UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE MATRIZ CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA:

“DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PARA EL PRODUCTO DE LA LÍNEA 1 Y AUTOMATIZACIÓN PARA LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS EN LA EMPRESA METAL PRINT NARVÁEZ”

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO MECÁNICO MENCIÓN EN DISEÑO DE MAQUINAS.

AUTORES:

Ángel Remigio Cárdenas Encalada.

Luis Geovanny Calle Méndez.

DIRECTOR

Ing. Vinicio Sánchez Mgst.

Cuenca Mayo-2010

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Ángel Remigio Cárdenas Encalada y Luis Geovanny Calle Méndez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigentes

---------- ----------

Ángel Remigio Cárdenas Encalada Luis Geovanny Calle Méndez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los estudiantes. Ángel Remigio Cárdenas Encalada y Luis Geovanny Calle Méndez, bajo mi dirección y supervisión.

…….

Ing. Vinicio Sánchez Mgst.

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi tesis a mis Padres "**ÁNGEL Y LUISA**" por brindarme toda su dedicación y cooperación, por sus sabios consejos de superación, y por apoyarme incondicionalmente en mis estudios, también quisiera dedicarles a mis hermanos "**JHOANNA Y JOSUÉ**" por brindarme todo el apoyo emocional, GRACIAS FAMILIA.

A mis grandes amigos Cristian C, Jorge A, Luis C y María T, que siempre estuvieron en los momentos difíciles, gracias por su comprensión. GRACIAS AMIGOS.

Y también a los docentes de la UPS que me brindaron sus conocimientos, para realizar un trabajo de calidad, y a los dueños de la fábrica METAL PRINT NARVÁEZ por dejarme entrar en sus instalaciones.

Ángel Remigio Cárdenas Encalada.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a **LUIS Y GLADYS** que siempre han sabido apoyarme en todo este tiempo de vida universitaria con sus consejos y su aliento de superación, ellos han hecho todo lo posible para poder cumplir mis metas LOS QUIERO.

También dedico a mi esposa **VIVI** y a mi hija **SAMY** que son mi razón de vivir y mis motivos para seguir adelante en mis estudios, ellas han compartido junto a mí, alegrías, tristezas en todo los momentos. LAS AMO.

Dedico también a mis hermanos **CÉSAR, FREDDY, TEFFY**, amigos **CRISTIAN, FABIÁN, MAURICIO, ÁNGEL**, con quienes he compartido momentos de estudio, de juegos y sobre todo momentos de compartir experiencias, alegrías y tristezas. GRACIAS AMIGOS.

Luis Geovanny Calle Méndez.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I

DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE TRANSPORTE DE LA LÍNEA 1 Y RECUBRIMIENTO METÁLICO DE LA LÍNEA 5.

INTRODUCCIÓN...……. 2

Historial…….. 2

Distribución actual de la planta METAL PRINT NARVÁEZ……..... 6

Etapas de procesos de manufactura en la empresa……. 7

Análisis del estado actual de la línea 1 de inyección y de la línea 5 de Recubrimientos metálicos (convencional)…… 10

Análisis de pérdidas de tiempo en la línea 1…… 20

Lista de verificación de tiempos…… 21

Analisis del tiempo perdido en el periodo abril-mayo…….....32

Estado actual de la línea 5 de Recubrimientos Metálicos Convencional….....34

Estado actual del puente grúa…….. 40

Estado actual del conjunto motriz……41

Estado actual del elevador eléctrico o tecle……42

Estado actual del soporte del conjunto motriz…… 42

Estado actual de las líneas eléctricas en los tanques de recubrimiento……43

Estado actual de los tanques 3 y 4…….. 44

Análisis estructural del puente grúa de la línea 5……..... 45

CAPITULO II

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE Y ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

INTRODUCCIÓN……...... 48

Bandas Transportadoras…….. 48

Transportadores de banda……..... 53

Cálculo de los transportadores con banda de acero……. 62

Elementos para la automatización……... 67

Controlador Lógico Programable (PLC)……. 73

Reductor de Velocidad…….....75

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA LÍNEA 1 Y AUTOMATIZACIÓN EN LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA LÍNEA 1

INTRODUCCIÓN……..... 79
Datos Iníciales para el cálculo…….. 79
Elección del paso de la cadena……..... 80
Cálculos para la elección de la catalina…… 82
Elección del tipo de transportador……. 85
Cálculo de la fuerza de tracción en la cadena……. 87
Cálculo de tracción de trabajo de la cadena……..... 88
Carga de tracción por cadena…… 89
Carga de rotura mínima…… 89
Cálculo de la potencia a instalar…… 90
Cálculo de tracción del transportador…….. 90
Cálculo de ressitencia y selección de los equipos……. 93
Cálculo del ancho de la banda……. 97
Selección del mecanismo de tensión……..... 99
Cálculo de la unión por tornillo del mecanismo de tensión……..... 101
Conjunto de transmisión…… 106

AUTOMATIZACIÓN EN LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

INTRODUCCIÓN..... 108
Elección del polipasto…… 109
Características y dimensiones de polipastos eléctricos…… 111
Caracterísitcas guías del polipasto…… 112
Diseño del puente grúa…….. 114
Comprobación de las tensiones en la viga carril…….. 123
Deformación máxima en la viga carril……..... 124
Cálculo del pórtico soporte de la viga carril……..... 127
Comprobación de las tensiones en la viga pórtico…… 133
Deformación máxima en la viga del pórtico…… 135

Cálculo de columna…….. 138
Cálculo de la placa base de columna…… 145
Cálculo de pernos de sujeción en la estructura……..... 150
Análisis de las paredes de los tanques de recubrimientos metálicos…… 152
Elección del sistema de control automático para el puente grúa…… 158

CAPITULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO

INTRODUCCIÓN……. 166
Costo de la banda transportadora y mesa de descarga…… 167
Costo del puente grúa y tanques de recubrimientos metálicos……..... 171
Costo total del proyecto……. 178
Flujo de caja…….. 179
Factibilidad económica del proyecto…… 181
Flujo de caja de la banda transportadora……. 182
Flujo de caja del puente grúa automático…… 183
Análisis……..... 184

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE TRANSPORTE DE LA LÍNEA 1 Y RECUBRIMIENTO METÁLICO DE LA LÍNEA 5.

Figura. 1.1: Productos elaborados de ZAMAK…….. 3

Figura. 1.2: Medallas y Llaveros……..... 3

Figura. 1.3: Jaladeras y Promociones…….…… 3

Figura. 1.4: Diagrama de procesos……..... 4

Figura. 1.5: Propiedades del ZAMAK 5……..... 4

Figura. 1.6: Propiedades Mecánicas ZAMAK 5……..... 5

Figura. 1.7: Distribución de la planta……. 6

Figura. 1.8: Proceso de manufactura……... 7

Figura. 1.9: Esquema del proceso de inyección…….. 8

Figura. 1.10: Foto del área de almacenamiento……...9

Figura. 1.11: Etapas para el recubrimiento metálico (convencional)…… 10

Figura. 1.12: Diagrama Causa-Efecto 1…….. 12

Figura. 1.13: Piezas Inyectadas 1…… 13

Figura. 1.14: Maquina Inyectora 1…….. 14

Figura. 1.15: Maquina Inyectora 2…….. 15

Figura. 1.16: Depósitos de transporte……. 16

Figura. 1.17: Depósito de Almacenamiento 1……..... 16

Figura. 1.18: Depositos de Transporte…….....17

Figura. 1.19: Deposito de Almacenamiento…… 17

Figura. 1.20: Área de Almacenamiento……...18

Figura. 1.21: Diagrama de Pareto……... 20

Figura. 1.22: Analisis de Tiempos del 27 de Abril al 1 de Mayo……... 21

Figura. 1.23: Diagrama de Pareto del 27 de Abril al 1 de Mayo……... 22

Figura. 1.24: Analisis de Tiempos del 4 al 8 de Mayo…….……. 23

Figura. 1.25: Diagrama de Pareto del 4 al 8 de Mayo……..... 24

Figura. 1.26: Analisis de Tiempos del 11 al 15 de Mayo……... 25

Figura. 1.27: Diagrama de Pareto del 11 al 15 de Mayo……..... 26

Figura. 1.28: Analisis de Tiempos del 18 al 22 de Mayo……... 27

Figura. 1.29: Diagrama de Pareto del 18 al 22 de Mayo……..... 28
Figura. 1.30: Analisis de Tiempos del 25 al 29 de Mayo……... 29
Figura. 1.31: Diagrama de Pareto del 18 al 22 de Mayo……..... 30
Figura. 1.32: Analisis del Tiempo en el perdido Abril-Mayo……..... 31
Figura. 1.33: Diagrama de Pareto de Abril-Mayo……... 32
Figura. 1.34: Fotografía de la línea 5 de recubrimientos metálicos……... 34
Figura. 1.35: Tanque de Desengrase……... 35
Figura. 1.36: Tanque de enjuague……... 35
Figura. 1.37: Tanque de acido clorhídrico + agua…….. 36
Figura. 1.38: Tanque de enjuague……... 37
Figura. 1.39: Tanque de recubrimiento metálico cobre…….. 37
Figura. 1.40: Tanque de enjuague……38
Figura. 1.41: Tanque de recubrimiento metálico latón……... 38
Figura. 1.42: Tanque de recubrimiento metálico cobre…….. 39
Figura. 1.42: Puente…….....40
Figura. 1.43: Puente Grúa……40
Figura. 1.44: Conjunto motriz……..... 41
Figura. 1.45: Elevador……..... 42
Figura. 1.46: Soporte del conjunto motriz…….. 42
Figura. 1.47: Líneas de conexión……43
Figura. 1.48: Tanques del paso 3 y 4…….. 44
Figura. 1.49: Análisis de simulación del puente……. 45
Figura. 1.50: Análisis de simulación del puente……. 45
Figura. 1.51: Análisis de simulación del puente……. 46

CAPITULO II

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE Y ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

Figura. 2.1: Transportadores de Banda……..... 49
Figura. 2.2: Tranportadores de Tablillas…….. 50
Figura. 2.3: Tranportadores de cangilones…… 50
Figura. 2.4: Transportadores de Tornillo…….. 51
Figura. 2.5: Tranportadores de Vibración…… 51
Figura. 2.6: Tranportadores de Rodillos……. 52

Figura. 2.7: Transportadores de Neumaticos……. 52
Figura. 2.8: Elementos de un transportador de Banda…….. 53
Figura. 2.9: Esquema de los transportadores……. 54
Figura. 2.10: Esquema de diferentes recubrimientos para bandas…… 54
Figura. 2.11: Esquema del tambor de accionamiento…… 55
Figura. 2.12: Esquema del rodillo de apoyo……...…… 56
Figura. 2.13: Seccion en U de los rodillos de apoyo…….. 56
Figura. 2.14: Conjunto de transmisión…… 57
Figura. 2.15: Esquemas del sistema de tensión……... 58
Figura. 2.16: Esquemas del dispositivo de tensión…… 59
Figura. 2.17: Embudo para la carga…… 60
Figura. 2.18: Descarga del transportador de banda…… 61
Figura. 2.19: Bandas Metalicas……... 62
Figura. 2.20: Tipo de Microrruptores……. 68
Figura. 2.21: Tipos de contactos de finales de carrera……..... 69
Figura. 2.22: Partes principales de un sensor fin de carrera……..... 70
Figura. 2.23: Fotocélulas ON/Off y Fotocélula y Accesorio Reflector…..... 70
Figura. 2.24: Sensores Inductivos……... 71
Figura. 2.25: Sensor Óptico de Barrera…….. 72
Figura 2.26: Partes principales de un PLC……. 73
Figura 2.27: Despiece motorreductor…….. 77

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA LÍNEA 1 Y AUTOMATIZACIÓN EN LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA LÍNEA 1

Figura. 3.1: Diagrama de flujo elección del paso de la cadena…….. 80
Figura. 3.2: Gráfico de una Cadena con sus Accesorios…… 81
Figura. 3.3: Cotas principales de una catalina…… 82
Figura. 3.4: Transportador del Grupo A…… 85
Figura. 3.5: Transportador del Grupo B…… 85
Figura. 3.6: Transportador del Grupo C…… 86

Figura. 3.7: Transportador del Grupo D…… 86
Figura. 3.8: Transportador del Grupo D…… 86
Figura. 3.9: Esquema de transportador inclinado……..... 87
Figura. 3.10: Puntos de tracción en el transportador……. 90
Figura. 3.11: Esquema de Reacciones y Momentos en el eje…… 95
Figura. 3.12: Esquema del eje de tensión en la catalina……. 96
Figura. 3.13: Ejemplos de mecanismos de tensión……..…… 99
Figura. 3.14: Esquema del dispositivo de tensión…….. 100

AUTOMATIZACIÓN EN LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

Figura. 3.15: Polipasto…… 112
Figura. 3.16: Tipos de vigas…… 113
Figura. 3.17: Tipos de vigas……..... 116
Figura 3.18: Fuerzas distribuida en la viga carril……..... 117
Figura 3.19: Diagramas de Corte y Momento…… 118
Figura 3.20: Fuerzas puntuales viga carril……. 119
Figura 3.21: Fuerzas puntuales viga carril……. 120
Figura 3.22: Deformación de la viga carril……. 125
Figura 3.23: Fuerza distribuida y puntual en el pórtico……. 127
Figura 3.24: Fuerza distribuida peso de la viga……. 128
Figura 3.25: Diagramas de Corte y Momento…… 129
Figura 3.26: Fuerza puntual en la viga del pórtico…… 130
Figura 3.27: Diagramas de Corte y Momento…… 131
Figura 3.28: Deformación de la viga……..... 135
Figura 3.29: Deformación de la viga por carga concentrada……..... 136
Figura 3.30: Deformación de la viga por carga distribuida……. ……... 137
Figura 3.31: Columna…….. 138
Figura 3.32: Columna con extremos articulados…… 139
Figura 3.33: Columna con carga en el centro……. 140
Figura 3.34: Diagrama de esfuerzos……..... 144
Figura 3.35: Pandeo de Columna con respecto a x-x……. 144
Figura 3.36: Reacciones producidas en la columna…… 145

Figura 3.37: Dimensiones de placa base……. 147
Figura 3:38: Área de mayor esfuerzo en la placa……..... 148
Figura 3.39: Disposición de agujeros…….. 151
Figura 3.40: Dimensión del Tanque de recubrimientos Metálicos……. 152
Figura 3.41: Distribución de Esfuerzos……... 152
Figura 3.42: Distribución de Esfuerzos y Deformación……. 154
Figura 3.43: Esquema de las etapas de procesos secuenciales……..... 158
Figura 3.44: Ubicación de finales de carrera sobre la viga……. 159
Figura 3.45: Final de Carreta Tipo Bigote de Gato…… 160
Figura 3.46: Interruptor de proximidad Inductivo……. 161
Figura 3.47: Variador de Frecuencia……... 162
Figura 3.48: Esquema Simplificado del Control del Puente mediante PLC…….. 163

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA LÍNEA 1 Y AUTOMATIZACIÓN EN LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA LÍNEA 1

