	41.2	50.4	59.4	76.9	94.0	111	144	176	215	254	248	236	195	137	64.1	0	0
28	13.4	25.0	36.0	46.6	56.9	67.1	87.0	106	125	162	198	242	275	267	252	204	135	50.1	0	0
30	14.4	26.9	38.7	50.2	61.4	72.3	93.7	115	135	175	214	261	288	278	261	207	131	38.0	0	0
32	15.5	28.8	41.5	53.8	65.8	77.5	100	123	145	187	229	280	300	288	269	209	126	23.9	0	0
35	17.0	31.8	45.8	59.3	72.5	85.4	111	135	159	207	252	309	316	302	279	209	114	0	0	0
40	19.7	36.7	52.9	68.5	83.7	98.6	128	156	184	237	292	348	339	319	289	202	86.2	0	0	0
45	22.3	41.7	60.0	77.8	95.1	112	145	177	209	271	331	370	357	330	291	185	46.9	0	0	0
50	25.0	46.7	67.3	87.2	107	126	163	199	234	303	371	388	369	334	287	159	0	0	0	0
55	27.7	51.8	74.5	95.6	118	139	180	220	260	336	409	402	375	331	274	124	0	0	0	0
60	30.5	56.9	81.9	106	130	153	198	242	285	370	424	410	375	323	255	80.1	0	0	0	0

TYPE I: Manual Lubrication. Oil applied periodically with brush or spout can. (75 fpm max. chain speed.)
 TYPE II: Drip Lubrication. Oil applied between link plate edges from a drip lubricator (220 fpm max.)
 TYPE III: Oil Bath or Oil Slinger. Oil level maintained in casing at predetermined height. (800 fpm max.)
 TYPE IV: Oil Stream. Oil applied by circulating pump inside chain loop on lower span. (Up to max. speed shown)

For Multi-Strand Chain use:	
No. of Strands	Strand Factor
2	1.7
3	2.5
4	3.3

The ratings on this page are in accordance with the standards of the Association of Roller and Silent Chain Manufacturers, Copyright 1960.

ANEXO C

Tab.16 - Diámetro de los rodillos aconsejado

Ancho banda mm	Para velocidad ≤ 2 m/s Ø rodillos mm			2 ÷ 4 m/s Ø rodillos mm			≥ 4 m/s Ø rodillos mm		
500	89			89					
650	89			89	108				
800	89	108		89	108	133	133		
1000	108	133		108	133		133	159	
1200	108	133		108	133	159	133	159	
1400	133	159		133	159		133	159	
1600	133	159		133	159	194	133	159	194
1800	159	159	194	159	194				
2000	159	194		159	194		159	194	
2200 y superior	194			194			194		

En caso de que se indicaran más diámetros, se elegirá en función del tamaño del material y de la dificultad de las condiciones de empleo.

Anexo C: Diámetros de los rodillos aconsejados

Fuente: RULMECA (2010)

ANEXO D

Anexo D	FACTORES DE POTENCIA	
	ANCHO (Pulg)	FACTOR (K)
	14 (355,60mm)	0.125
	16	0.142
	18	0.174
	20	0.185
	24	0.229
	30	0.308
	36 (914,40mm)	0.400
	42 (1006,80)	0.465
	48	0.545
	54	0.628
	60	0.700
	72	0.850

Anexo D: Factores de Potencia

Fuente: MANEJO DE MATERIALES Gómez, E.-Rachadell F. (2.002

ANEXO E

Potencia al eje (HP)	Factor de Seguridad (F)
1 ó menos	2.00
entre 1 y 2	1.50
entre 2 y 4	1.25
entre 4 y 5	1.10
mayor de 5	1.00

Tipo de Transmisión	Eficiencia (η)
Cada par de engranajes cortados a máquina:	0,90
Cada par de engranajes fundidos:	0,85
Cada par de ruedas dentadas y cadenas:	0,90
*Cada par de poleas y correas "V": *	0,93
Cada reductor simple "S":	0,95
Cada reductor doble "D":	0,93
Cada reductor triple "T":	0,91

Anexo E: Factor de seguridad y eficiencia

Fuente: MANEJO DE MATERIALES Gómez, E.-Rachadell F. (2.002)

ANEXO F

SUPPORT	NEWS/EVENTS	ABOUT BALDOR	INVESTOR RELATIONS
AC Motors Inverter Duty			
Product Overview: IDCSDWM3554			
		Catalog Number: IDCSDWM3554 Description: 1.5HP,1750RPM,3PH,60HZ,56C,3528M,TEFC,F1 Ship Weight: 45 lbs. List Price: \$1,642 Multiplier Symbol: E2	
View Specifications View Operation Manual			
FEATURES • Includes all the advantages of our standard "Paint Free" washdown duty motors • Specifically designed and built for use on variable frequency drives • Meets NEMA MG 1, Part 31		APPLICATIONS Conveyors, Pumps and other equipment in food processing and other severe environments where motors are "washed" on a regular basis. For adjustable speed applications not requiring full torque at zero speed.	
* The image shown is representative only. Actual product may differ in appearance from image shown.			

Anexo F1: Propiedades mecánicas del motor con freno seleccionado.

Fuente: www.baldor.com

900 Series – Right Angle – Quill Type – Solid Shaft

1.33 thru 3.75 CD



Features:

- Heavy duty cast iron construction
- Bronze gearing
- Tapered roller bearings on output
- Industry-standard mounting
- Food grade synthetic gear oil
- Vent-free housing prevents contamination

Applications:

- Conveyors
- Material handling
- Textile machines
- Packaging machinery
- Metering pumps

Nominal Output RPM @ 1750 RPM In	Gear Ratio	Continuous Duty Output Torque (In-lbs) Based on 1750 RPM Motor										Max Input Hp	Max Output Torque Rating In-lbs	NEMA Motor Mount	Style Number	Catalog Number	List Price	Mult. Sym.	Ap'x Shpg. Wgt.
		0.25	0.33	0.5	0.75	1	1.5	2	3	5	7.5								
350	5:1	75	112	149								1.11	165	56C	F-913-05-B5-G	GF0513AG	504	GB	20
		75	112	149								1.11	165	56C	F-913-05-B5-J	GF0513AJ	504	GB	20
		115	154	231								1.50	231	56C	F-915-05-B5-G	GF0515AG	539	GB	25
		115	154	231								1.50	231	140TC	F-915-05-B7-G	GF0515BG	539	GB	25
		115	154	231								1.50	231	56C	F-915-05-B5-H	GF0515AH	571	GB	25
		160	240	320								2.00	320	56C	F-918-05-B5-G	GF0518AG	552	GB	30
		160	240	320								2.00	320	140TC	F-918-05-B7-G	GF0518BG	552	GB	30
		246	327	491								3.14	514	140TC	F-921-05-B7-G	GF0521BG	691	GB	35
		246	327	491								3.14	514	140TC	F-921-05-B7-J	GF0521BJ	691	GB	35
		339	507									4.17	705	180TC	F-924-05-B9-G	GF0524CG	815	GB	49
		339	508	847								5.43	919	180TC	F-926-05-B9-G	GF0526CG	945	GB	59
		502	837	1255								7.64	1279	180TC	F-930-05-B9-G	GF0530CG	1,285	GB	68
		837	1255	1674						13.7	2315	210TC	F-938-05-B11-H	GF0538DH	1,798	GB	123		
175	10:1	82	125	187								0.90	225	56C	F-913-10-B5-G	GF1013AG	504	GB	20
		82	125	187								0.90	225	56C	F-913-10-B5-J	GF1013AJ	504	GB	20
		82	125	187								0.90	225	56C	F-913-10-B5-H	GF1013AH	533	GB	20
		141	211	282								1.03	290	56C	F-915-10-B5-G	GF1015AG	539	GB	26
		141	211	282								1.03	290	140TC	F-915-10-B7-G	GF1015BG	539	GB	20
		141	211	282								1.03	290	56C	F-915-10-B5-H	GF1015AH	571	GB	25
		214	285	428								1.50	428	56C	F-918-10-B5-G	GF1018AG	552	GB	30
		214	285	428								1.50	428	56C	F-918-10-B5-J	GF1018AJ	552	GB	30
		214	285	428								1.50	428	56C	F-918-10-B5-H	GF1018AH	585	GB	29
		214	285	428								1.50	428	140TC	F-918-10-B7-G	GF1018BG	552	GB	30
		312	468	624								2.02	630	56C	F-921-10-B5-G	GF1021AG	691	GB	35
		312	468	624								2.02	630	56C	F-921-10-B5-J	GF1021AJ	691	GB	35
		312	468	624							2.02	630	56C	F-921G-10-B5-G	GF10G21AG	691	GB	30	

NOTE: Service Class I Torque Ratings (1.0 Service Factor)
 Service Class II Torque Ratings (≥ 1.4 Service Factor)
 Service Class III Torque Ratings (≥ 2.0 Service Factor)

Vertical motor below gearhead not recommended.
Avoiding those positions where the high speed oil seal is immersed in oil, will provide greater security against high speed input seal wear.
Replacement oil – 1 Qt P/N MJ0006A06SP (Klubersynth UH1-6-460)

ATTENTION: Additional ratios, ratings and mounting configurations are available.
Need a fully assembled gearmotor? Have your reducer and motor coupled by utilizing M34D from the Baldor Mod Express section.
Please contact your local Baldor representative for assistance.

Assembly Types

Anexo F2: Propiedades mecánicas del reductor seleccionado.

Fuente: www.baldor.com

Catalog Number	Page Number	List Price	Mult. Sym.	Ship Wgt. ⁽¹⁾	Type Code
VEBM3714T	178	4835	L1	165	3752M
VEBM3714T-D	175	4099	L1	177	3752M
VEBNM3538	178	1392	K	37	3516M
VEBNM3542	178	1565	K	53	3517M
VEBNM3546-D	174	1441	K	51	3524M
VEBNM3546T-D	174	1451	L1	51	3524M
VEBNM3554T-D	174	1565	L1	62	3533M
VECP2276T	50	3392	SD	338	0954M
VECP2332T	50	4246	SD	348	0960M
VECP2333T	50	3279	SD	314	0944M
VECP2333T-4	50	3279	SD	303	0944M
VECP2334T	50	3476	SD	338	0952M
VECP2334T-4	50	3476	SD	365	0952M
VECP3580-4	50	1001	SD	60	0516M
VECP3581	50	1094	SD	66	0524M
VECP3581-4	50	1094	SD	66	0524M
VECP3581T	50	1094	SD	67	0524M
VECP3581T-4	50	1094	SD	66	0524M
VECP3582T	50	1205	SD	69	0526M
VECP3583T-4	50	1129	SD	67	0524M
VECP3584T	50	1112	SD	71	0530M
VECP3584T-4	50	1112	SD	70	0530M

Catalog Number	Page Number	List Price	Mult. Sym.	Ship Wgt. ⁽¹⁾	Type Code
VECP83586T-4	56	1264	SD	83	0535M
VECP83587T-4	56	1250	SD	79	0535M
VECP83660T-4	56	1536	SD	121	0632M
VECP83661T-4	56	1628	SD	117	0632M
VECP83663T-4	56	1871	SD	132	0643M
VECP83665T-4	56	1637	SD	128	0641M
VECP83769T-4	56	2414	SD	179	0731M
VECP83770T-4	56	2062	SD	211	0737M
VECP83771T-4	56	2563	SD	225	0742M
VECP83774T-4	56	2499	SD	231	0748M
VECP84106T-4	56	3879	SD	319	0954M
VEDM3545	59	907	SD	28	
VEDM3546	59	1004	SD	37	
VEDM3550	59	992	SD	44	
VEDM3554	59	1086	SD	42	
VEDM3558	59	1133	SD	47	
VEDM3581T	59	1143	SD	47	
VEDM3611T	59	1262	SD	86	
VEDM3615T	59	1291	SD	91	
VEDM3710T	59	1920	SD	131	
VEDM3714T	59	2091	SD	147	
VEDM3714T-4	59	1062	SD	28	0510M

Baldor	Mod Express
ABB	Mod Express
ABB AT&T	Mod Express
Product Index	
Baldor Sales Offices	

VECP3587T-4	50	1158	SD	75	0535M	VEJMM2333T	125	3297	L1	278	0944M
VECP3660T-4	50	1419	SD	103	0628M	VEJMM2333T-5	125	3020	L1	255	0944M
VECP3661T	50	1487	SD	112	0632M	VEJMM2334T	125	3510	L1	303	0952M
VECP3661T-4	50	1487	SD	105	0632M	VEJMM2334T-5	125	3510	L1	303	0952M
VECP3663T-4	50	1727	SD	108	0634M	VEJMM3116T	128	707	L1	37	3519M
VECP3664T	50	1451	SD	114	0642M	VEJMM3154T	128	758	L1	43	3522M
VECP3665T	50	1513	SD	119	0641M	VEJMM3157T	128	829	L1	46	3525M
VECP3665T-4	50	1513	SD	119	0641M	VEJMM3158T	128	878	L1	48	3528M
VECP3667T	50	1431	SD	103	0630M	VEJMM3211T	128	910	L1	74	3630M
VECP3764T	50	2140	SD	165	0737M	VEJMM3212T	128	1050	L1	63	3623M
VECP3768T	50	2165	SD	225	0748M	VEJMM3218T	128	1030	L1	84	3640M
VECP3769T-4	50	2313	SD	173	0731M	VEJMM3219T	128	1515	L1	77	3632M
VECP3770T	50	1966	SD	170	0735M	VEJMM3311T	128	1554	L1	125	3733M
VECP3770T-4	50	1966	SD	170	0735M	VEJMM3312T	128	1774	L1	121	3728M
VECP3771T-4	50	2450	SD	203	0742M	VEJMM3313T	128	1682	L1	165	3752M
VECP3774T	50	2322	SD	231	0748M	VEJMM3314T	128	2379	L1	131	3734M
VECP3774T-4	50	2322	SD	231	0748M	VEJMM3546T	125	691	L1	38	3519M
VECP4100T	50	5006	SD	503	1056M	VEJMM3546T-5	125	889	L1	38	3519M
VECP4102T	50	6534	SD	528	1062M	VEJMM3554T	125	729	L1	45	3526M
VECP4103T	50	4802	SD	483	1046M	VEJMM3554T-5	125	971	L1	41	3526M
VECP4111T	50	6877	SD	636	1260M	VEJMM3558T	125	873	L1	44	3528M
VECP82333T-4	56	3318	SD	324	0944M	VEJMM3558T-5	125	1018	L1	45	3528M
VECP82334T-4	56	3517	SD	355	0960M	VEJMM3611T	125	996	L1	74	3631M
VECP82394T-4	56	3403	SD	304	0934M	VEJMM3611T-5	125	1146	L1	70	3631M
VECP83583T-4	56	1153	SD	75	0524M	VEJMM3615T	125	1149	L1	90	3642M
VECP83584T-4	56	1199	SD	76	0530M	VEJMM3615T-5	125	1175	L1	93	3642M

⁽¹⁾ Shipping weight is approximate.

For more information visit baldor.com



Product Overview: GF1013AH



* Click for Larger Image

Catalog Number: GF1013AH
Description: F-913-10-B5-H
Ship Weight: 20 lbs.
List Price: \$424
Multiplier Symbol: GB

[View Specifications](#) | [View Operation Manual](#)

FEATURES

- Heavy duty cast iron housings
- Chill cast bronze gears
- Precision ground hardened worm
- Ball bearing on input shaft
- Tapered roller bearing on output shaft
- Industry-standard mounting dimensions
- Pre-filled with food grade (H1) Klubersynth UH1-6-460 synthetic oil
- Sealed housing provides maintenance-free

APPLICATIONS

Wide variety of applications requiring slow speed and high torque, ideal for conveyor material handling, textile machines, packaging machinery, etc.