Tabla. 3.1: Datos iníciales……..... 79

Tabla. 3.2: Elección del Paso de Cadenas Normalizadas……..... 81

Tabla. 3.3: Elección de la Constante x……..... 82

Tabla 3.4: Elección de la constante k…….. 85

Tabla 3.5: Coeficiente de rozamiento de la cadena……..... 87

Tabla 3.6: Coeficiente f_1..... 88

Tabla 3.7: Coeficiente f_2…….. 88

Tabla 3.8: Factor de seguridad S……. 89

Tabla 3.9: Catalogo de Motorreductor……...……. 93

Tabla 3.10: Datos técnicos…… 97

Tabla 3.11: Coeficiente k'_α …….. 98

Tabla 3.12: Selección de reductores……..... 106

Tabla 3.13: Elección de polipastos……. 110

Tabla 3.14: Tipos de polipastos eléctricos……...111

Tabla 3.15: Características Mecánicas del Polipasto……. 112

Tabla 3.16: Tipos de perfiles……..... 115

Tabla 3.17: Tipos de perfiles……. 128

CAPITULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO

Tabla 4.1: Costo de maquinaria para la construcción de banda transportadora..167

Tabla 4.2: Costo de elementos para la construcción de la banda transportadora 168

Tabla 4.3: Costo de maquinaria para la construcción de la mesa de descarga… 169

Tabla 4.4: Costo de elementos para la construcción de la mesa de descarga…….. 169

Tabla 4.5: Costo de maquinaria para la construcción de la estructura del Puente... 171

Tabla 4.6: Costo de elementos para la construcción estructura del Puente Grúa… 172

Tabla 4.7: Costo de maquinaria para la construcción de soporte del tambor…….. 173

Tabla 4.8: Costo de elementos para la construcción de soporte del tambor…… 173

Tabla 4.9: Costo de maquinaria para la construcción del tanque de recubrimiento metálico en plancha negra…….....174

Tabla 4.10: Costo de elementos necesarios para la construcción del tanque de recubrimiento metálico en plancha negra…….174

Tabla 4.11: Costo de maquinaria necesaria para la construcción del tanque de recubrimiento metálico en acero inoxidable…….....176

Tabla 4.12: Costo de elementos necesarios para la construcción del tanque de recubrimiento metálico en acero inoxidable…….....176

Tabla 4.13: Costo total del Proyecto……178

Tabla 4.14: Ingreso Mensual Estimado de la Banda Transportadora…….. 179

Tabla 4.15: Ingreso Mensual Estimado del Puente Grúa Automático…….....180

Tabla 4.16: Factibilidad Económica de la Banda Transportadora……182

Tabla 4.17: Factibilidad Económica del Puente Grúa Automático……..183

CAPITULO 1

DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE TRANSPORTE DE LA LÍNEA 1 Y RECUBRIMIENTO METÁLICO DE LA LÍNEA 5

1.1. INTRODUCCIÓN:

En el presente capitulo se analizará los problemas a detalle que se encuentran en la línea 1 de inyección y en la línea 5 de recubrimientos metálicos de la empresa ***"METAL PRINT NARVÁEZ"***.

Se recolectaron datos técnicos y dimensiones, a fin de conocer el estado actual de la línea 1 y línea 5 para tener una idea clara de lo que se pretende diseñar o mejorar en cada uno de estos procesos.

1.2. HISTORIAL

[El metal Zamak es el nombre comercial con el que se conoce a la aleación compuesta principalmente por zinc y aluminio y con menores cantidades de magnesio y cobre. Esta aleación no ferrosa fue creada en la década de 1920 por la empresa norteamericana New Jersey Zinc Company, que le dio su nombre como un acrónimo alemán de los materiales que la componen *(Zink, Aluminium, Magnesium, Kupfer)*][1].

El uso de este material ha ido aumentando durante las últimas décadas gracias a sus propiedades físicas, mecánicas. Su capacidad para ser revestido, le permite diferentes tipos de acabados, sus bajos puntos de fusión (aproximadamente 385 ºC) le dan al molde una larga vida y permiten la producción de grandes series de productos fundidos, y su gran fluidez hace más fácil el obtener piezas de formas complejas y paredes finas.

Actualmente, las piezas hechas de Zamak son utilizadas en diferentes industrias como construcción, electrónica, automotriz, eléctrica, juguetería, joyería, decoración, artículos deportivos y telefonía, entre otras.

Sus principales usos están orientados a la elaboración de piezas como carburadores, cerraduras para puertas, carcasas, armaduras, bases para licuadoras y planchas, hebillas para cinturones, herrajes para zapatos y otros. También tiene aplicaciones en maquinarias y herramientas en general, plomería, aparatos de calefacción, equipos de oficina y productos ópticos, entre muchos otros.

[1] Pagina Web: (WWW.METALACTUAL.COM).

***Figura. 1.1*: Productos elaborados de ZAMAK[2].**

La empresa químico industrial ***"METAL PRINT NARVÁEZ"*** fue fundada en el año de 1987 su principal actividad es la manufactura de medallas, llaveros y jaladeras, lo realizan por medio de fundición a presión en cámara caliente.

***Figura. 1.2*: Medallas y Llaveros[3].**

***Figura. 1.3*: Jaladeras y Promociones[4].**

[2] Pagina Web: (WWW.METALACTUAL.COM).

[3] Pagina Web: (WWW.metalprintnarvaez.com).

[4] Pagina Web: (WWW.metalprintnarvaez.com).

La fábrica tiene una superficie de 900 m^2, la cual se encuentra ubicada en el kilómetro 1.2 de la Vía a Patamarca, trabajan 40 personas entre administrativos y empleados de planta. En el siguiente grafico se representa como está organizada la empresa.

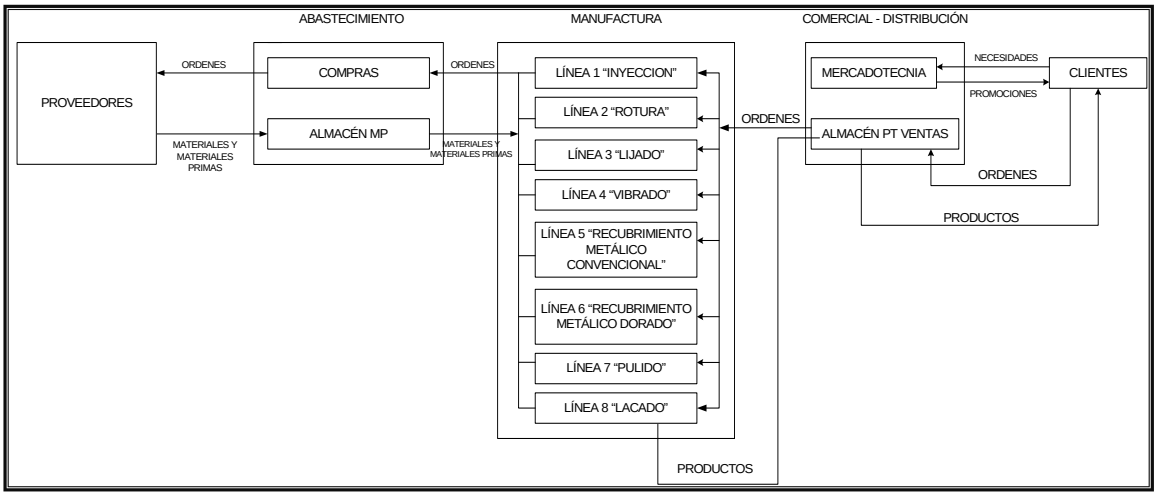


***Figura. 1.4*: Diagrama de procesos**[5]

La fábrica en sus inicios utilizó como materia prima el latón, un material fácilmente moldeable en caliente y en frío, pero se obtenía elevados costos de producción y no era muy rentable para los accionistas de la empresa ***METAL PRINT NARVÁEZ***. La fábrica optó por utilizar como materia prima ***ZAMAK 5*** nombre comercial que recibe la aleación compuesta principalmente de zinc, aluminio, cobre y magnesio.

Es un material no ferroso y versátil, su composición le confiere excelentes propiedades para la fabricación de piezas por inyección en moldes y en grandes cantidades.

Propiedades Generales	Zamak 2	Zamak 3	Zamak 5
Dureza	**100**	**82**	**91**
Resistencia al Impacto (J)	**47.5**	**58.3**	**65.1**
Densidad Gr / Cm³	**6.6**	**6.6**	**6.6**
Rango de fusión °C	**379-390**	**381-387**	**380-386**
Conductividad eléctrica % IACS	**25**	**27**	**26**
Conductividad térmica (W/m/Hr/°C)	**104.7**	**113**	**108.9**
Coeficiente de expansión térmica(100-200 °C M/mm/°C)	**27.4**	**27.4**	**27.4**

***Figura. 1.5*: Propiedades del ZAMAK 5**[6]

[5] Fuente: Autores

[6] Pagina Web: http://www.inyeccionzamak-arizaga.com/propiedadeszamak.htm

PROPIEDADES MECÁNICAS	Zamak 5	Zamak 3	Zamak 2
Fuerza Tensión máxima: (MPa)	328	328	328
Fuerza deformación - 0.2% Offset: (MPa)	250	200	255
Alargamiento: % en 50 mm.	5	10	5
Resistencia a la rotura: (MPa)	262	262	262
Dureza: Brinell 500 -10- 30 HBS	92	83	102
Resistencia al Impacto: (J)	65.1	58.3	47.5
Fuerza de fatiga a la Curvatura Rotatoria - 5x108 ciclos:(MPa)	56	48	60
Factor de compresión 0.1% Offset: (MPa)	600	450	640
Módulo de Elasticidad (MPa x 103)	85.5	85.5	85.5

***Figura. 1.6*: Propiedades Mecánicas ZAMAK 5** [7]

En la actualidad la empresa ocupa la siguiente cantidad de materia prima:

ZAMAK 5 { Barra de 10 Kg. ± 0.5 Kg.
5 toneladas mensuales ($2800 cada tonelada)

La materia prima es adquirida del Perú a la empresa ***ZINC OXIDE-IEQSA*** Ubicado junto a la zona portuaria de la ciudad de Lima, capital del Perú, Industrias Electro-Químicas (IEQSA) es el principal complejo industrial de transformación del zinc del Perú y de Sudamérica.

Sus operaciones abarcan la producción de derivados metalúrgicos del zinc tales como aleaciones, zinc laminado (hojas, tiras, planchas, bobinas), discos para pilas, planchas para zincograbado, etc. y la elaboración de productos químicos tales como el óxido de zinc.

[7] Pagina Web: http://www.metalactual.com/revista/8/materiales_zamak.pdf

1.3. DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LA PLANTA METAL PRINT NARVÁEZ

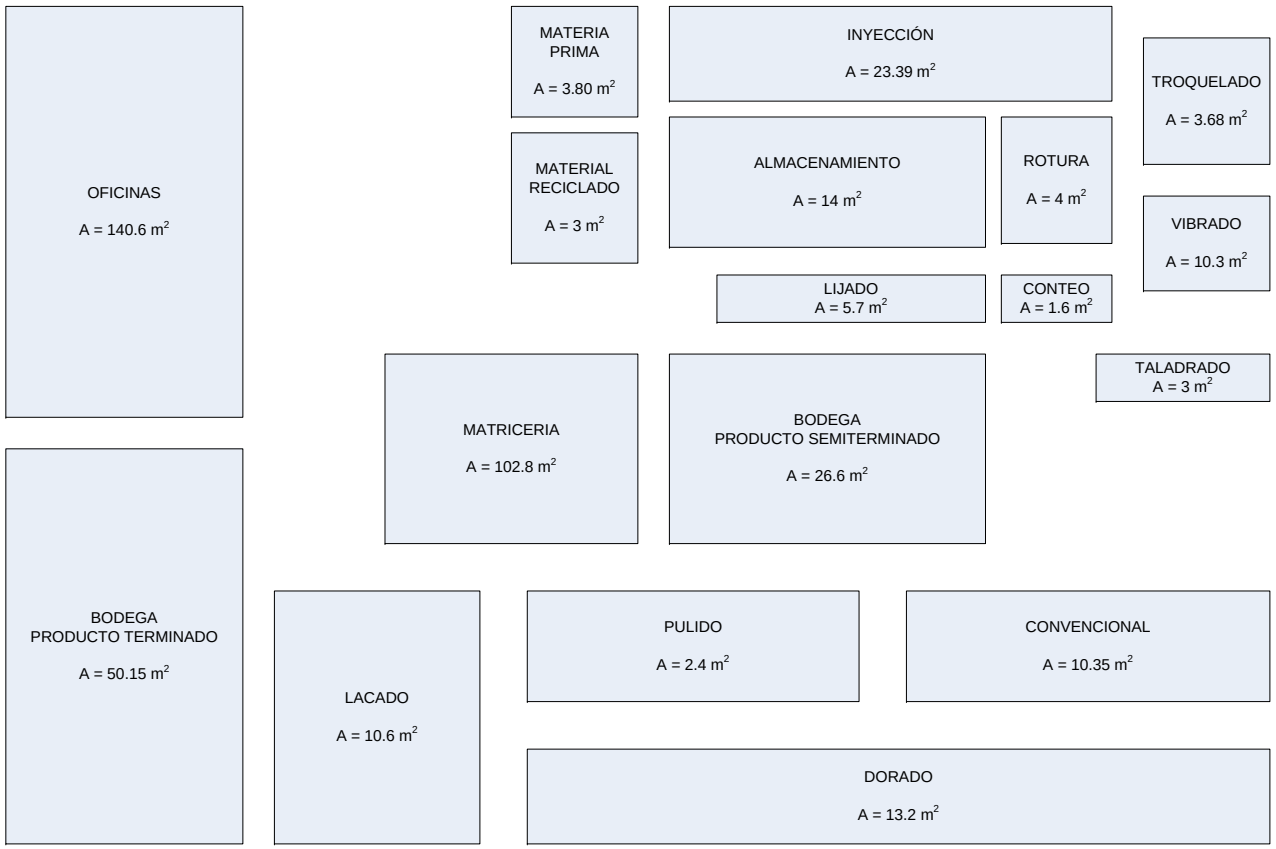


***Figura. 1.7*: Distribución de la planta [8]**

[8] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.4. ETAPAS DE PROCESOS DE MANUFACTURA EN LA EMPRESA

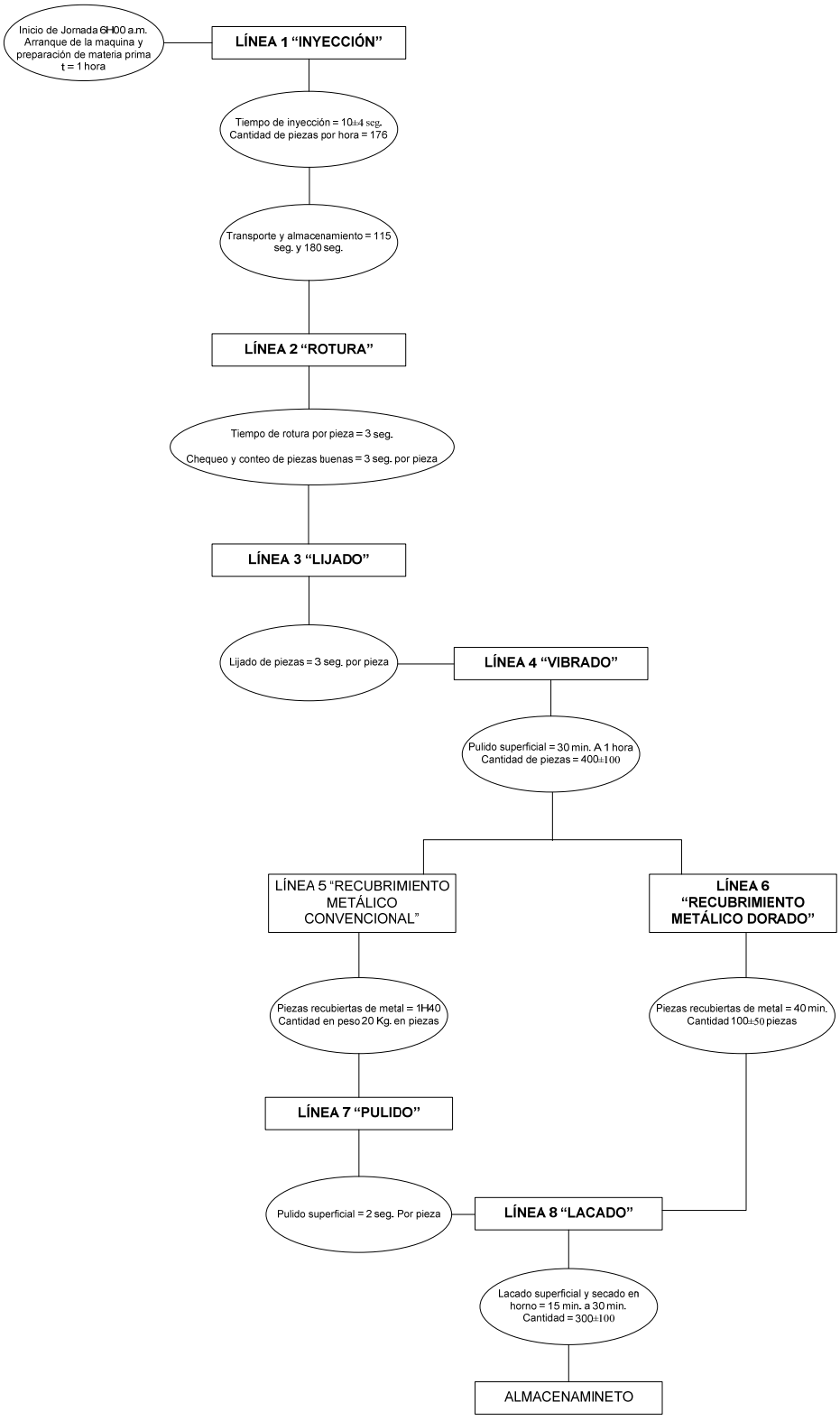


***Figura. 1.8*: Proceso de manufactura**[9]

[9] Fuente: Autores

1.4.1. LÍNEA 1 "INYECCIÓN DE MATERIA PRIMA"

En el siguiente grafico se muestra el proceso de inyección.

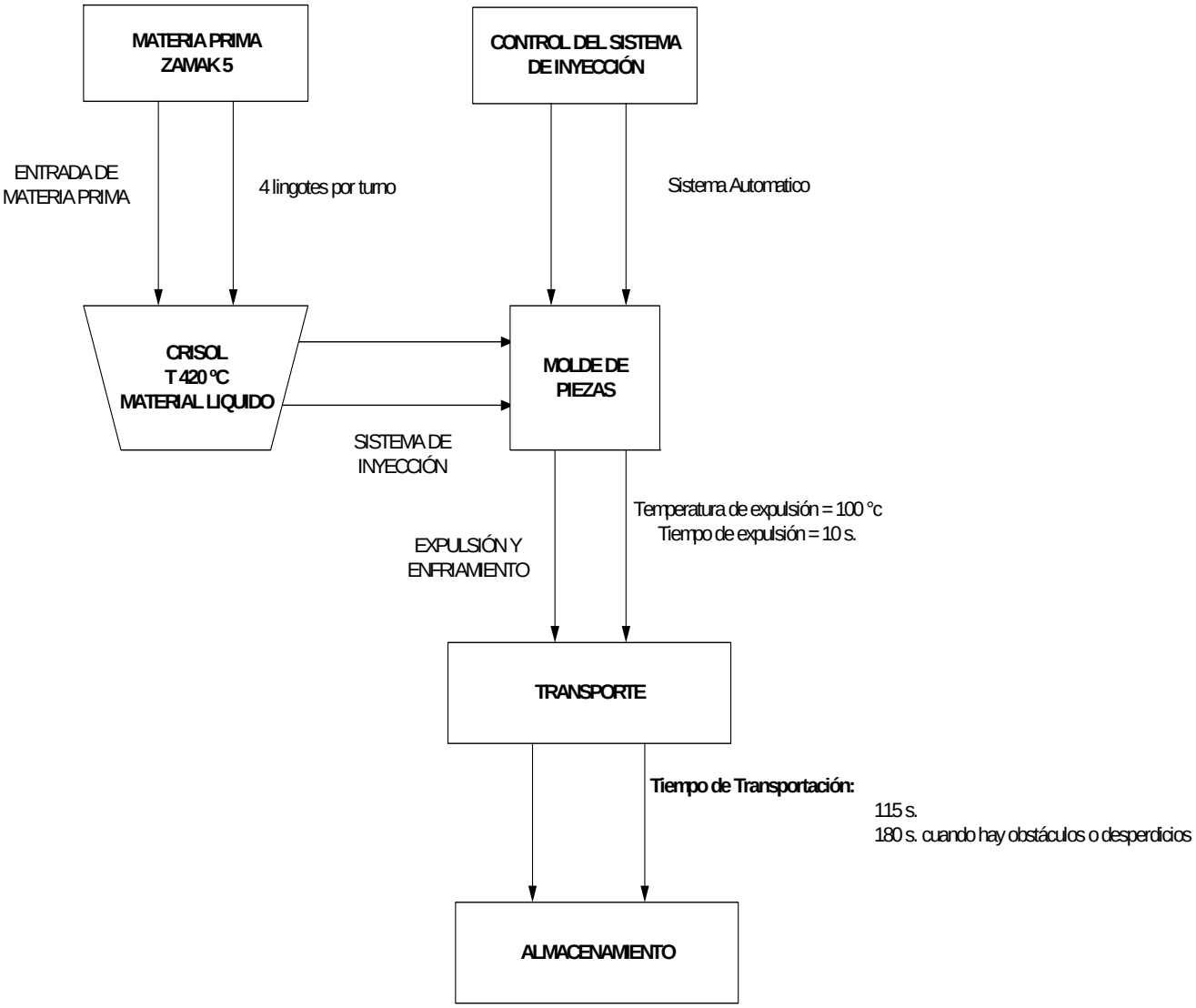


***Figura. 1.9*: Esquema del proceso de inyección**[10]

[10] Fuente: Autores

El área que dispone para el almacenamiento de piezas inyectadas es 14 m^2.

***Figura. 1.10*: Foto del área de almacenamiento**[11]

1.4.2. LÍNEA 2 "ROTURA"

Es la encargada de extraer las piezas inyectadas en un tiempo 2 a 4 segundos dependiendo del número de piezas por inyección.

1.4.3. LÍNEA 3 "LIJADO"

En este proceso se lijan en esmeril con lija de grano fino todos los contornos de las piezas en un tiempo de 2 a 3 segundos dependiendo del tamaño de la pieza.

1.4.4. LÍNEA 4 "VIBRADO"

En este proceso se pulen y dan brillo a la superficie con moletas y desengrase en un tiempo de 30 minutos a 1 hora de acuerdo al recubrimiento metálico que va a recibir.

[11] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.4.5. LÍNEA 5 "DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS CONVENCIONAL"

En el siguiente diagrama se muestra las etapas de recubrimiento metálico.

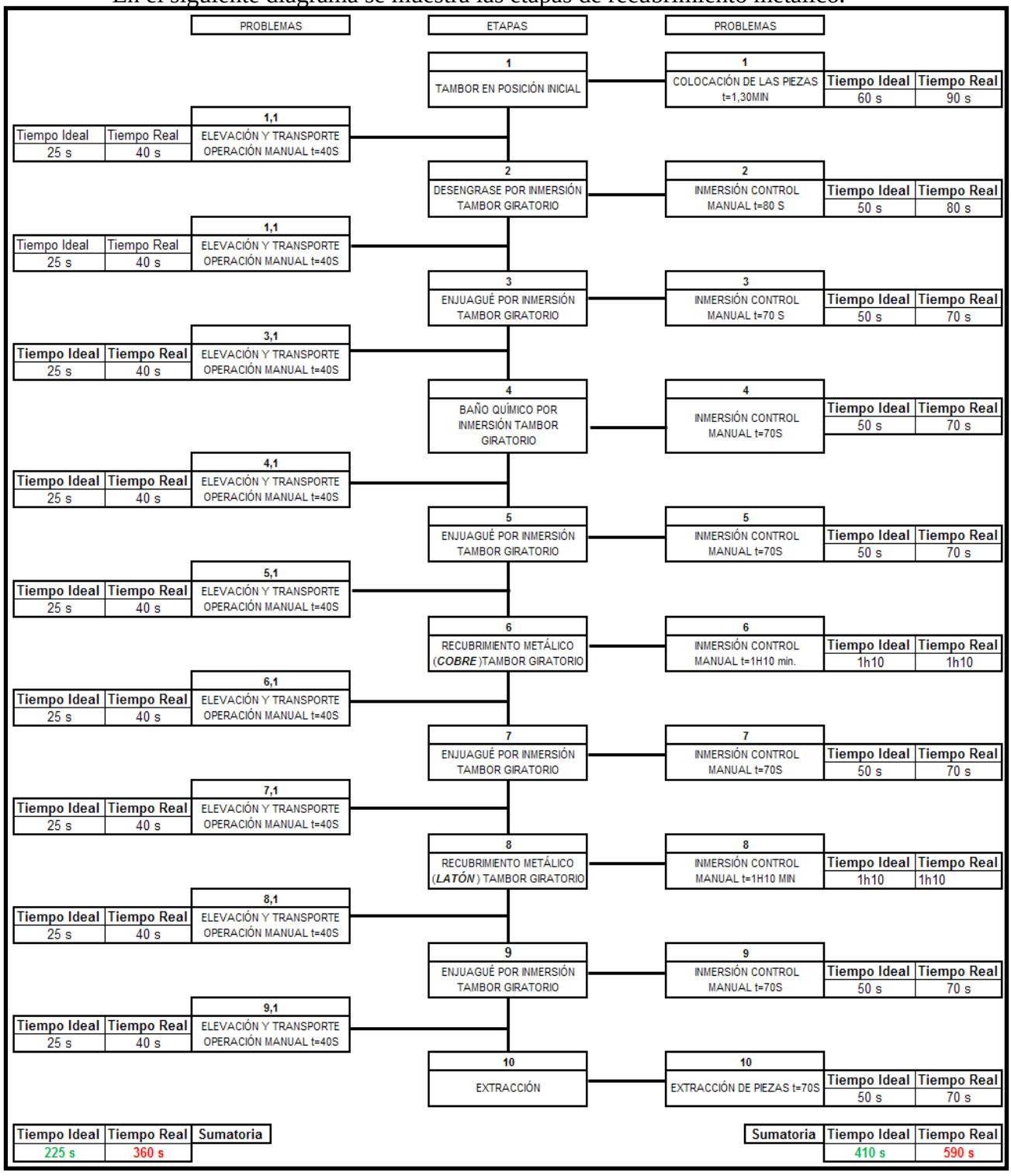


***Figura. 1.11*: Etapas para el recubrimiento metálico (convencional) Proceso a diseñar el Sistema Automatizado[12].**

[12] Fuente: Autores

1.4.6. LÍNEA 6 “DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS DORADO”

Las piezas son recubiertas de metal latón en este proceso la pieza se demora 40 minutos.

1.4.7. LÍNEA 7 “PULIDO”

Las piezas luego se ser recubiertas de metal en la línea 5 convencional son pulidas en un tiempo de 3 segundos.

1.4.8. LÍNEA 8 “LACADO”

Las piezas de la línea 6 y 7 son recubiertas con laca horneable para preservar el recubrimiento metálico cuya duración en el horno es de 5 minutos para piezas doradas y de 30 minutos para piezas de recubrimiento convencional.

1.5. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA LÍNEA 1 DE INYECCIÓN Y DE LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS (CONVENCIONAL).

1.5.1. ESTADO ACTUAL DE LA LÍNEA 1 DE INYECCIÓN.

DIAGRAMA CAUSA EFECTO DE LA LÍNEA 1

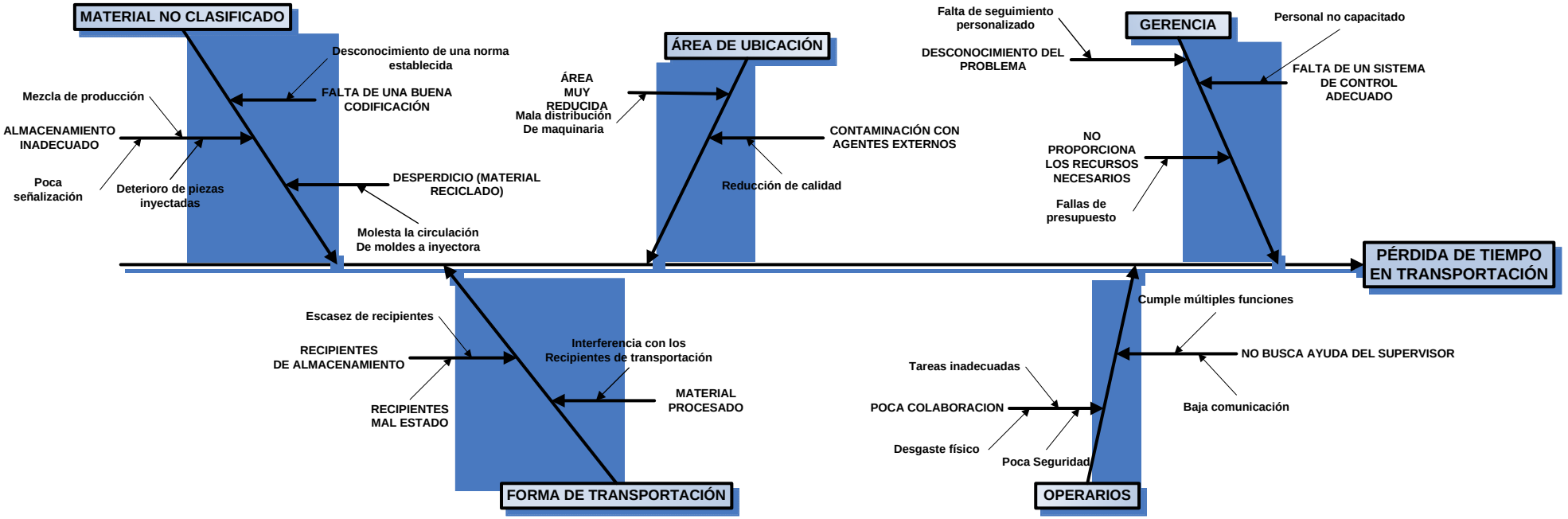


***Figura. 1.12*: Diagrama Causa-Efecto 1**[13]

[13] Fuente: Autores.

1.5.2. PROCESO ACTUAL DE LA LÍNEA 1

Es la encargada de inyectar el material (***ZAMAK 5***) en moldes a una temperatura de 420 °C, para este proceso trabajan dos máquinas ocupando dos jornadas de trabajo (16 lingotes).