Anexo F4: Propiedades mecánicas de la caja reductora seleccionada.

Fuente: www.baldor.com

ANEXO G

3.12	NUMERO DE LONAS RECOMENDADO EN BANDAS TRANSPORTADORAS																
	LONAS MINIMAS PARA SOPORTAR LA CARGA												MAXIMO NUMERO				
	Materiales fluidos y livianos (hasta 50 lbs/pie³). Granos, Carbón, Turba, Astillas, etc.			De 50 a 75 lbs/pie³. Borax, Arcilla seca, Cal, Azufre, Azúcar, Alúmina.			De 75 a 100 lbs/pie³. Escoria, Bauxita, Pizarra, Cemento, Caliza, Arena, etc.			Más de 100 lbs/pie³. Minerales, Rocas, Arena húmeda, Talco, etc.			DE LONAS PARA EL CORRECTO ACANALADO				
28 OZ	32 OZ		28 OZ	32 OZ	36 OZ	28 OZ	32 OZ	36 OZ	42 OZ	32 OZ	36 OZ	42 OZ	28 OZ	32 OZ	36 OZ	42 OZ	
14	3	3		4	4		5	4						5	4		
16	3	3		4	4		5	4						5	4		
18	4	4		5	4	4	6	5		5				6	5	4	
20	4	4		5	4	4	6	5		5				6	5	5	
24	4	4		5	4	4	6	6	5	5	6	6		6	6	5	5
30	4	4		5	5	5	6	6	5	5	7	6	6	8	7	6	6
36	4	4		5	5	5	7	6	6	5	8	7	6	9	8	7	7
42	4	4		6	5	5	7	7	6	6	8	7	6	10	9	8	8
48	4	4		6	5	5	8	7	7	6	9	8	7	12	11	10	10
54				7	6	6	9	8	7	6	10	9	8	13	12	11	11
60				7	6	6	9	8	7	6	10	9	8	14	13	12	12

Anexo G₁: Número de lonas recomendado en bandas transportadoras

Fuente: MANEJO DE MATERIALES, Gómez, E.-Rachadell F. (2.002

3.13	ESPESORES RECOMENDADOS PARA CUBIERTAS DE GOMA - CARA DE CARGA (PULG)			
Materiales no abrasivos o moderadamente abrasivos		Materiales abrasivos		Materiales abrasivos cortantes
Granos Astillas de madera Cal Fertilizantes		Roca fosfática Piedra caliza Carbón Arena		Granito Cuarzo Taconita Cobre
Todos los tamaños		Hasta 3"	Más de 3"	Hasta 3" Más de 3"
1/32"; 1/16"; 1/8"		1/8"; 3/16"	3/16"; 1/4"	3/16"; 1/4" 1/4"; 3/8"; 1/2"

Anexo G2: Espesores recomendados para cubiertas de goma cara de carga

Fuente: MANEJO DE MATERIALES, Gómez, E.-Rachadell F. (2.002

3.14	ESPESORES DE CUBIERTA INFERIOR QUE SE CORRESPONDEN CON LOS ESPESORES DE LA CUBIERTA SUPERIOR (PULG)	
Espesor de la cubierta Superior		Espesor de la cubierta Inferior
1/32 1/16 1/8 3/16 1/4 3/8 1/2		1/32 1/32 1/32; 1/16 1/16 1/16 3/32 1/8

**Anexo G3: Espesores de cubierta inferior que corresponden con los
espesores de la cubierta superior (pulg)**

Fuente: MANEJO DE MATERIALES, Gómez, E.-Rachadell F. (2.002

ANEXO H

Información	Calidad de la información	Factor
Datos del material disponibles de pruebas	El material realmente utilizado fue probado	1,3
	Datos representativos del material disponibles a partir de pruebas	2
	Datos suficiente a partir de pruebas	3
	Datos pocos representativos a partir de pruebas	5+
Condiciones del entorno en el cual se utilizará	Idénticas a las condiciones de prueba del material	1,3
	Esencialmente en un entorno de ambiente de habitación	2
	Entorno moderadamente agresivo	3
	Entorno extremadamente agresivo	5+
Modelos analíticos para carga y esfuerzos	Los modelos han sido probados contra experimentos	1,3
	Los modelos representan al sistema con precisión	2
	Los modelos representan al sistema aproximadamente	3
	Los modelos son una burda aproximación	5+

Anexo H: Factores de Seguridad

Fuente: Norton R. (1999)

ANEXO I

TABLA C-9 Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbono
 Datos de varias fuentes.* Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de los materiales para información más precisa.

Número SAE/AISI	Estado	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in	Dureza Brinell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa	%	-HB
1010	laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	laminado en frío	57	393	68	469	15	131
1030	laminado en caliente	38	259	68	469	20	137
	normalizado @ 1 650°F	50	345	75	517	32	149
	laminado en caliente	64	441	76	524	12	149
	templado y revenido @ 1 000°F	75	517	97	669	28	255
	templado y revenido @ 800°F	84	579	106	731	23	302
	templado y revenido @ 400°F	94	648	123	848	17	495
1035	laminado en caliente	40	276	72	496	18	143
	laminado en frío	67	462	80	552	12	163
1040	laminado en caliente	42	290	76	524	18	149
	normalizado @ 1 650°F	54	372	86	593	28	170
	laminado en frío	71	490	85	586	12	170
	templado y revenido @ 1 200°F	63	434	92	634	29	192
	templado y revenido @ 800°F	80	552	110	758	21	241
	templado y revenido @ 400°F	86	593	113	779	19	262
1045	laminado en caliente	45	310	82	565	16	163
	laminado en frío	77	531	91	627	12	179
1050	laminado en caliente	50	345	90	621	15	179
	normalizado @ 1 650°F	62	427	108	745	20	217
	laminado en frío	84	579	100	689	10	197
	templado y revenido @ 1 200°F	78	538	104	717	28	235
	templado y revenido @ 800°F	115	793	158	1 089	13	444
	templado y revenido @ 400°F	117	807	163	1 124	9	514
1060	laminado en caliente	54	372	98	676	12	200
	normalizado @ 1 650°F	61	421	112	772	18	229
	templado y revenido @ 1 200°F	76	524	116	800	23	229
	templado y revenido @ 1 000°F	97	669	140	965	17	277
	templado y revenido @ 800°F	111	765	156	1 076	14	311
1095	laminado en caliente	66	455	120	827	10	248
	normalizado @ 1 650°F	72	496	147	1 014	9	13
	templado y revenido @ 1 200°F	80	552	130	896	21	269
	templado y revenido @ 800°F	112	772	176	1 213	12	363
	templado y revenido @ 600°F	118	814	183	1 262	10	375

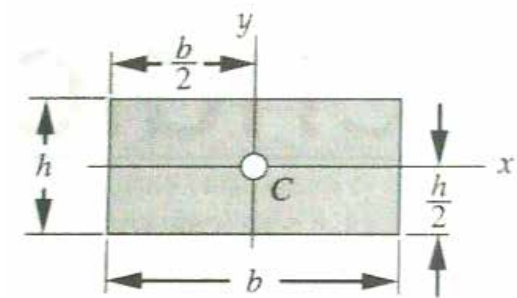
* SAE Handbook, Society of Automotive Engineers, Warrendale Pa.; Metals Handbook, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.

Anexo I: Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbono.

Fuente: Tassoni, D. (2006)

ANEXO J

$$\int_A x \, dA$$



$$A = bh$$

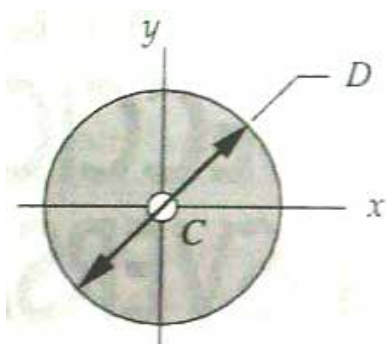
$$I_x = \frac{bh^3}{12}$$

$$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$J_z = I_x + I_y$$

$$I_y = \frac{b^3h}{12}$$

$$k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$



$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

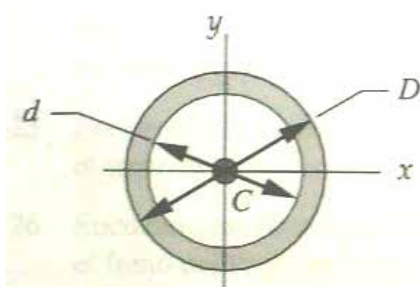
$$I_x = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$J_z = \frac{\pi D^4}{32}$$

$$I_y = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$



$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

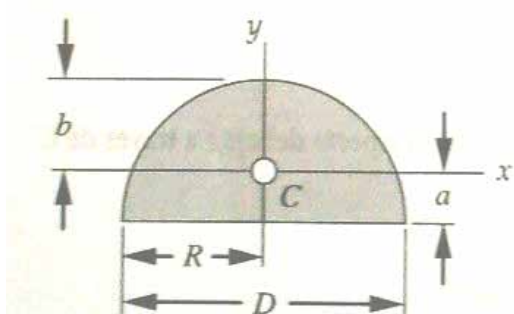
$$I_x = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

$$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$J_z = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$$

$$I_y = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

$$k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$



$$A = \frac{\pi D^2}{8}$$

$$I_x = 0.1098 R^4$$

$$a = 0.4244 R$$

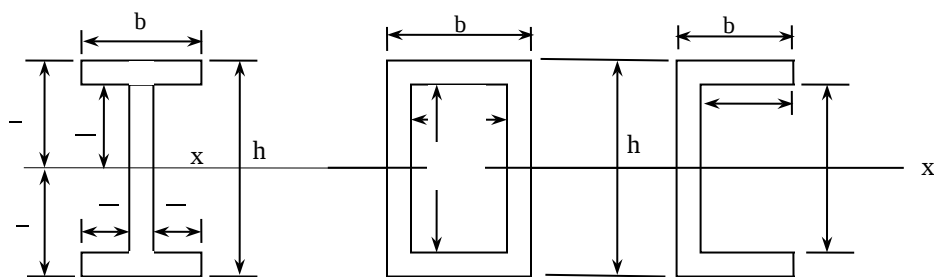
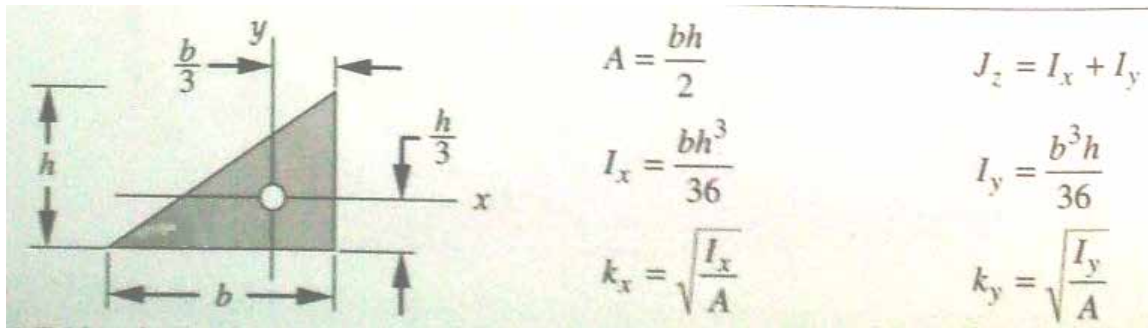
$$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

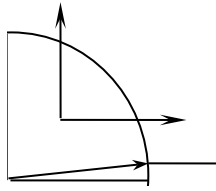
$$J_z = I_x + I_y$$

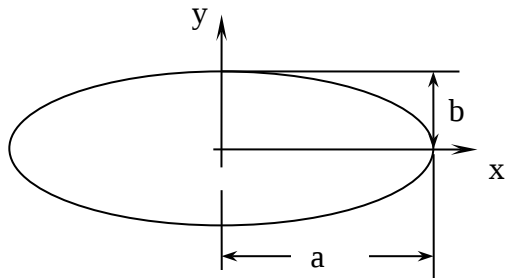
$$I_y = \frac{\pi}{8} R^4$$

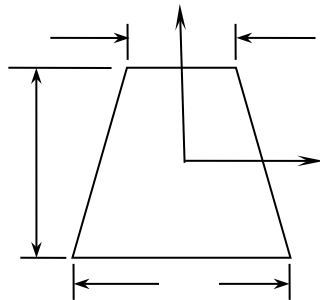
$$b = 0.5756 R$$

$$k_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$









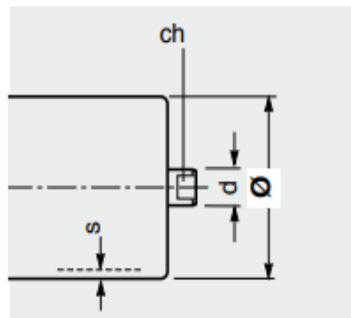
ANEXO K

Programa de producción serie PSV

La tabla indica los tipos y los diámetros de los rodillos estándares en producción según la unificación europea mediante norma DIN 15207-ISO 1537.

Bajo pedido se pueden suministrar rodillos con medidas, espesores tubo y diámetros diferentes según normas CEMA, BS, JIS, AFNOR y FEM.

 Rodillos certificados de acuerdo a la Norma ATEX/94/9/EC. Grupo Explosivo I, categoría M2 para minas, Grupo Explosivo II, categoría 2G para gas y 2D para polvo, Grupo Explosivo II, categoría 3G para gas y 3D para polvo, (Zonas 1, 2 para gas, Zonas 21, 22 para polvo).



rodillo tipo	Ø mm	ejec. base	s	eje d	ch	rodamiento	notas
PSV 1	63	N	3	20	14	6204	con tubo y eje de acero S235JR (EN 10027-1) ex Fe360 (EN 10025), St37 (DIN 17100)
	89	N	3				
	108	N	3,5				
	133	N	4				
PSV 2	89	N	3	25	18	6205	
	108	N	3,5				
	133	N	4				
	159	N	4,5				
PSV 3	89	N	3	25	18	6305	
	108	N	3,5				
	133	N	4				
	159	N	4,5				
PSV 4	89	N	3	30	22	6206	
	108	N	3,5				
	133	N	4				
	159	N	4,5				
PSV 5	89	N	3	30	22	6306	
	108	N	3,5				
	133	N	4				
	159	N	4,5				
PSV/7-FHD	108	N	4	40	32	6308	
	133	N	4				
	159	N	4,5				
	194	N	6,3				
	219	N	6,3				

Anexo K: Rodillos serie PSV.
Fuente: RULLI RULMECA S.p.a (2.010).



2 Rodillos

serie
PSV 1

Ø 63 N

Rodamiento 6204
(20 X 47 X 14)

d = 20
ch = 14
s = 3
e = 4
g = 9



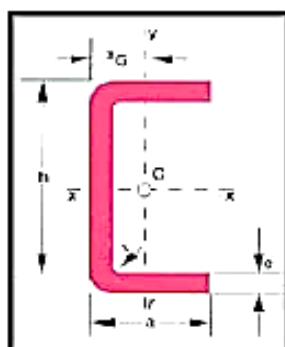
banda	rodillo												
ancho mm	dimensiones mm				peso Kg		capacidad de carga daN						
configuraciones					partes gintorias		velocidad de la banda m/s						
	B	C	A		total	0.5	1	1.25	1.5	1.75	2		
400	160	168	186	1.3	1.8	201	160	148	140	133	127		
300 500	200	208	226	1.5	2.1	201	160	148	140	133	127		
400 650	250	258	276	1.7	2.4	201	160	148	140	133	127		
500 800	315	323	341	2.0	2.9	201	160	148	140	133	127		
300 650 1000	380	388	406	2.3	3.3	201	160	148	140	133	127		
800 1200	465	473	491	2.7	3.9	201	160	148	140	133	127		
400	500	508	526	2.9	4.1	201	160	148	140	133	127		
500 1000	600	608	626	3.3	4.8	201	160	148	140	133	127		
1200	700	708	726	3.8	5.5	184	160	148	140	133	127		
650	750	758	776	4.0	5.9	172	160	148	140	133	127		
800	950	958	976	4.9	7.3	138	138	138	138	133	127		
1000	1150	1158	1176	5.8	8.7	116	116	116	116	116	116		
1200	1400	1408	1426	6.9	10.4	99	99	99	99	99	99		

Anexo K₁: Rodillos serie PSV.