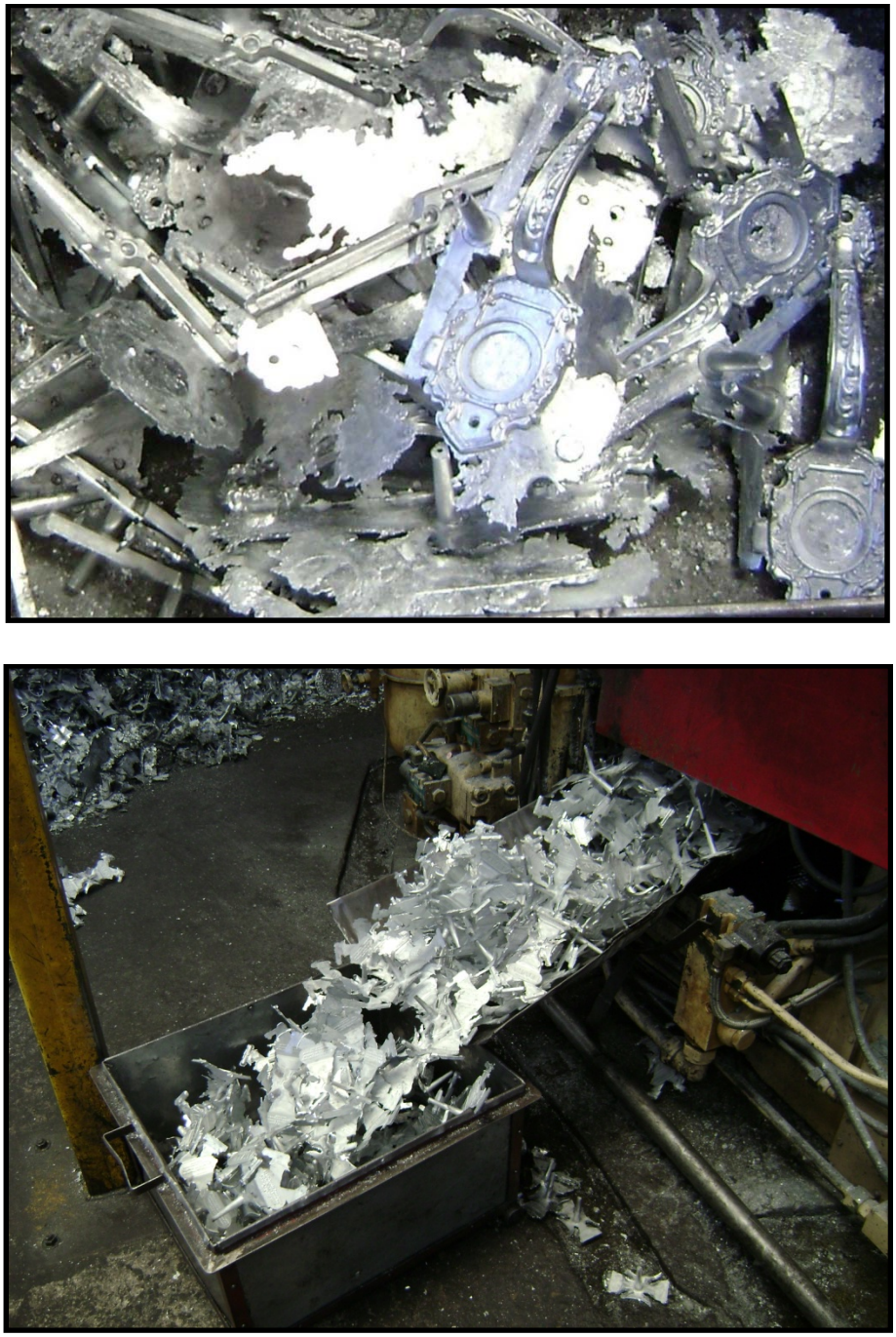


***Figura. 1.13*: Piezas Inyectadas 1**[14]

[14] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

Los tiempos de producción en las dos máquinas son los siguientes:

- Tiempo de inyección en la máquina #1 (trabajo manual sin automáticos), los mandos automáticos están en mal estado por lo que fallan con frecuencia.

***Figura. 1.14*: Maquina Inyectora 1**[15]

Tiempo en segundos

Número de muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tiempo en seg.	10	14	11	18	13	15	17	15	10	20	12	17	22	13	13	16	16	14	14	14

[15] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

- Tiempo de inyección en la máquina #2 (trabajo con automáticos).

***Figura. 1.15*: Maquina Inyectora 2**[16]

Tiempo en Segundos

Número de muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tiempo en seg.	5	6	5	4	5	5	6	4	5	4	6	5	4	6	5	4	6	5	6	4

El operador de la inyectora tiene la obligación de transportar las piezas inyectadas al área de almacenamiento, haciendo un tiempo de 115 segundos y 180 segundos cuando hay obstáculos o desperdicios.

[16] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

Cada máquina de inyección dispone de recipientes que le sirven para el transporte de las piezas hacia el área de almacenamiento, la dimensión de los tres depósitos es:

Largo	Ancho	Profundidad
53,5 cm	43,5 cm	30 cm.

***Figura. 1.16*: Depósitos de transporte** [17]

El depósito de mayor tamaño se lo ocupa cuando no hay mucho espacio en el área de almacenamiento cuyas medidas es:

Largo	Ancho	Profundidad
120 cm	120 cm	44 cm.

***Figura. 1.17*: Depósito de Almacenamiento 1**[18]

[17] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

[18] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

Actualmente estos depósitos se encuentran en mal estado a consecuencia del mal manejo (golpes), y no hay un correcto mantenimiento de los mismos.

***Figura. 1.18*: Depositos de Transporte**[19]

***Figura. 1.19*: Deposito de Almacenamiento**[20]

[19] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

[20] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

En el área de almacenamiento de las piezas inyectadas, se pretende diseñar un sistema de transporte con lo cual se mejorará los tiempos de producción, la distribución del producto semiterminados y las condiciones de trabajo, logrando así que el material no tenga contacto entre sí, para evitar daños en la superficie como: rayones, e impregnación de aceite.

***Figura. 1.20*: Área de Almacenamiento**[21]

[21] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

Las piezas inyectadas tienen diferente peso las cuales varían por su tamaño y forma.

Peso de diferentes piezas inyectadas (Kg.):

Numero de muestras	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso (kg.)	0,18	0,26	0,16	0,12	0,14	0,20	0,14	0,16

El total de piezas inyectadas es de 176 por cada hora. El total en un turno es: 1408 piezas, total al día es de 5632 piezas (2 turnos).

El cambio de molde en las máquinas inyectoras es de 30 minutos cuando son pequeños y una hora cuando este molde es grande.

Los turnos de trabajo de las maquinas inyectoras son:

06H00 a 14H00

14H00 a 22H00

1.5.3. CONSUMO DE ENERGÍA DE LAS MAQUINAS INYECTORAS

Las maquinas inyectoras Consumen Diesel, gas natural y electricidad, para el proceso de inyección en caliente del ***Zamak 5***.

QUEMADORES

- 4 GPH de diésel 100 a 150 PSI, velocidad del ventilador a 3450 rpm.
- 3 GPH de diésel 150 a 200 PSI velocidad del ventilador a 3450 rpm.

- Bomba de agua de refrigeración 1,1 a 1,5 kw.
- Se consume 4 cilindros de gas en las dos jornadas de trabajo.
- Potencia del motor de la maquina 1 es de 11 kw.
- Potencia del motor de la maquina 2 es de 18.5 kw.
- El precio de la hora maquina es de 190 dólares, valor otorgado por el gerente de la fabrica.

1.6. ANÁLISIS DE PERDIDAS DE TIEMPO EN LA LÍNEA 1

1.6.1. DIAGRAMA DE PARETO

Mediante el diagrama de pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de pareto pocos vitales y muchos triviales que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos**.**

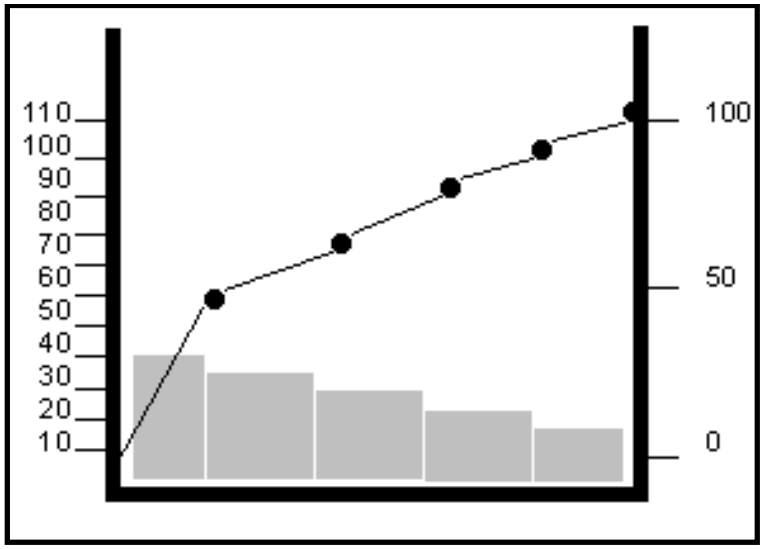


***Figura. 1.21*: Diagrama de Pareto**[22]

[22] Pagina Web: www.gestionempresarial.com

1.6.2. LA LISTA DE VERIFICACIÓN DE TIEMPOS

PROCESO: Línea 1 de Inyección

RESPONSABLE: Tecno. Paul Narváez.

PERÍODO: 27/04/09 al 29/05/09

PIEZAS INYECTADAS EN ESTE PERIODO: 160612

Semana del 27 de Abril al 1 de Mayo Piezas producidas: 29280

TIPO DE DEFECTO	FRECUENCIA TIEMPO (Seg.)	TOTAL (Seg.)	FREC. %	FREC. ACUM.	ACUM.%	TIEMPO REAL (Seg.)	TIEMPO IDEAL (Seg.)	TIEMPO UTILIZADO %
Transporte de piezas por el operario dela maquina	100,110,107,113,117,122,109,115,125,107,105,100,105,103,118,138,143,138,129,103	2169	58%	2169	58%	108,45	90	120,50%
Interferencia con el producto inyectado	30,25,35,24,36,27,20,26,19,16,15,19,18,16,17,19,25,35,45,25	457	12%	2626	70%	22,85	15	152,33%
Falta de una buena codificación del producto	15,6,9,20,32,10,35,14,16,28,35,15,14,25,35,18,16	343	9%	2969	79%	20,18	15	134,51%
Falta de una buena comunicación	65,32,38,26,30,54,15,36,45	341	9%	3310	88%	37,89	15	252,59%
Tareas inadecuadas	15,20,10,13,17,22,9,14,21,15,16,18,14,16,10,11,15,16,14,9	295	8%	3605	96%	14,75	20	73,75%
Otros	32,21,25,14,16,28,30	166	4%	3771	100%	23,71	20	118,57%
	Total	**3771**	**100%**					

***Figura. 1.22*: Analisis de Tiempos del 27 de Abril al 1 de Mayo[23]**

[23] Fuente: Autoría.

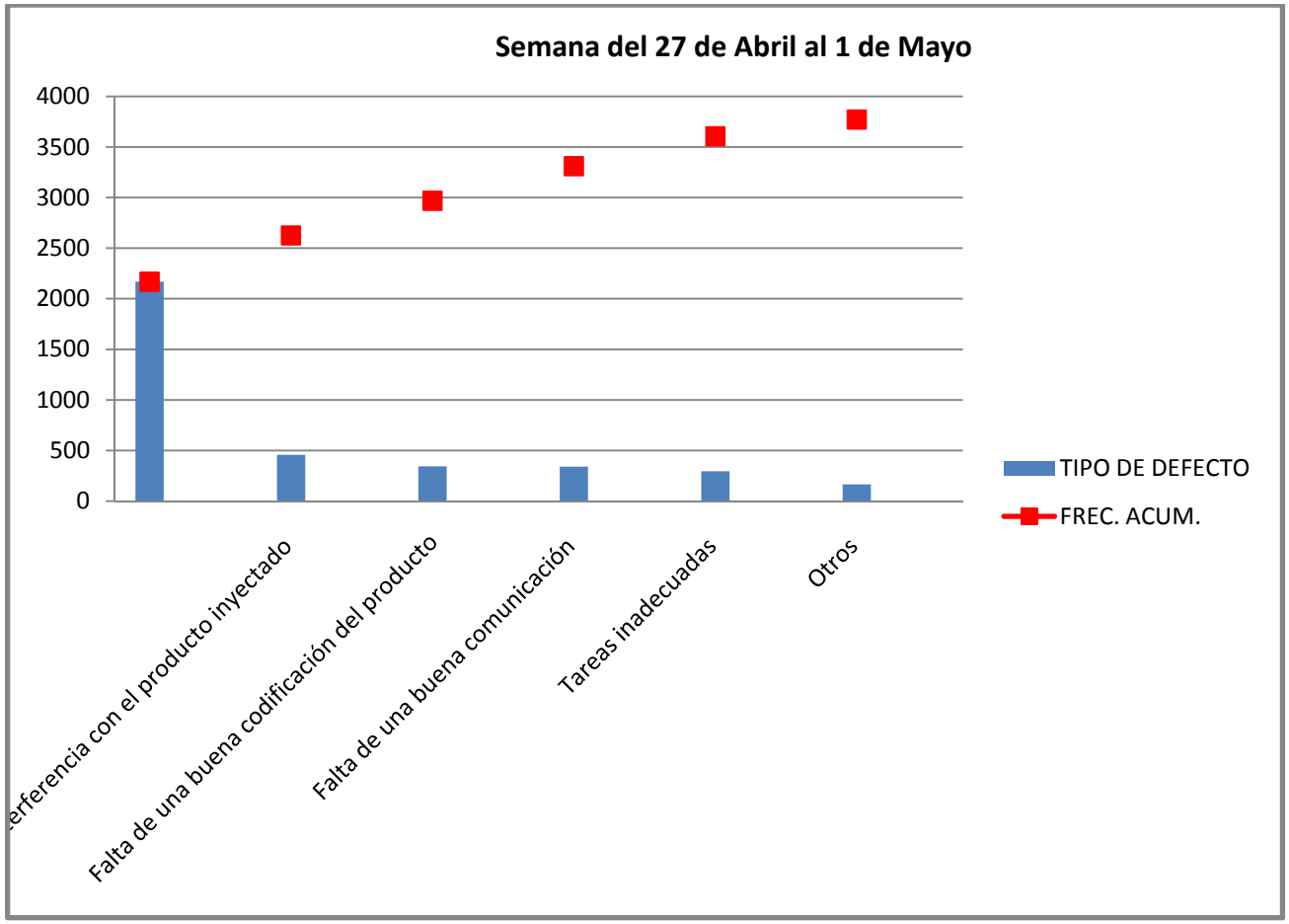


***Figura. 1.23*: Diagrama de Pareto del 27 de Abril al 1 de Mayo[24]**

[24] Fuente: Autoría.

Semana del 4 al 8 de Mayo Piezas producidas 34236								
TIPO DE DEFECTO	FRECUENCIA TIEMPO (Seg.)	TOTAL (Seg.)	FREC. %	FREC. ACUM.	ACUM.%	TIEMPO REAL (Seg.)	TIEMPO IDEAL (Seg.)	TIEMPO UTILIZADO %
Transporte de piezas por el operario dela maquina	105,115,145,112,127,114,118,120,180,137,145,117,125,133,139,143,128,119,132,103	2557	52%	2557	52%	127,85	90	142,06%
Interferencia con el producto inyectado	33,35,42,49,52,55,32,29,24,18,20,19,18,41,43,37,31,30,27,25	660	13%	3217	65%	33,00	15	220,00%
Falta de una buena codificación del producto	20,15,29,26,33,22,35,44,36,28,35,23,34,45,30,55,46	556	11%	3773	76%	32,71	15	218,04%
Tareas inadecuadas	25,22,23,15,17,23,29,34,21,17,15,18,14,26,30,41,45,23,34,49	521	11%	4294	87%	26,05	15	173,67%
Falta de una buena comunicación	55,37,38,46,34,64,35,66,45	420	8%	4714	95%	46,67	20	233,33%
Otros	35,41,35,24,36,28,37	236	5%	4950	100%	33,71	20	168,57%
	Total	**4950**	**100%**					

***Figura. 1.24*: Analisis de Tiempos del 4 al 8 de Mayo**[25]

[25] Fuente: Autoría.

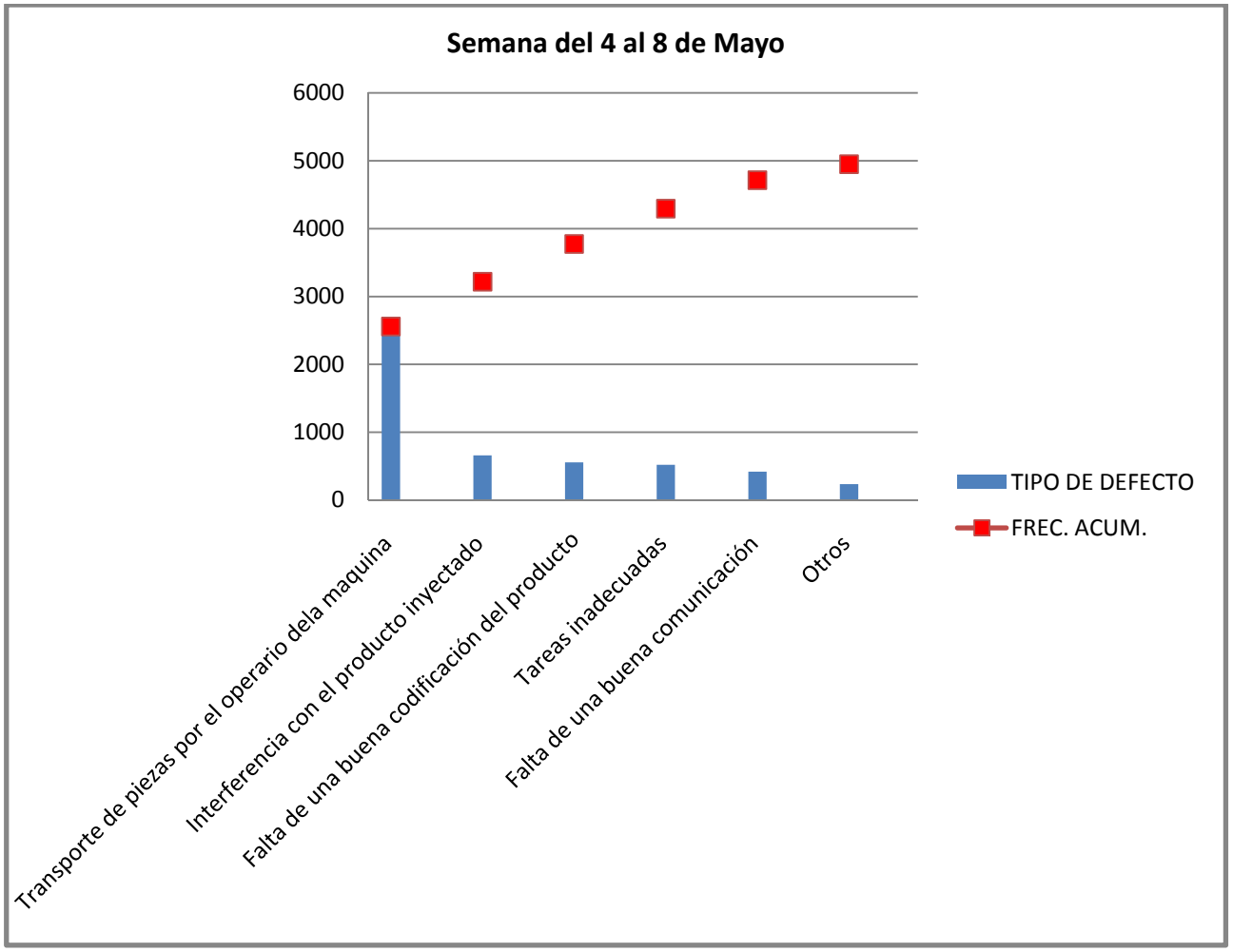


***Figura. 1.25*: Diagrama de Pareto del 4 al 8 de Mayo**[26]

[26] Fuente: Autoría.

Semana del 11 al 15 de Mayo Piezas producidas 32435

TIPO DE DEFECTO	FRECUENCIA TIEMPO (Seg.)	TOTAL (Seg.)	FREC. %	FREC. ACUM.	ACUM.%	TIEMPO REAL (Seg.)	TIEMPO IDEAL (Seg.)	TIEMPO UTILIZADO %
Transporte de piezas por el operario dela maquina	125,133,145,142,147,154,138,140,150,143,135,127,135,141,169,153,138,129,132,123	2799	51%	2799	51%	139,95	90	155,50%
Interferencia con el producto inyectado	36,31,42,49,52,55,32,49,24,28,40,39,58,41,43,37,31,30,37,35	789	14%	3588	65%	39,45	15	263,00%
Falta de una buena codificación del producto	25,35,27,26,35,27,40,44,36,28,41,28,34,55,33,55,46	615	11%	4203	77%	36,18	15	241,18%
Tareas inadecuadas	25,27,21,15,17,23,29,34,21,27,25,18,24,26,30,41,45,23,34,39	544	10%	4747	86%	27,20	15	181,33%
Falta de una buena comunicación	55,47,38,46,74,64,35,56,45	460	8%	5207	95%	51,11	20	255,56%
Otros	35,51,35,44,36,28,57	286	5%	5493	100%	40,86	20	204,29%
	Total	**5493**	**100%**					

***Figura. 1.26*: Analisis de Tiempos del 11 al 15 de Mayo**[27]

[27] Fuente: Autoría.

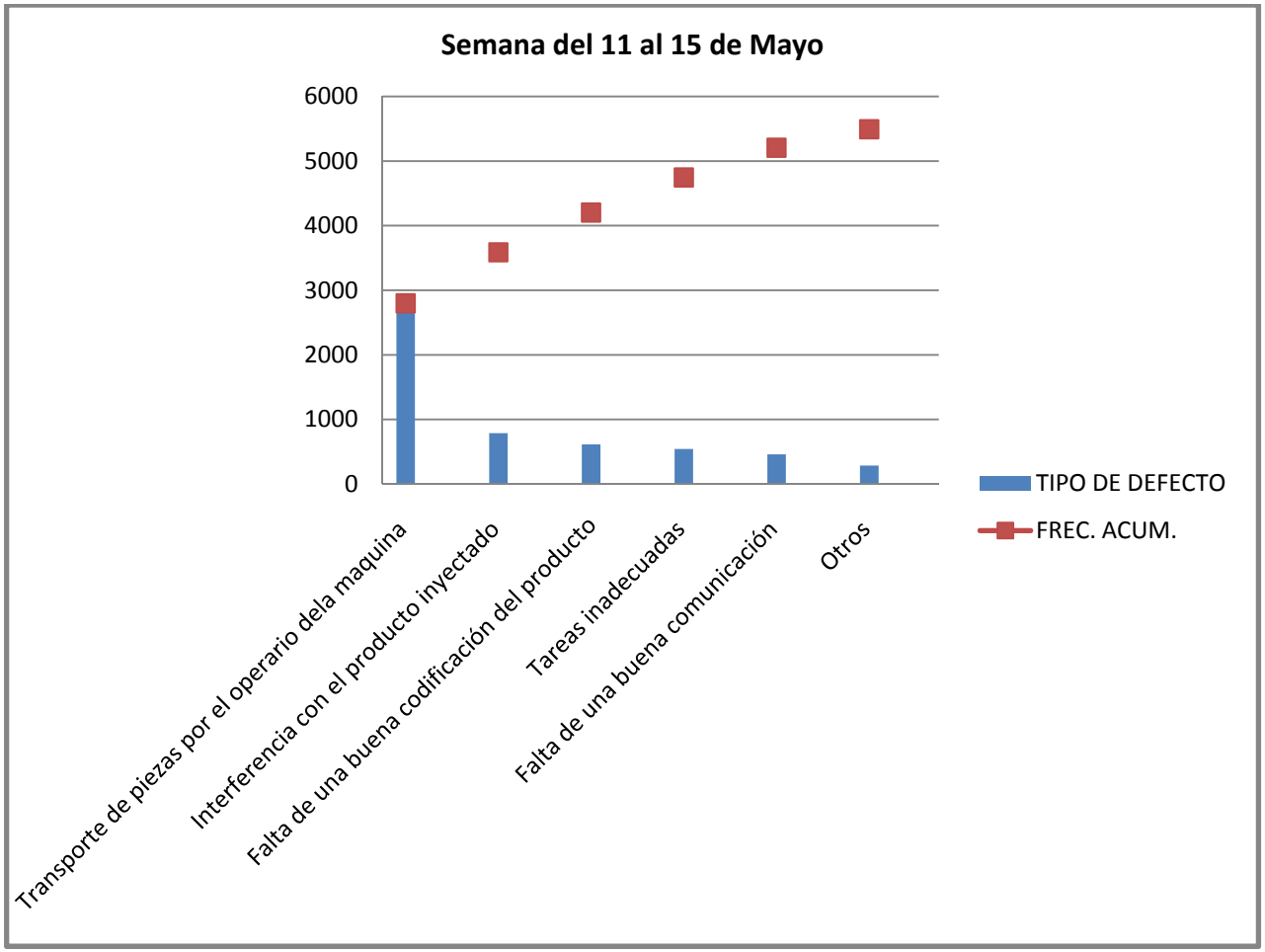


***Figura. 1.27*: Diagrama de Pareto del 11 al 15 de Mayo**[28]

[28] Fuente: Autoría.

Semana del 18 al 22 de Mayo Piezas producidas 27185								
TIPO DE DEFECTO	FRECUENCIA TIEMPO (Seg.)	TOTAL (Seg.)	FREC. %	FREC. ACUM.	ACUM.%	TIEMPO REAL (Seg.)	TIEMPO IDEAL (Seg.)	TIEMPO UTILIZADO %
Transporte de piezas por el operario dela maquina	135,133,135,132,147,154,138,140,150,143,135,137,135,141,149,143,138,139,132,133	2789	51%	2789	51%	139,45	90	154,94%
Interferencia con el producto inyectado	36,31,43,45,43,55,32,49,24,33,40,39,58,31,43,39,31,30,35,36	773	14%	3562	65%	38,65	15	257,67%
Falta de una buena codificación del producto	30,33,27,26,35,27,40,44,36,28,41,38,34,45,37,40,43	604	11%	4166	76%	35,53	15	236,86%
Tareas inadecuadas	25,27,21,35,27,23,29,34,21,27,26,28,24,36,30,41,35,23,34,39	585	11%	4751	86%	29,25	15	195,00%
Falta de una buena comunicación	55,47,48,46,54,43,35,56,45	429	8%	5180	94%	47,67	20	238,33%
Otros	45,51,35,44,50,38,57	320	6%	5500	100%	45,71	20	228,57%
	Total	**5500**	**100%**					

***Figura. 1.28*: Analisis de Tiempos del 18 al 22 de Mayo**[29]

[29] Fuente: Autoría.

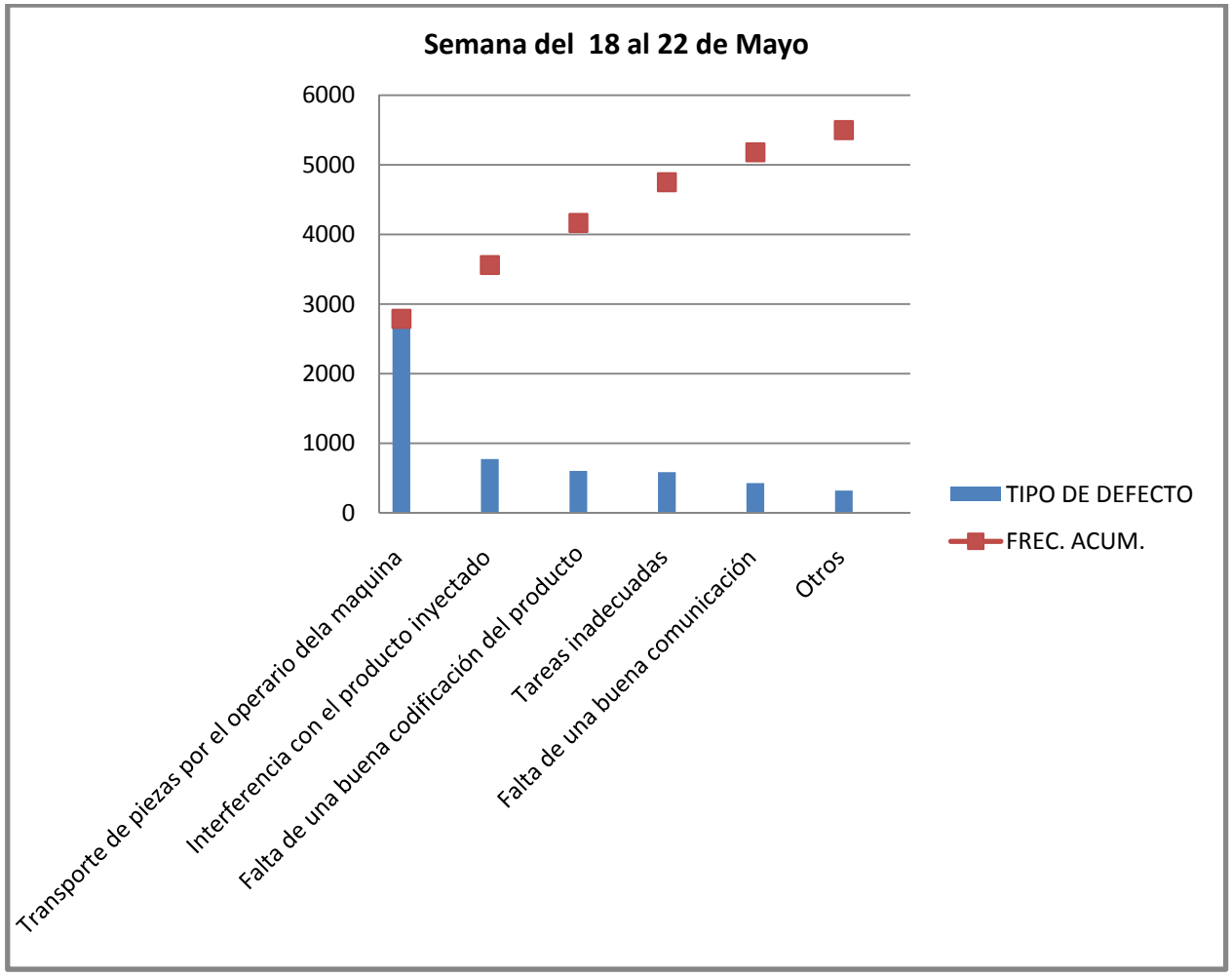


***Figura. 1.29*: Diagrama de Pareto del 18 al 22 de Mayo**[30]

[30] Fuente: Autoría.