Fuente: RULLI RULMECA S.p.a (2.010).

ANEXO L

Perfil C (Hierro Negro)



Código	Dimensiones			Sección	Peso	Valores estáticos relativos a los ejes XX-YY							
Lampro	h mm	a mm	e-t mm	F Cm2	g Kg/m	Jx cm4	Wx cm3	Ix cm	Xg cm	Jy cm4	Wy cm3	Iy cm	ly cm
6018	40	20	2,5	1,70	1,40	4,00	2,00	1,50	0,70	0,80	0,40	0,60	
6019			3,2	2,20	1,80	4,90	2,40	1,50	0,70	0,80	0,60	0,60	
6020	50	25	2,5	2,20	1,80	8,20	3,30	1,90	0,80	1,30	0,80	0,70	
6021			3,2	2,90	2,30	10,00	4,00	1,90	0,80	1,70	1,00	0,70	
6022	60	30	2,0	2,27	1,78	12,56	4,19	2,35	0,74	2,00	0,92	0,94	
6023			2,5	2,79	2,19	15,15	5,05	2,33	0,74	2,42	1,13	0,93	
6024			3,2	3,50	2,75	18,43	6,14	2,29	0,74	2,97	1,41	0,92	
6025	80	40	2,5	3,70	2,90	37,00	9,00	3,10	1,20	6,00	2,10	1,30	
6032			3,2	4,80	3,80	45,90	11,40	3,10	1,10	7,40	2,60	1,30	

Anexo L1: Propiedades del perfil C de hierro negro.

Fuente: HIERRO BECO_ Productos Siderúrgicos

Código	Dimensiones			Sección	Peso	Valores estáticos relativos a los ejes XX-YY						
Lampro	h mm	a mm	e=r mm	F Cm2	g Kg/m	Jx cm4	Wx cm3	Ix cm	Xg cm	Jy cm4	Wy cm3	Iy cm
6125	100	50	2,5	4,59	3,60	70,32	14,06	3,91	1,21	9,22	2,43	1,42
6132			3,2	6,10	4,80	92,60	18,60	3,90	1,50	14,80	4,20	1,60
6224	120	50	2,5	5,09	3,99	107,92	17,98	4,61	1,10	9,75	2,50	1,38
6332			3,2	6,70	5,30	142,90	23,80	4,60	0,90	16,70	4,10	1,60
6232		70	3,2	7,40	5,80	164,30	27,40	4,80	1,90	26,50	6,40	1,90
6432			3,2	7,01	5,50	190,92	27,25	5,22	1,00	11,65	2,92	1,29
6532	140	70	3,2	8,70	6,80	253,50	36,20	5,50	2,00	42,20	8,40	2,20
6538		60	3,2	8,29	6,50	303,35	37,90	6,05	1,25	21,66	4,56	1,62
6539	160	80	3,2	9,57	7,51	382,03	47,80	6,32	1,94	52,18	8,62	2,34
6534		60	3,2	8,93	7,01	402,44	44,70	6,71	1,17	22,36	4,63	1,58
6535	180	80	3,2	10,21	8,01	502,45	55,80	7,02	1,83	54,09	8,77	2,30
6536		60	3,2	9,57	7,51	519,35	51,94	7,37	1,10	22,96	4,69	1,55
6537	200	80	3,2	10,85	8,51	643,29	64,33	7,70	1,73	55,78	8,90	2,27

Anexo L1: Propiedades del perfil C de hierro negro (Cont.)

Fuente: HIERRO BECO_ Productos Siderúrgicos

Perfil Estructural Tipo "C" Hierro Negro



Ventajas

- Producto funcional, fácil de instalar.
- Flexibilidad y versatilidad en el diseño.
- Menos mano de obra para instalación.
- Estructura de soporte más liviana.
- Compatibles con cualquier material o sistema constructivo.
- Secciones económicas con alta resistencia y bajo peso.

Usos y Aplicaciones

- Vigas
- Cerchas.
- Columnas.
- Viguetas de Entrepiso
- Otros usos.

Comportamiento del Producto

Perfil	COMPRESIÓN [MPa]	FLEXIÓN [MPa]
RT6-18	241*	255*
RT6-17	246*	258*
RT6-16	248*	261
RT1-18	242*	255*
RT1-17	244*	257*
RT1-16	245*	261
RT1-13	254	277
RT1-11	261	281
RT3-18	242*	261*
RT3-13	249*	277
RT4-18	238*	261*
RT4-13	240*	277
RT4-11	250*	281

* NOTA: No debe usarse debido a que el factor de reducción es menor a uno. Usar fy = 227 Mpa

Propiedades:

- Límite de fluencia mínimo del Acero Virgen: $F_y = 227 \text{ MPa}$
- Esfuerzo último mínimo del Acero Virgen: $F_u = 340 \text{ MPa}$
- Módulo de Elasticidad: $E = 200 \text{ GPa}$
- Módulo de Rigidez: $G = 77 \text{ GPa}$

Anexo L2: Propiedades del perfil C de hierro negro.

Fuente: HIERRO BECO_ Productos Siderúrgicos

Peso total de un perfil

Ec. 31

Donde:

: Peso total de la viga (N).

: Masa por unidad de longitud (Kg/m)

L: Longitud total de la viga (m)

g: Gravedad (m/s^2) = $9,81 \text{ m/s}^2$

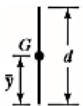
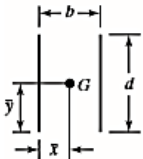
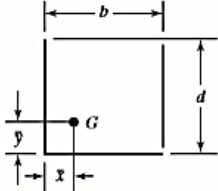
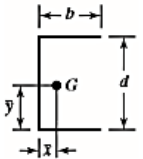
TIPO DE PERFIL	MATERIAL DEL PERFIL	MEDIDAS PRINCIPALES			DISTANCIA ENTRE SOPORTES	CAPACIDAD DE CARGA
Servicio Pesado	Hierro negro doblado en U	3 1/2"	1 1/2"	1/8"	3m	550 kg. (1200 lb.)
		88,9 mm.	38,1 mm.	3,18 mm.	1,5m	1100 kg. (2400 lb.)

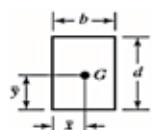
Anexo L3: Propiedades del perfil C de hierro negro.

Fuente: Equipos El Prado

Anexo M

Propiedades a la torsión y a flexión de soldaduras de filete

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar unitario del área
	$A = 0.70 \, hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
	$A = 1.41 \, hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$



$$A = 1.414h(b + d)$$

$$\bar{x} = b/2$$

$$\bar{y} = d/2$$

$$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$$

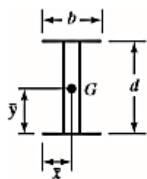


$$A = 1.414 \pi r$$

$$J_u = 2\pi r^3$$

* G es el centroide del grupo de soldaduras; h es el tamaño de la soldadura; el plano del par de torsión está en el plano de la página; todas las soldaduras son de ancho unitario.

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$



$$A = 1.414h(b + d)$$

$$\bar{x} = b/2$$

$$\bar{y} = d/2$$

$$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$$



$$A = 1.414\pi hr$$

$$I_u = \pi r^3$$

* I_u segundo momento de área, se toma respecto de un eje horizontal que pasa por G , el centroide del grupo de soldaduras, siendo h el tamaño de la soldadura; el plano del par flexionante es normal al plano de la página y paralelo al eje y ; todas las soldaduras son del mismo tamaño.