Semana del 25 al 29 de Mayo Piezas producidas 37476								
TIPO DE DEFECTO	FRECUENCIA TIEMPO (Seg.)	TOTAL (Seg.)	FREC. %	FREC. ACUM.	ACUM.%	TIEMPO REAL (Seg.)	TIEMPO IDEAL (Seg.)	TIEMPO UTILIZADO %
Transporte de piezas por el operario dela maquina	135,133,135,130,147,154,138,135,150,133,131,137,135,140,141,143,138,149,132,133	2769	50%	2769	50%	138,45	90	153,83%
Interferencia con el producto inyectado	36,33,43,45,43,55,35,40,34,33,40,39,48,31,43,39,31,30,35,43	776	14%	3545	64%	38,80	15	258,67%
Falta de una buena codificación del producto	30,33,29,26,35,37,40,44,36,28,41,38,34,35,37,40,41	604	11%	4149	75%	35,53	15	236,86%
Tareas inadecuadas	25,26,21,35,37,23,29,34,21,27,26,28,24,36,30,41,35,23,26,32	579	11%	4728	86%	28,95	15	193,00%
Falta de una buena comunicación	55,47,48,46,54,43,57,56,45	451	8%	5179	94%	50,11	20	250,56%
Otros	45,51,47,44,50,38,57	332	6%	5511	100%	47,43	20	237,14%
	Total	**5511**	**100%**					

***Figura. 1.30*: Analisis de Tiempos del 25 al 29 de Mayo**[31]

[31] Fuente: Autoría.

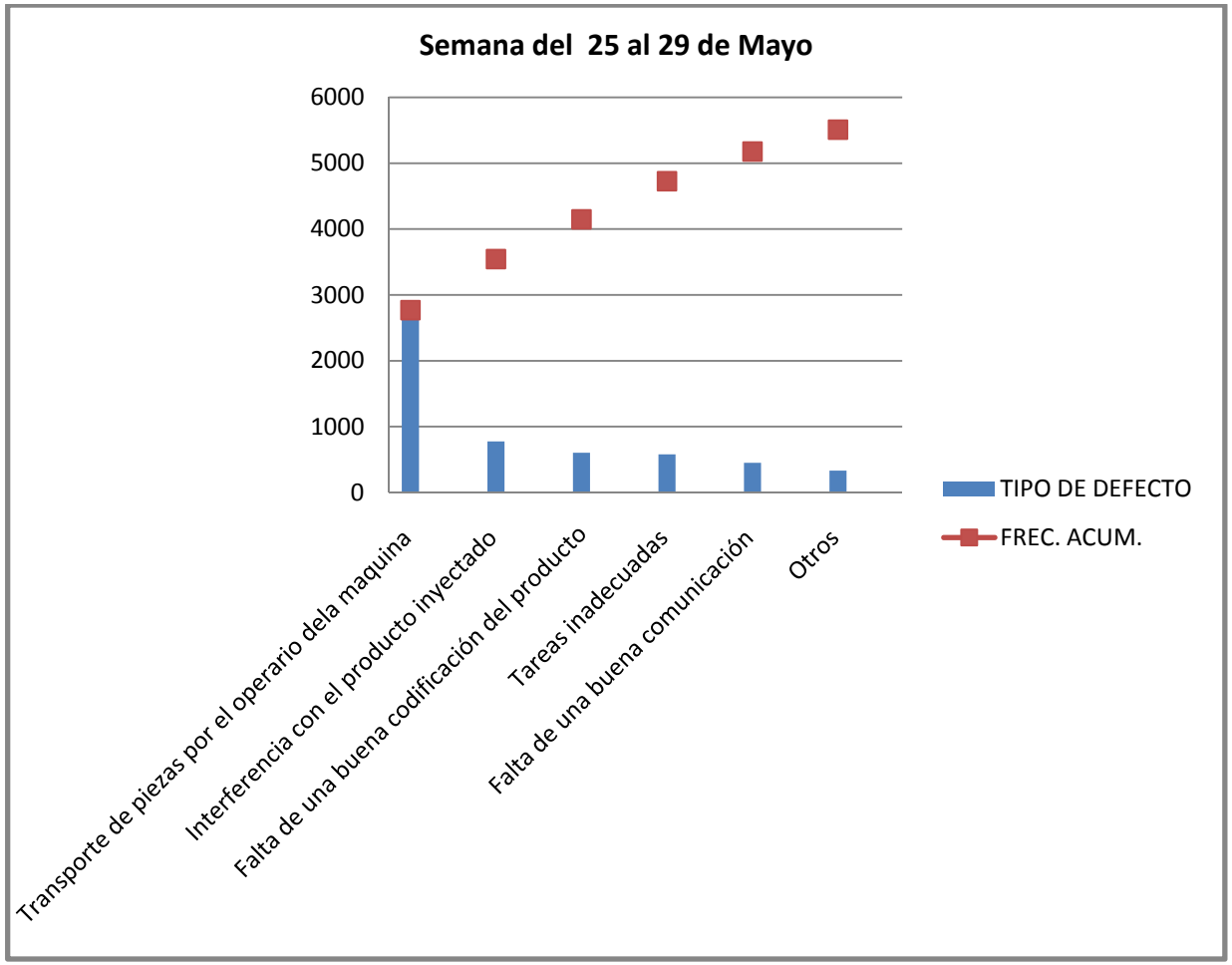


***Figura. 1.31*: Diagrama de Pareto del 18 al 22 de Mayo**[32]

[32] Fuente: Autoría.

ANALISIS DEL TIEMPO PERDIDO EN EL PERIODO ABRIL-MAYO

Analisis del mes de Abril Hasta Mayo

TIPO DE DEFECTO	TOTAL (Seg.)	FREC.%	FREC. ACUM.	ACUM.%	TIEMPO REAL (Seg.)	TIEMPO IDEAL (Seg.)	TIEMPO UTILIZADO %
Transporte de piezas por el operario dela maquina	13083	52%	13083	52%	130,83	90	145,37%
Interferencia con el producto inyectado	3455	14%	16538	66%	34,55	15	230,33%
Falta de una buena codificación del producto	2722	11%	19260	76%	32,02	15	213,49%
Falta de una buena comunicación	2570	10%	21830	87%	57,11	15	380,74%
Tareas inadecuadas	2055	8%	23885	95%	20,55	20	102,75%
Otros	1340	5%	25225	100%	38,29	20	191,43%
Total	**25225**	**100%**					
Hora	**7,0069**						

***Figura. 1.32*: Analisis del Tiempo en el perdido Abril-Mayo**[33]

[33] Fuente: Autoría.

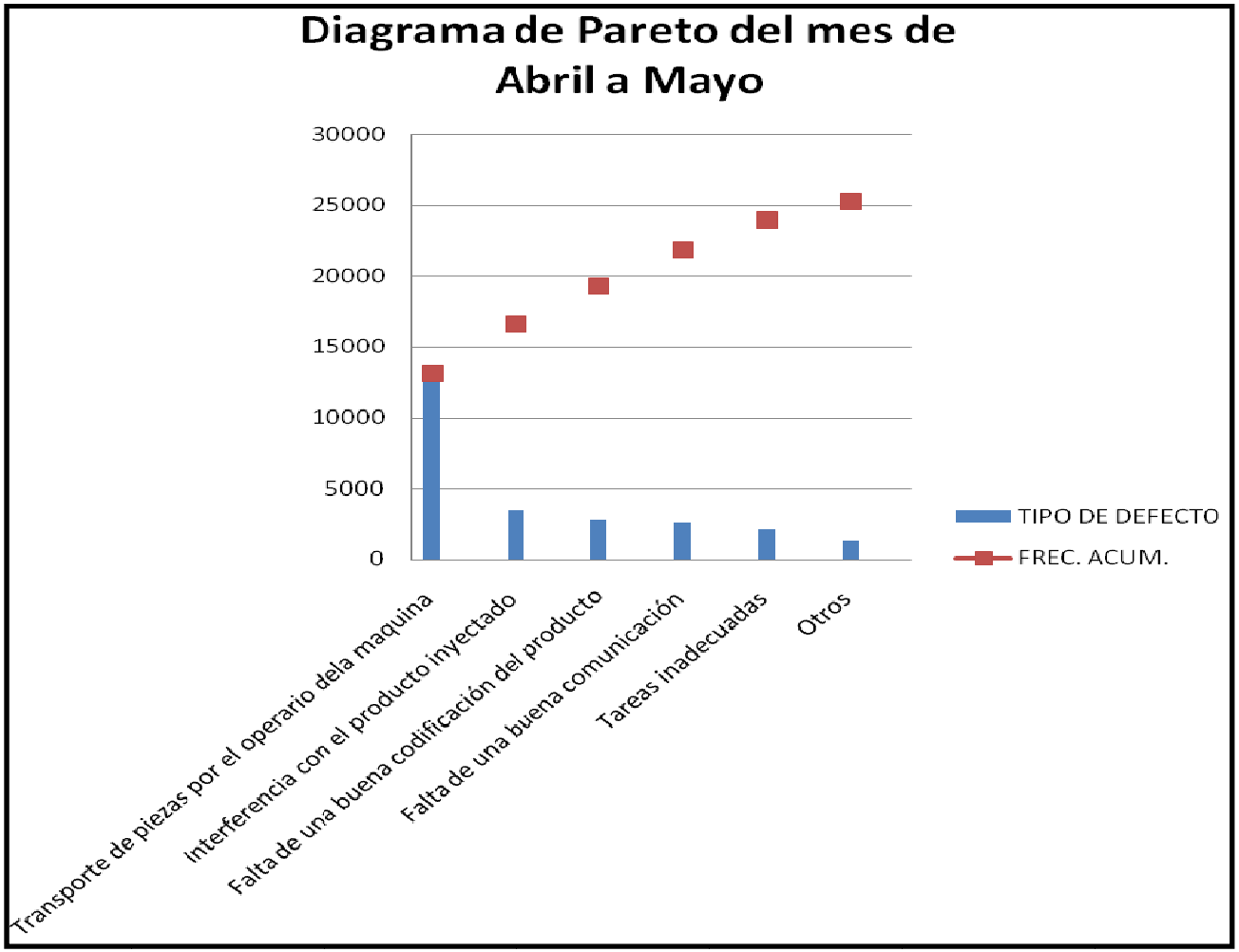


***Figura. 1.33*: Diagrama de Pareto de Abril-Mayo**[34]

[34] Fuente: Autoría.

Como se puede observar la tabla en la figura 32 (pág. 31) se procedió a sumar todos los segundos perdidos durante el mes Abril-Mayo dando una pérdida de 7 horas, teniendo en cuenta que solo se analizo un mes de producción.

Además se hace una comparación de tiempos reales e ideales para medir el porcentaje de tiempo utilizado en cada actividad, de los cuales son muy elevados.

Luego se procedió a realizar el diagrama de Pareto en la figura 33 (pág. 32) para identificar los problemas más principales y se puede ver que las causas más frecuentes de la pérdida de tiempo son ocasionadas por la interferencia de piezas inyectadas en el piso y la tarea de transportar las piezas realizada por el operario de la maquina.

Si se conoce que el costo de hora maquina es de 190 dólares, este precio corresponde a una maquina de inyección de metal caliente (Zamak 5).

Con los datos obtenidos se pretende mejorar la línea 1 de inyección al implementar un sistema de transporte, mejorando considerablemente los tiempos de producción.

1.7. ESTADO ACTUAL DE LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS CONVENCIONAL

1.7.1. PROCESO ACTUAL DE LA LÍNEA 5

La línea de recubrimientos metálicos (línea 5) es la encargada de realizar baño metálico a las piezas de ZAMAK 5 estas se recubren de metal de latón o cobre y un subproceso flash es el recubrimiento de ambos metales y ocupa una área de 10.3 m^2, cuyo proceso es el siguiente:

***Figura. 1.34*: Fotografía de la línea 5 de recubrimientos metálicos (convencional).** [35]

[35] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.7.1.1. PASO 1: Desengrase de piezas en un tiempo de 80 seg., la dimensión del tanque es:

Largo	Ancho	Profundidad
115 cm	63.5 cm	82 cm.

Volumen del Tanque	**599 L**
Volumen de desengrase RW 10	**526 L**

***Figura. 1.35*: Tanque de Desengrase.** [36]

1.7.1.2. PASO 2: Enjuague en agua para quitar Residuos del desengrasante t= 70 seg.**,** la dimensión del tanque es:

Largo	Ancho	Profundidad
121.5 cm	74 cm	80 cm.

Volumen del Tanque	**726 L**
Volumen de enjuague (agua)	**616 L**

***Figura. 1.36*: Tanque de enjuague.** [37]

[36] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.7.1.3. PASO 3: Baño Químico con la finalidad de realizar microporos en este paso las piezas no se deben quedar mucho tiempo, ya que puede ocasionar daños en la superficie t= 70 seg., la dimensiones del tanque es:

Largo	Ancho	Profundidad
135 cm	94 cm	76.5 cm.

Volumen del Tanque	**971 L**
Volumen de acido clorhídrico + agua	**717 L**

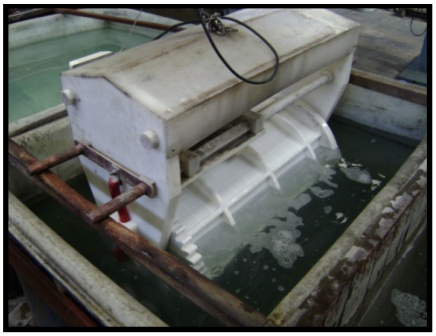


***Figura. 1.37*: Tanque de acido clorhídrico + agua.** [38]

1.7.1.4. PASO 4: Enjuague con agua para quitar residuos de Ácido Clorhídrico. t=70 seg, la dimensión del tanque es:

Largo	Ancho	Profundidad
136 cm	96 cm	76 cm.

Volumen del Tanque	**1000 L**
Volumen de enjuague (agua)	**868 L**

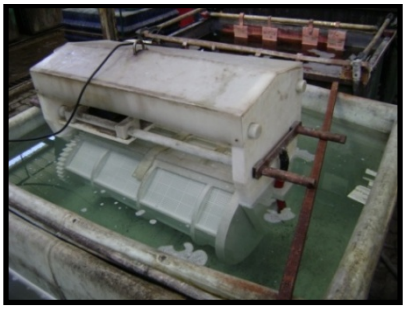


***Figura. 1.38*: Tanque de enjuague.** [39]

[37] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

[38] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.7.1.5. PASO 5: Recubrimiento metálico de cobre, t= 1h10 min., la dimensión del tanque es: 112,5 X 72,5 X 80,5 cm.

Largo	Ancho	Profundidad
112.5 cm	72.5 cm	80.5 cm.

Volumen del Tanque	**653 L**
Volumen de químico electrolítico	**591 L**

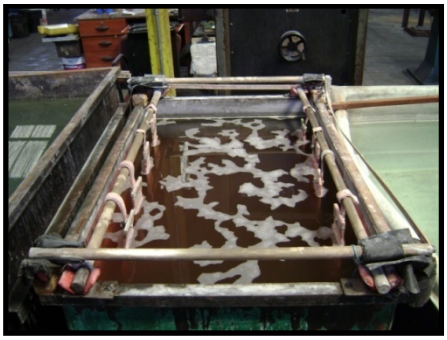


***Figura. 1.39*: Tanque de recubrimiento metálico cobre.** [40]

1.7.1.6. PASO 6: Enjuague con agua para quitar residuos de químico, t= 70 seg., la dimensión del tanque es:

Largo	Ancho	Profundidad
120 cm	74 cm	81.5 cm.