Anexo N

Catálogo de manipulador de cargas



El nuevo Indeva Liftronic® Easy⁰⁵
La especie dominante.

- > Mayores prestaciones
- > Reduce el TCO (Costo total de propiedad)

Liftronic
INDEVA
INTELLIGENT DEVICES FOR HANDLING



Nuevo Indeva Liftronic® Easy05

El nuevo Indeva Liftronic® Easy05 redefine el estándar de excelencia.

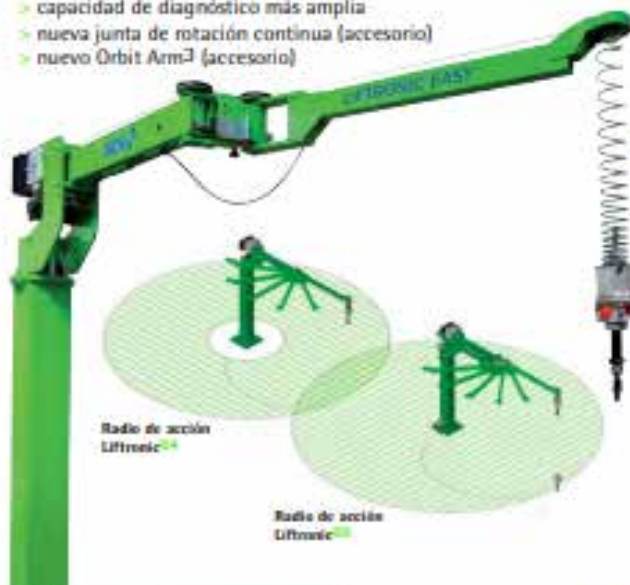
Scaglia Indeva, con sus treinta años de experiencia y constante voluntad de mejora, presenta el nuevo Indeva Liftronic® Easy 05, la nueva referencia mundial en el sector de la manipulación industrial.

Principales ventajas:

- > mantenimiento reducido y simplificado.
- > Máxima fiabilidad

Principales novedades:

- > posibilidad de controlar y registrar la posición del cabezal en eje Z
- > conector universal para el útil de toma
- > capacidad de diagnóstico más amplia
- > nueva junta de rotación continua (accesorio)
- > nuevo Orbit Arm3 (accesorio)



Accesorios

Nueva junta de rotación

El nuevo Indeva Liftronic® Easy05 está disponible también con la nueva junta de rotación que permite una rotación ilimitada del cabezal universal entorno a su eje vertical.

Nuevo Orbit-Arm3

El nuevo Indeva Liftronic® Easy05 puede dotarse con el brazo de triple articulación Orbit Arm3, para una mayor maniobrabilidad y un mayor radio de acción.



Scaglia

INDEVA

INTELLIGENT DEVICES FOR HANDLING



Scaglia INDEVA SpA
Via Mantova, 43

24013 Breno (BG) Italy

Tel. +39 0345 59 411 - Fax +39 0345 59 500

info@it.indevagroup.com www.indevagroup.com

Anexo O

Catálogo FESTO



Cuadro general de productos					
Ejecución	Tipo	Tensión de funcionamiento	Salida digital	Salida analógica	Forma
Sensor de reflexión directa	SOEG-RT	10 ... 36 V DC	PNP	—	Redonda
	Tipo básico	10 ... 30 V DC	NPN	—	Montaje en bloque
	SOEG-RTZ		PNP	—	Redonda
	Con haz de luz cilíndrico		NPN	—	
Sensor con supresión de fondo	SOEG-RTH		PNP	—	Redonda
			NPN	—	Montaje en bloque
Sensores de retro reflexión	SOEG-RSP	10 ... 36 V DC	PNP	—	Redonda
	Tipo básico	10 ... 30 V DC	NPN	—	Montaje en bloque
	SOEG-RSG		PNP	—	Montaje en bloque
	Para objetos transparentes		NPN	—	
Barrera de luz	SOEG-S	10 ... 36 V DC	—	—	Redonda
	Emisor	10 ... 30 V DC	—	—	Montaje en bloque
	SOEG-E	10 ... 36 V DC	PNP	—	Redonda
	Receptor	10 ... 30 V DC	NPN	—	Montaje en bloque
Sensor de fibra óptica	SOEG-L	10 ... 30 V DC	PNP	—	Montaje en bloque
	Tipo básico		NPN	—	
Sensor de distancia	SOEG-RTD	15 ... 30 V DC	PNP	0 ... 10 V	Montaje en bloque
Sensor de reflexión directa láser	SOEL-RT	10 ... 30 V DC	PNP	—	Montaje en bloque
	Sensor de contraste		NPN	—	
Sensor láser con supresión de fondo	SOEL-RTH		PNP	—	Montaje en bloque
			NPN	—	
Sensores de retro reflexión láser	SOEL-RSP	10 ... 30 V DC	PNP	—	Montaje en bloque
			NPN	—	
Sensor de distancia láser	SOEL-RTD	16 ... 30 V DC	2x PNP	4 ... 20 mA	Montaje en bloque
		18 ... 28 V DC	—	0 ... 10 V	
Sensor de colores	SOEC-RT	10 ... 30 V DC	3x PNP	—	Montaje en bloque

Barreras de luz SOEG-S/E

Hoja de datos

FESTO

Referencias								
Tamaño	Alcance [mm]	Función	Funcionamiento de salida	Salida digital	Conexión eléctrica			
					Cable		Conector tipo clavija	
					Nº art.	Tipo	Nº art.	Tipo
M18, salida recta del haz de luz								
	20 000	Emisor	—	—	537 691	SOEG-S-M18-K-L	537 703	SOEG-S-M18-S-L
		Receptor	Antivaliente	PNP	537 692	SOEG-E-M18-PA-K-2L	537 704	SOEG-E-M18-PA-S-2L
				NPN	537 709	SOEG-E-M18-NA-K-2L	537 711	SOEG-E-M18-NA-S-2L

Anexo O: Características del sensor de barrera de luz

Fuente: www.festo.com

Anexo P

Catálogo APEM

For full series information:
www.apem.com

IHS series

Hall effect pushbutton switches •
bushing Ø 12 mm • momentary

DISTINCTIVE FEATURES

- Momentary pushbutton (NO)
- 5 million cycles
- Low behind-panel depth
- Standard and high actuator
- Sealed to IP67

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

- Front panel sealing : IP67 according to IEC 60529
- Operating temperature : -40°C to +85°C

WIRING DIAGRAM



MATERIALS

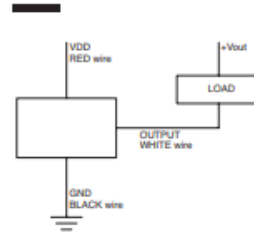
- Case : PBT, UL94-V0
- Actuator : polyamide 6/6
- Bushing/bezel : zinc die-cast (zamac), black painted
- Multi-wire leads : AWG26, 150 mm

PANEL SWITCHES



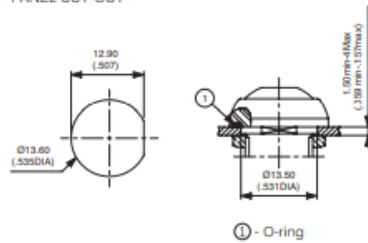
ELECTRICAL SPECIFICATIONS

- Supply voltage : 3,5VDC to 24VDC
- Supply current : VDC = 12V : 2,5mA Typ. to 5mA max.
(current consumption in OFF position)
- Max. output current : 50mA
- Max. output voltage : 24VDC
- Output type : NPN

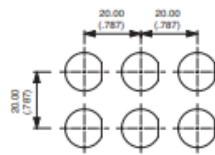


MOUNTING

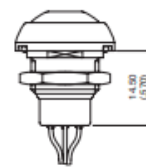
PANEL CUT-OUT



MATRIX MOUNTING



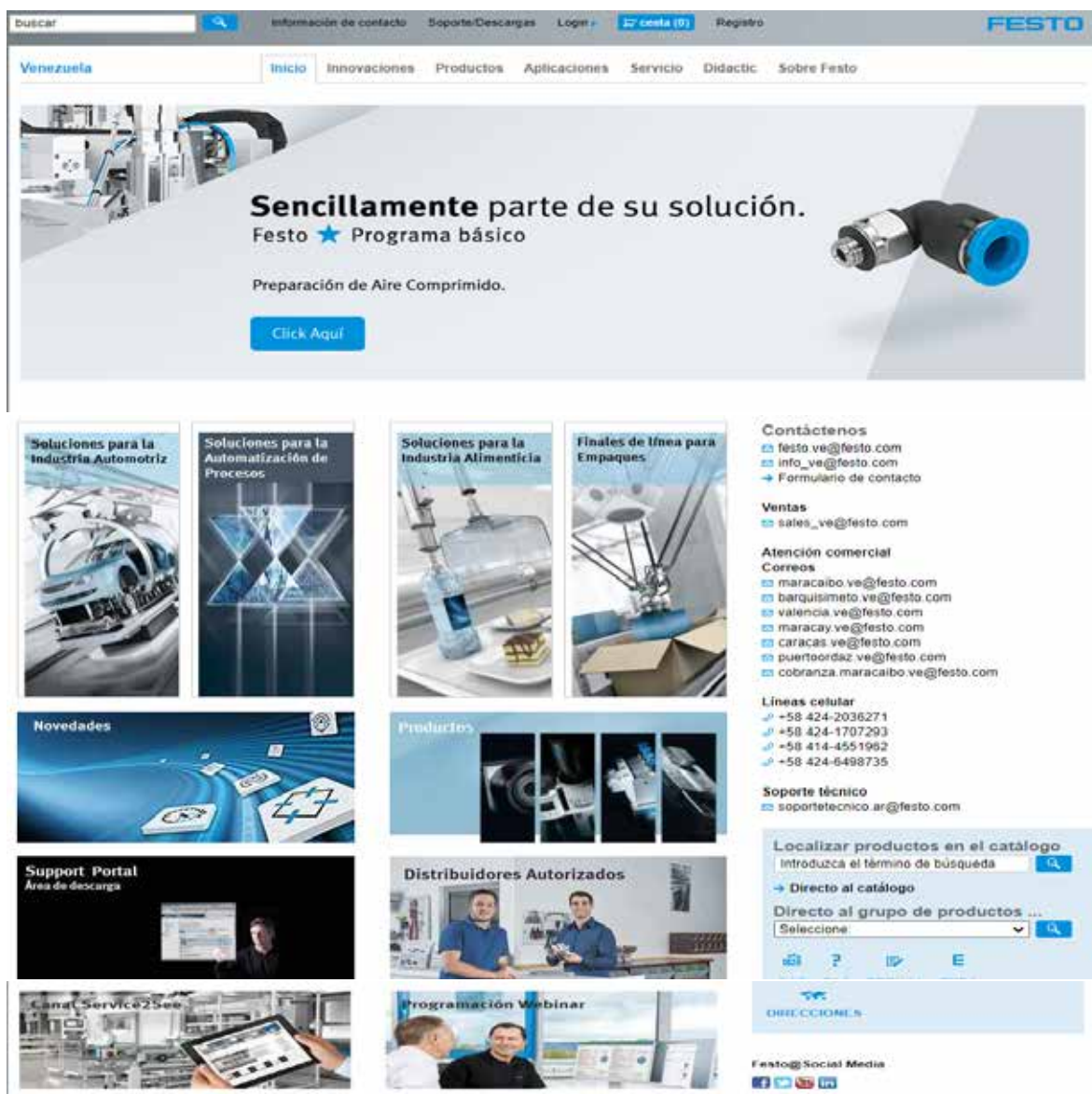
BACK OF PANEL SPACE REQUIREMENT



The company reserves the right to change specifications without notice.

Anexo Q

Catálogo FESTO



Novedades

[Estrellas de la neumática](#)
[Actuadores neumáticos](#)
[Sistemas de posicionamiento servoneumático](#)
[Automatización eléctrica](#)
[Plinza](#)
[Manipulación](#)
[Técnica de vacío](#)
[Válvulas](#)
[Terminales de válvulas](#)
[Motion Terminal](#)
[Sensores](#)
[Sistema de visión](#)
[Preparación de aire comprimido](#)
[Tecnología neumática de conexiones](#)
[Tecnología de conexiones eléctricas](#)
[Tecnología de control y periferia eléctrica](#)
[Sistemas con función específica](#)
[Eficiencia energética en Festo](#)
[Seguridad en máquina](#)

Industria 4.0

[Controlador CODESYS CPX-CEC](#)

Unidad de control CPX-CEC-C1/S1/M1-V3 con CODESYS y OPC-UA



Industria 4.0: por vez primera plena funcionalidad CODESYS de la versión V3 con OPC-UA en un terminal de válvulas IP65 con I/O remotas y conexión opcional a la nube

Permite amplias funciones de control de movimientos en los componentes neumáticos y eléctricos in situ, p. ej., con el nuevo editor integrado CNC 3D según DIN 66025 (código G), así como la integración en entornos HOST de Industria 4.0

En combinación con los terminales de válvulas MPA y VTSA o con Festo Motion

Terminal VTEM, hay ahora disponible una interfaz unificada para la inteligencia descentralizada: a través del lenguaje de programación unitario conforme a IEC61131-3, la interfaz Ethernet y las bibliotecas de funciones.

- Control integral de máquinas pequeñas o subsistemas complejos
- Una plataforma para los componentes eléctricos y neumáticos
- Una plataforma para el control de fluidos y movimientos, incluida una biblioteca de funciones para actuadores eléctricos
- Integración en todos los entornos de Ethernet y de bus de campo
- Configuración sencilla del sistema completo mediante CODESYS
- Modularidad y flexibilidad máximas del sistema completo en IP65, permitiendo así una adaptación sencilla
- Opcional: conexión a la nube de Festo mediante el gateway CPX-IOT



Festo Cloud via
CPX-IOT Gateway
OPC-UA/AMQP/MQTT

[Información técnica sobre el terminal CPX](#)

[Información sobre tecnología de control](#)

[Video: Control integrado CPX-CEC](#)

[Terminal CPX en el catálogo](#)

[Terminal de válvulas MPA en el catálogo](#)

[Terminal de válvulas VTSA en el catálogo](#)

Ampliación de funciones con CODESYS V3	Prestaciones
"CODESYS provided by Festo" basado en CODESYS V3	• Pantallas de inicio Festo • Ayuda online específica de Festo • Librería Festo
Funciones Motion Control CODESYS	• Motion es un componente del entorno PLC • PLCopen parte 1 y parte 2 • Bloques funcionales para un eje • Bloques funcionales para varios ejes (Gearin, Phasing, Camlin) • Editor CAM y funciones • Editor CNC y funciones • Ayuda online extensa y actualizada sobre todas las funciones
Editor CNC en 3D según DIN 66025 (código G)	• Entrada de código G en 3D gráfico y textual • Diseño de ruta en formato de tabla • Importación DXF
Solución Motion Control ampliada con CPX-CEC-M1-V3	• PLCopen parte 1 + 2, funcionalidad CNC adicional, seguridad • Pueden crearse módulos de función o librerías adicionales para tareas de aplicación especiales, p. ej. librería Gantry de Festo: solución potente, programación de movimiento cómoda y sencilla • Motion Control, p. ej., interpolación 3D, forma parte de un entorno PLC, precio reducido: economía • Motion Control puede combinarse con toda la gama de I/O + neumática de CPX. Cómodas posibilidades de combinación • Editor confortable para introducir datos 3D: cómoda programación de la tarea de movimiento.

Anexo Q1: PLC FESTO seleccionado

Fuente: Catálogo FESTO (2.020)

Un terminal, unas E/S remotas, gran cantidad de módulos

Estos son los elementos imprescindibles para obtener un máximo de conectividad. La automatización del futuro –sobre todo en la industria 4.0– está determinada sobre todo por esta modularidad, versatilidad y capacidad de comunicación.