Volumen del Tanque	**724 L**
Volumen de enjuague	**586 L**

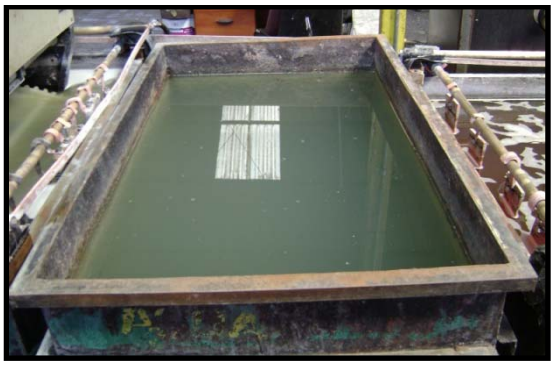


***Figura. 1.40*: Tanque de enjuague.** [41]

[39] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

[40] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.7.1.7. PASO 7: Recubrimiento de latón, t= 1h10 min., la dimensión del tanque es:

Largo	Ancho	Profundidad
112.5 cm	72.5 cm	80.5 cm.

Volumen del Tanque	656 L
Volumen de químico electrolítico	534 L

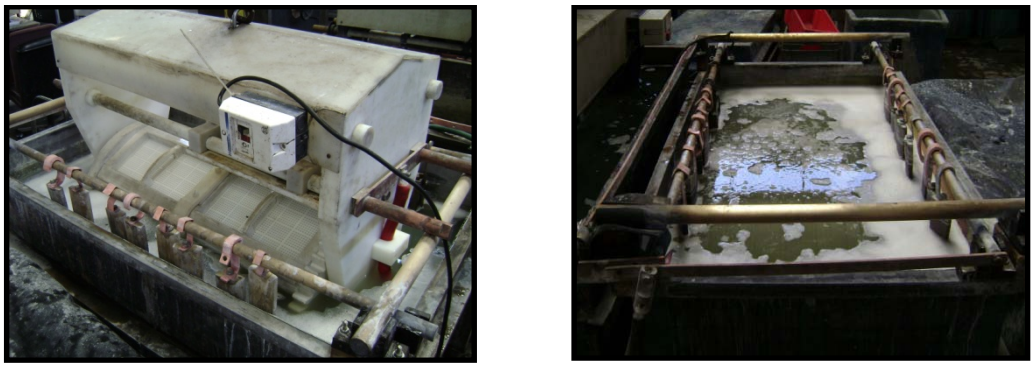


***Figura. 1.41*: Tanque de recubrimiento metálico latón.** [42]

1.7.1.8. PASO 8: Es el recubrimiento flash en una aleación de latón + cobre, t= 5 minutos la dimensión del tanque es:

Largo	Ancho	Profundidad
112.5 cm	72.5 cm	80.5 cm.

Volumen del Tanque	656 L
Volumen de químico electrolítico	591 L

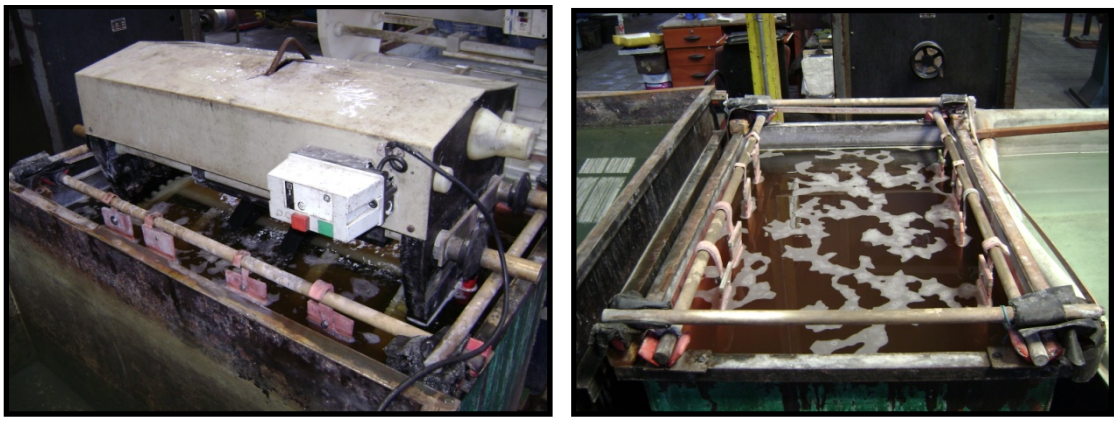


***Figura. 1.42*: Tanque de recubrimiento metálico cobre.** [43]

[41] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

[42] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

OBSERVACIONES DE LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.

- Se puede ver que los tanques del proceso de recubrimiento metálico de la línea 5 no tiene la misma dimensión, lo cual provoca que no haya una buena sujeción del tambor.
- Las barras de conexión eléctrica se encuentra mal aisladas en sus extremos provocando en ocasiones cortos al momento de colocar el tambor.
- Los vapores que emanan cada uno de los tanques son tóxicos provocando dolores de cabeza, irritación de la garganta, ojos y nauseas.
- Se pretende mejorar la línea 5 con un diseño apropiado mejorando las condiciones de trabajo para el operario.

[43] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.8. ESTADO ACTUAL DEL PUENTE GRÚA.

En el proceso de recubrimientos metálicos convencional consta de un puente grúa, que sirve para el levantamiento y traslación tambor a cada uno de los depósitos.

El puente está construido de dos perfil C cuya longitud total es de 12 m. actualmente el puente trabaja con una carga de 350 kg, este peso constituye todo el conjunto motriz e incluye el peso de producción.

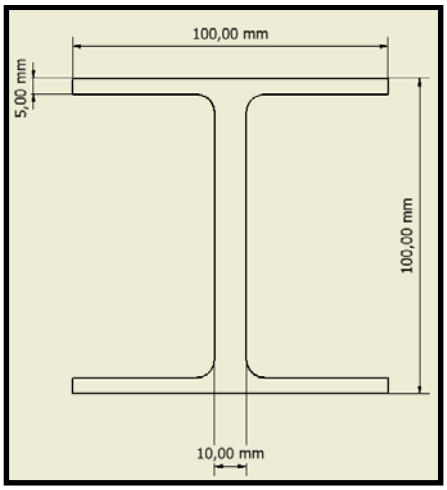


***Figura. 1.42*: Puente.** [44]

La guía del puente se encuentra en condiciones normales de trabajo y no se observa que haya daños estructurales, en la superficie existe cierta cantidad de corrosión provocado por los gases corrosivos que emana los baños químicos.

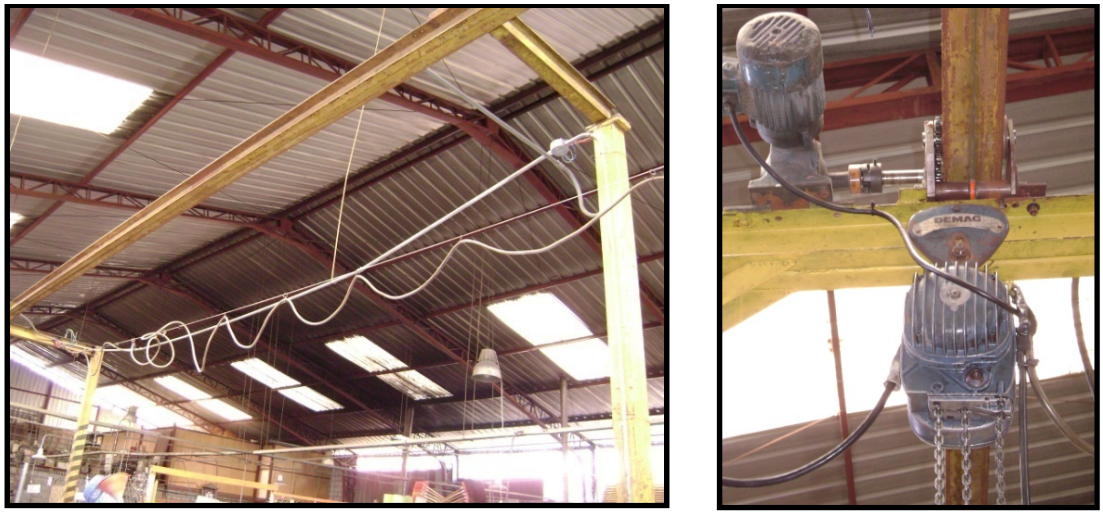


***Figura. 1.43*: Puente Grúa** [45]

[44] Fuente: Autores.

1.8.1. ESTADO ACTUAL DEL CONJUNTO MOTRIZ

El conjunto motriz consta de los siguientes mecanismos:

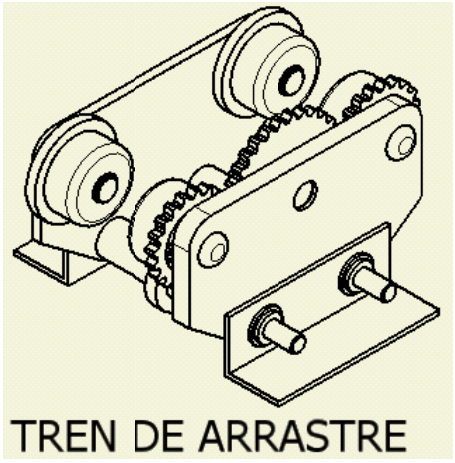
Tren de arrastre		El sistema de arrastre se encuentra trabajando normalmente, el mecanismo es engrasado y aceitado en cada una de sus juntas de rodamiento y contacto de engrane, esto se lo realiza cada dos semanas para evitar la corrosión, por el motivo de que sus partes no están protegidas con recubrimiento de pintura.
Motor de accionamiento de tren de arrastre		El motor reductor su funcionamiento es indispensable para el movimiento de traslación, actualmente está en perfecto estado, el nivel de aceite en el reductor normal, solo presenta daños en el recubrimiento de pintura.
Pulsantes de accionamiento		El sistema eléctrico del motor reductor y tecle presenta un desarrollo normal de trabajo sin ningún desperfecto en los cables de conexión, consta de un pulsante de emergencia de las cuales funciona normalmente.

***Figura. 1.44*: Conjunto motriz** [46]

[45] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

[46] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.8.2. ESTADO ACTUAL DEL ELEVADOR ELÉCTRICO O TECLE

Elevador eléctrico o tecle		El elevador tiene una capacidad de 250 kg, presenta problemas al elevar una carga de 135 kg por desgaste del mecanismo de embrague, por tal motivo no se lo ha cambiado porque no hay en stock en el mercado.

***Figura. 1.45*: Elevador.** [47]

1.8.3. ESTADO ACTUAL DEL SOPORTE DEL CONJUNTO MOTRIZ

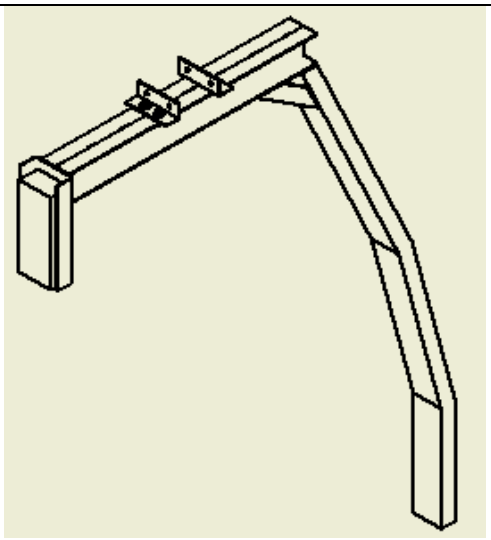
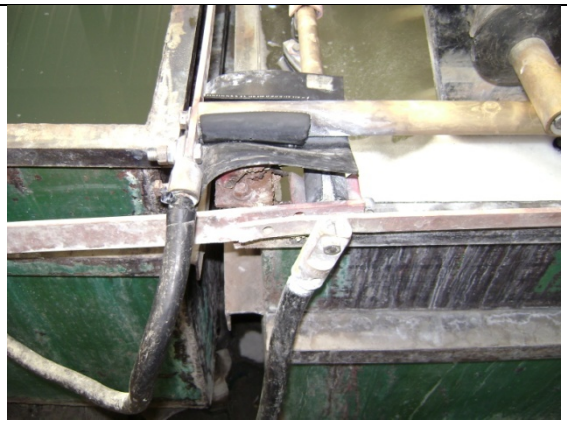
	
La estructura no presenta ningún tipo de desperfecto en sus cordones de soldadura según una inspección visual, podemos decir que se encuentra un desperfecto en su recubrimiento de pintura.	

***Figura. 1.46*: Soporte del conjunto motriz.** [48]

[47] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

[48] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.8.4. ESTADO ACTUAL DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS EN LOS TANQUES DE RECUBRIMIENTO.



Las barras de conexión eléctrica de los dos tanques de recubrimientos metálicos no están correctamente aisladas, provocando cortos al tener contacto con la cadena del elevador.

***Figura. 1.47*: Líneas de conexión.** [49]

[49] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.8.5. ESTADO ACTUAL DE LOS TANQUES DEL PASO 3 Y 4 DEL PROCESO DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS CONVENCIONAL

 	En el paso 3 y 4 no hay una buena sujeción del tambor con los tanques, provocando que el operario lo coloque manualmente en su posición correcta, en estos pasos el operario corre el peligro de lastimarse la mano.

***Figura. 1.48*: Tanques del paso 3 y 4 del proceso de recubrimientos metálicos convencional.** [50]

[50] Fuente: Instalaciones de la fabrica Metal Print Narváez.

1.8.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PUENTE GRÚA DE LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.

La simulación se esfuerzos se lo realizo con la ayuda de software utilizando una carga distribuida de 350 kg, a continuación se representa las graficas del análisis.

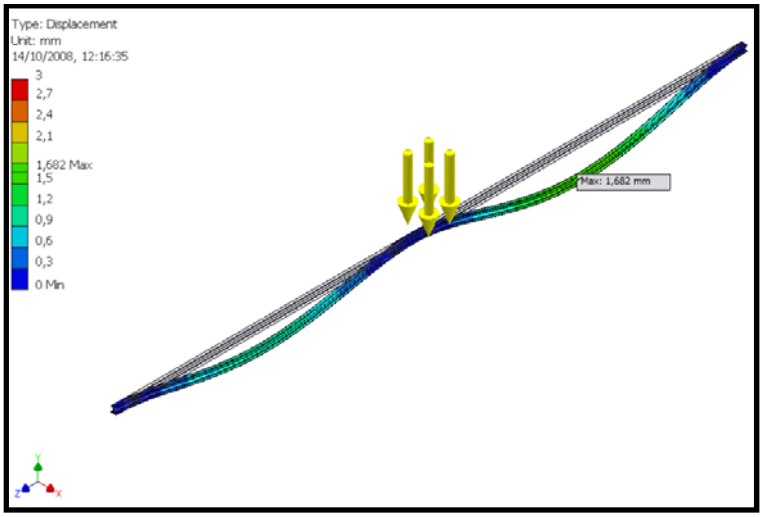


***Figura. 1.49*: Análisis de simulación del puente.** [51]

En la grafica se puede observar que en el tramo más largo del puente se deforma 1,659[mm] por acción de carga.

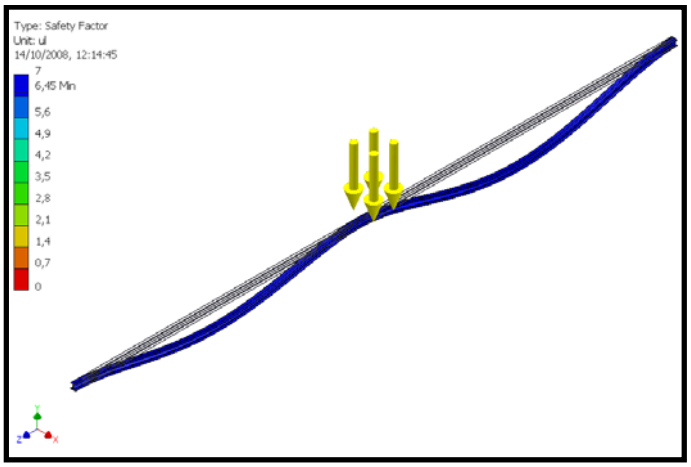


***Figura. 1.50*: Análisis de simulación del puente.** [52]

El puente tiene un factor de seguridad es 6 lo que nos indica que la viga soporta normalmente la carga de trabajo.