La diversidad de módulos de la periferia eléctrica CPX proviene de este reconocimiento. Pero vea usted mismo más abajo, módulo por módulo, las posibilidades que ofrece CPX para el sistema neumático y eléctrico.

Datos técnicos	
Electricidad	
Fuente de alimentación - Electrónica más sensores - Actuadores más válvulas	24 V, máx. 16 A 24 V, máx. 16 A
Conexión para la alimentación de la tensión	M18: 4 polos, 7/8": 4 o 5 polos AIDA push-pull
Consumo de corriente	En función de la estructura del sistema
Parte mecánica	
Patrón uniforme	50 mm
Dimensiones del módulo (Ancho x largo x alto)	50 x 107 x 50 mm. con módulo de encadenamiento
Técnica de conexión	10 técnicas de conexión/selección entre clases de protección IP20 y IP65/67
Medio ambiente	
Tipo de protección según EN 60529	IP20/IP65/IP67 en función de la técnica de conexión utilizada
Clasificación según sustancias perjudiciales para la adherencia de la pintura	Sin sustancias que afecten la pintura
Tipos de módulo: nodos de bus	
CPX-FB6	Interbus
CPX-FB11	DeviceNet
CPX-FB13	Profibus-DP
CPX-FB14	CANopen
CPX-FB20/21	Cable de fibra óptica interbus (rugged line)
CPX-FB23/24	CC-Link versión 1.0/ versión 2.0
CPX-FB32	EtherNet/IP
CPX-FB33	PROFINET (2xM12)
CPX-M-FB34	PROFINET (2xRJ45, CU)
CPX-M-FB35/41	PROFINET (2xSCRJ, FO)/(1xSCRJ, FO)
CPX-M-FB36	EtherNet/IP (switch integr.), Modbus TCP/IP
CPX-FB37/38	EtherCat (2 x M12)
CPX-FB39	SERCOS III
CPX-FB40	Powerlink
CPX-CEC-S1-V3	Controlador front-end CODESYS con interfaz serie, Ethernet: Modbus TCP, EasyIP
CPX-CEC-C1-V3/CPX-CEC-M1-V3	Controlador front-end CODESYS con master CANopen, Ethernet: servidor Modbus TCP, Easy IP. Interfaz OPC-UA opcional para industria 4.0 . M1: con librería CODESYS-Softmotion para Motion Control hasta 3D
Conexión neumática	
VMPA-FB-EPL-...	MPA con máx. 128 bobinas magnéticas
VMPAL-EPL-...	MPA-L con máx. 32 bobinas magnéticas
VABA-S6-1-X1 /-X2	VTSA con máx. 32 bobinas magnéticas



Interacción perfecta: CPX, cables y conectores propios de Festo. Instalación óptima, procesos de pedido sencillos y un solo suministro.



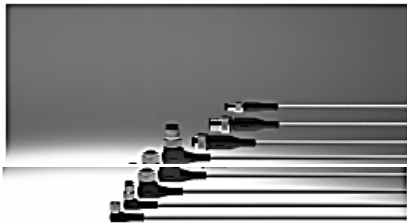
NEDY: distribuidor en T M12/M12, M8/M8, M12/M8



NEDY: distribuidor en Y para todo: todas las combinaciones M8, M12 de 0,30 a 30 m

Anexo Q2: Propiedades PLC FESTO seleccionado

Fuente: Catálogo FESTO (2.020)



Cables de interconexión suministrables desde almacén o configurados y fabricados especialmente para usted



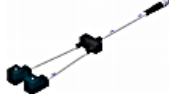
Conector de bobina NEBV



NEBV M12/M8



NEDY: distribuidor en Y para bobinas de válvula M8/M12, hasta 30 m



NEDY: distribuidor en Y para bobinas de válvula Festo, hasta 30 m



NEDY: distribuidor en Y para bobinas de válvula según norma, hasta 30 m

Módulos I/O digitales	
CPX-16DE	16 entradas (PNP)
CPX-16DE-D	16 entradas (PNP) + diagnóstico
CPX-L-16DE-16-KL-3POL	16 entradas (PNP), 16 regletas de bornes, 3 polos
CPX-8DE	8 entradas (PNP)
CPX-4DE	4 entradas (PNP)
CPX-4DA	4 salidas (PNP/1 A)
CPX-8DE-8DA	8 entradas (PNP) más 8 salidas (PNP/0,5 A)
CPX-L-8DE-8DA-16-KL-3POL	8 entradas (PNP) más 8 salidas (PNP/0,25A), 16 regletas de bornes, 3 polos
CPX-8DE-D	8 entradas (PNP) + diagnóstico
CPX-8NDE	8 entradas (NPN)
CPX-8DA	8 salidas (PNP/0,5 A)
CPX-8DA-H	8 salidas de elevada intensidad (PNP/2,0 A)
CPX-FVDA-P2	Módulo de salida PROFIsafe: módulo de corte para tensión de válvula y 2 salidas independientes adicionales (PNP/1,5 A)
CPX-F8DE-P	Módulo de entrada PROFIsafe: 4/8 entradas de tipo 2 digitales de seguridad Ple/Cat.4/SIL3. Conectable: sensores con contacto/OSSD. Opcional: variante del módulo bajo pedido para la identificación segura de un CPX.
Módulos de I/O analógicas	
CPX-2AE	2 entradas (0/4 a 20 mA, 0 ... 10 V)
CPX-2AA	2 salidas (0/4 a 20 mA, 0 ... 10 V)
CPX-4AE-I	4 entradas (12 bits, 0/4 ... 20 mA)
CPX-4AE-U-I	4 entradas, 15 bits (0/4 ... 20 mA, ±20 mA, 0 ... 10 V, ±10 V, ±5 V)
CPX-4AE-TC	4 entradas (12 bits/medida de temperatura termopares, -270 °C a 1820 °C)
CPX-4AE-T	4 entradas (12 bits/medida de temperatura sensores de temperatura, -200 °C a 850 °C)
CPX-4AE-P	4 entradas (10 bits) como módulo sensores de presión integrado, 4 presiones absolutas/2 presiones diferenciales, versiones para 1 ... 10 y -1 ... +1 bar
Módulos de tecnología	
CPX-2ZE2DA	2 entradas rápidas (contador), 2 salidas rápidas, entradas hasta 100 kHz/1 MHz con 24 V/5 V, salidas hasta 20 kHz (PWM), también como controlador para motor DC 24 V
CPX-CM-HPP	Gateway de bus de campo hasta 2 x 4 ejes asíncronos
CPX-CMPX	Regulación de posiciones finales Soft Stop, hasta 8 accionamientos neumáticos
CPX-CMAX	Controlador de posición servoneumático, hasta 8 accionamientos neumáticos
CPX-CMIX-M1-1	Módulo de medida para cilindro con sistema de medida de desplazamiento
CPX-CP-4-FB	Interface para el sistema de instalación descentralizado, hasta 512 (4 x 128) E/S
CPX-CTEL-4-M12-5polos [T40 ... T44]	Master para 4 dispositivos I-Port
CPX-CTEL-2-M12-5POL-LK [T45...T48]	Conexión IO-Link para equipos IO-Link (solo a PROFINET/SERCOS)

Anexo Q2: Propiedades PLC FESTO seleccionado (Cont.)

Fuente: Catálogo FESTO (2.020)

Anexo R

Tasa de cambio

Tipo de Cambio de Referencia



BANCO CENTRAL DE VENEZUELA

El tipo de cambio publicado por el BCV es el promedio ponderado resultante de las operaciones diarias de las mesas de cambio activas de las instituciones bancarias participantes.

€ Bs/EUR	3.711.312,98
¥ Bs/CNY	473.294,57
₺ Bs/TRY	363.411,01
₽ Bs/RUB	41.492,38
\$ Bs/USD	3.045.129,91

Fecha Valor: Martes, 25 Mayo 2021

Anexo R: Tasa de cambio oficial
Fuente: Banco Central de Venezuela BCV (2.021)