[51] Fuente: Autores.

[52] Fuente: Autoría.

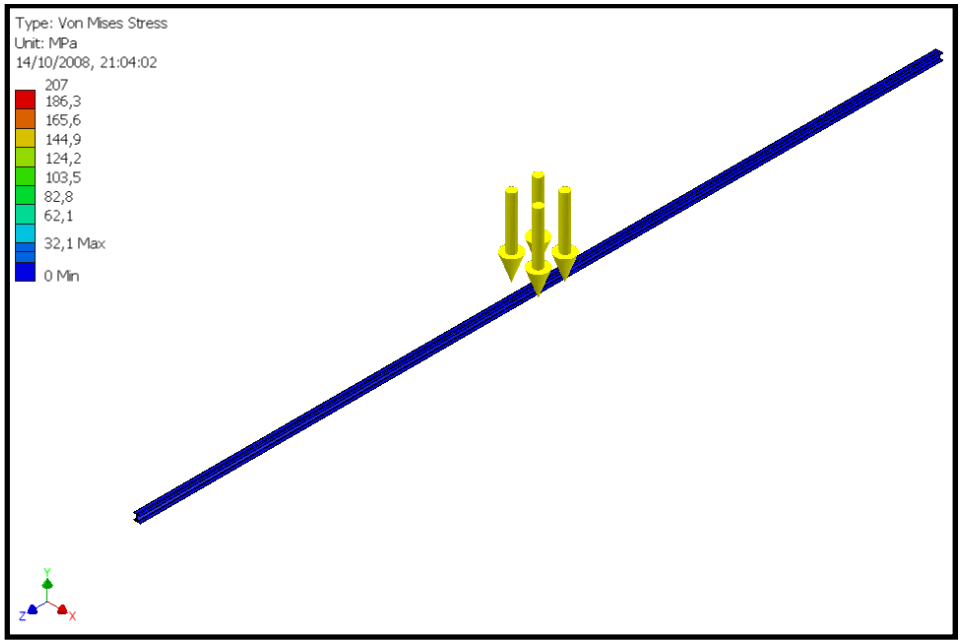


***Figura. 1.51*: Análisis de simulación del puente.** [53]

El puente con la carga de trabajo 350 kg sufre un esfuerzo máximo de flexión 32.1 MPa. Con la ayuda del software se optimizo el tiempo de análisis.

OBSERVACIONES DEL PUENTE GRÚA DE LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.

- Al analizar el estado actual de la línea 5 de recubrimientos metálicos convencional, se pudo ver que no hay un correcto mantenimiento en el polipasto ya que su embrague esta defectuoso.
- En el puente no se encontró ningún daño estructural, las uniones empernadas y soldaduras se encuentra en buen estado.
- La viga del puente y elementos sufre de corrosión a consecuencia de los gases que emana el proceso lo que se recomienda que se recubra con pintura anticorrosiva.

[53] Fuente: Autoría.

CAPITULO 2

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE
Y ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN
DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

2.1. INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo del siguiente capítulo se estudiará los temas relacionados con las bandas transportadoras, su clasificación, las partes principales que la componen, las fórmulas necesarias, las ventajas que tiene la implementación de una banda transportadora en una empresa, sobre todo se revisará la clasificación y cuál es la que conviene para la empresa Metal Print.

De igual forma es importante realizar un estudio de los elementos principales y necesarios para un diseño en el sistema automatizado. Esta es una base para cambiar un proceso manual a un proceso automatizado, partiendo de las necesidades y de la demanda de trabajo que existe.

No siempre es conveniente automatizar todo, pero si es necesario para ciertas actividades, de manera especial el trabajo que se realiza en Metal Print, nace esa necesidad, ya sea por seguridad industrial del operario, tiempos reales de los baños químicos, mejorar una producción y ordenamiento de sus procesos.

2.2. BANDAS TRANSPORTADORAS

En la actualidad los transportadores son una pieza clave para mejorar la producción en canteras y en las empresas de producción las cuales cumplen la función de trasladar cargas movedizas y piezas con un flujo continuo, a poca distancia dentro de los límites de una o varias áreas de producción relacionadas entre sí.

En las canteras los transportadores se utilizan para la alimentación de materiales desde el lugar de extracción hacía el sitio de carga en medios de transporte vagones de ferrocarril, automóviles, barcos.

En las Fábricas de concreto y en las trituradoras de piedra, se emplean para la alimentación de materiales hacia los agregados tecnológicos (trituradoras de piedra, cribas, concreteras).

Por el principio de funcionamiento los transportadores se clasifican en:

1. Transportadores de Banda.
2. Transportadores de Tablillas.
3. Transportadores de Canjilones.
4. Transportadores de Tornillo.
5. Transportadores Vibratorios.
6. Transportadores Rodillo.
7. Transportadores de Neumáticos.

2.2.1. Transportadores de banda destinado a la transportación de materiales movedizos, en polvo, materiales grandes y medianos, así como cargas por piezas en dirección horizontal y débilmente inclinada.

***Figura. 2.1*: Transportadores de Banda.** [1]

[1] Pagina Web: (WWW. Bandas Transportadoras ARISA Accesorios y Refacciones Industriales.com).

2.2.2. Transportadores de plancheta para transportar materiales calientes, abrasivos y en pedazos grandes, así como cargas grandes por piezas, qué se transportan en dirección horizontal e inclinada.

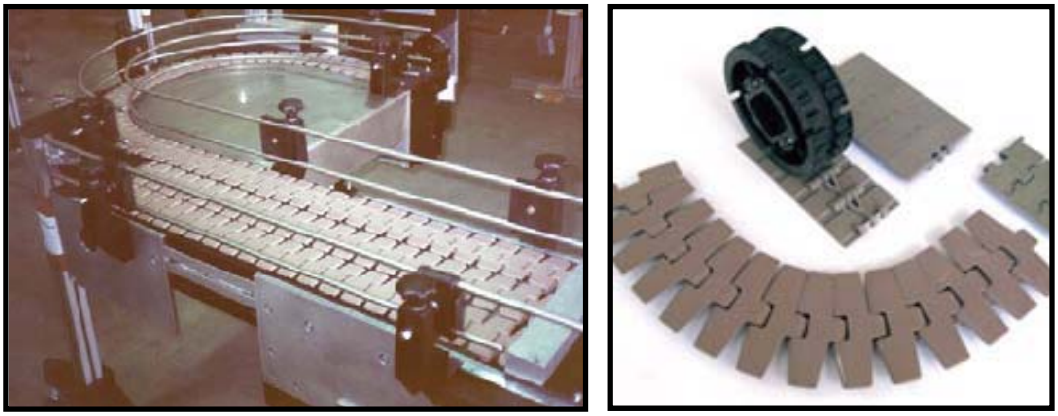


***Figura. 2.2*: Tranportadores de Tablillas.** [2]

2.2.3. Transportador de cangilones, se emplean para transportar materiales en dirección vertical y muy inclinada.

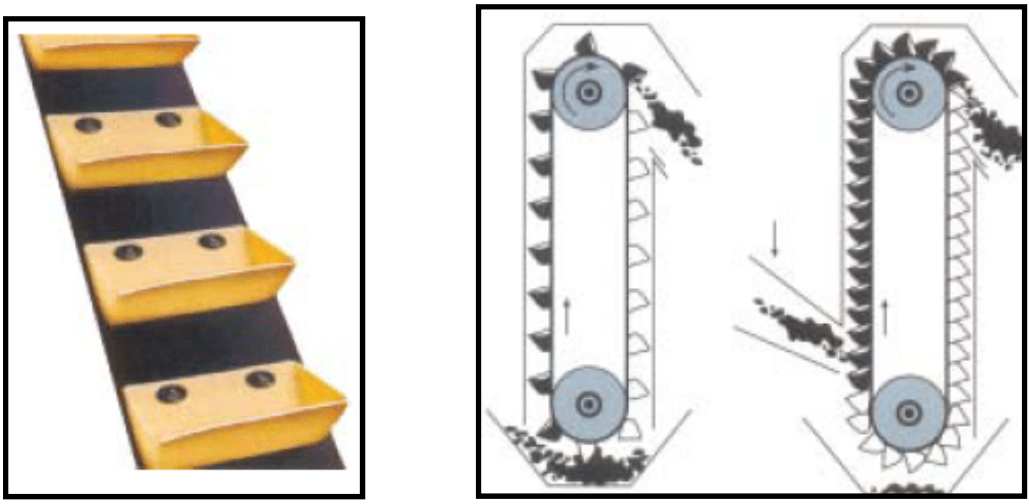
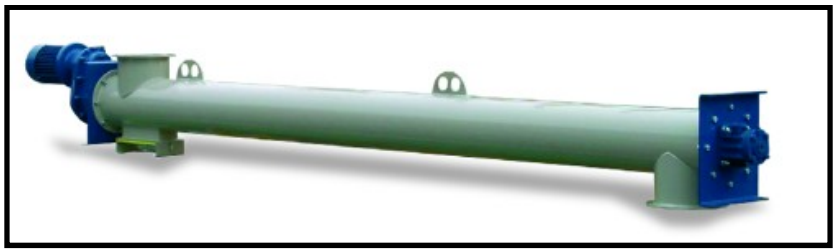


***Figura. 2.3*: Tranportadores de cangilones.** [3]

[2] Pagina Web: (WWW. Inalred Ltda - Transportadores a Granel.com).

[3] Pagina Web: (WWW. Bandas y cintas transportadoras.com).

2.2.4. Transportador de tornillo, se emplea para transportar materiales movedizos, así como materiales húmedos y viscosos en dirección horizontal y débilmente inclinada, y a veces en dirección vertical.



Espiras

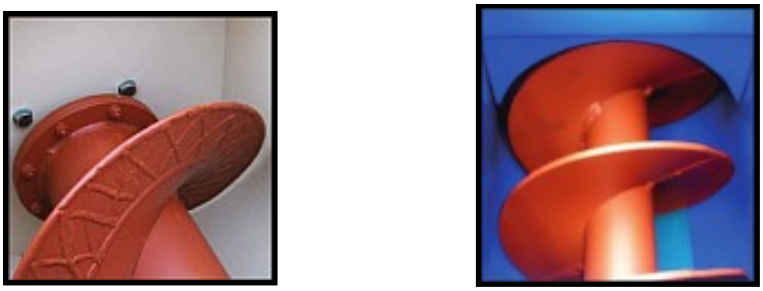


***Figura. 2.4*: Transportadores de Tornillo.** [4]

2.2.5. Transportador de vibración, se emplea para trasladar materiales movedizos.

***Figura. 2.5*: Tranportadores de Vibración.** [5]

[4] Pagina Web: (WWW. Transportadores.com).

2.2.6. Transportador de rodillos, se emplea para trasladar cargas por piezas.

***Figura. 2.6*: Tranportadores de Rodillos.** [6]

2.2.7. En las instalaciones neumotransportadoras el desplazamiento (preferiblemente el material es en forma de polvo) se efectúa mediante el vacío creado en la tubería o por la impelencia de la corriente de aire.

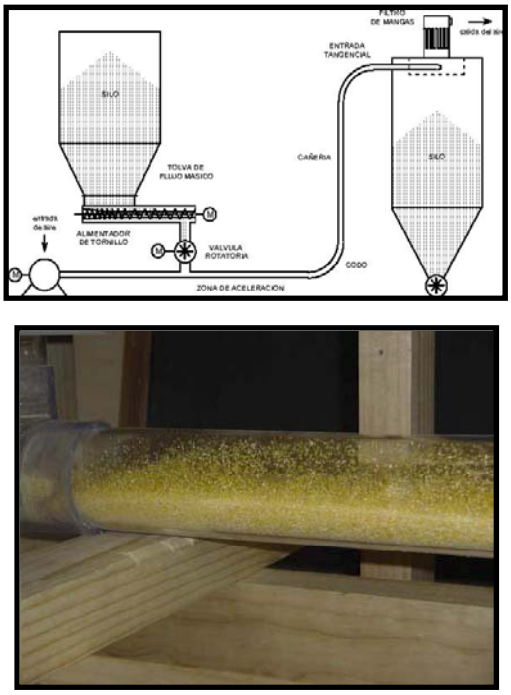


***Figura. 2.7*: Tranportadores de Neumaticos.** [7]

[5] Pagina Web: (WWW. Transportadores.com).

[6] Pagina Web: (WWW. Cintas Transportadoras Rodillos Tambores Bandas Transportadoras.com).

[7] Pagina Web: (WWW. SISTEMAS DE TRANSPORTADORES NEUMÁTICOS-Flexicon Corporation.com).

Por el principio de funcionamiento clasificaremos los transportadores que pueden ser recomendados para el transporte de piezas fundidas semiprocesadas de (ZAMAK 5):

1. Transportadores de Banda de Acero.

2. Transportador de Tablillas.

Estos dos tipos de transportadores los hemos elegido debido a:

- La temperatura del material al momento que sale de la inyectora.
- La construcción y su implementación en la fábrica.
- Por costos y fabricación en el país.

2.3. TRANSPORTADORES DE BANDA

El transportador de banda figura. 2.8 consta del órgano de tracción, construido en forma de banda sin fin, que es a la vez el elemento portable del transportador, de un conjunto de transmisión que pone en movimiento al tambor impulsor, un dispositivo de apriete o tensor, de rodillos de apoyo en la rama de trabajo de la banda, del dispositivo de carga y de descarga, el tambor desviador y de un dispositivo para la limpieza de la banda. Todos los elementos del transportador están montados en la base metálica. Los transportadores de banda se emplean para transportar las cargas más diversas.

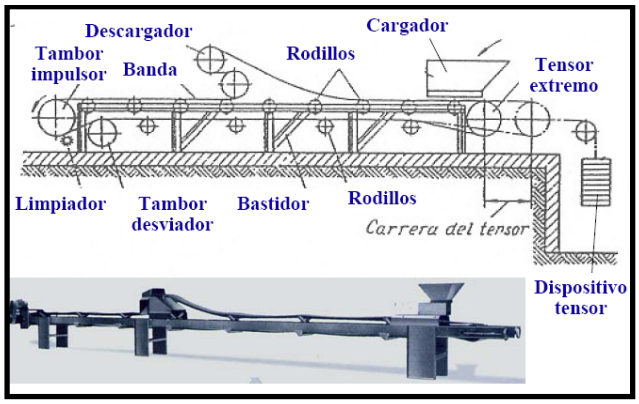


***Figura. 2.8*: Elementos de un transportador de Banda.** [8]

[8] Pagina Web: (WWW. Rodillos y cintas transportadoras.com).

Los esquemas de los transportadores son muy diversos y se determinan por la aplicación del transportador en el proceso tecnológico dado. Algunos esquemas de los transportadores aparecen en la figura. 2.9.

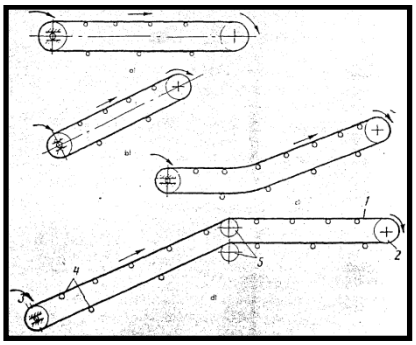


***Figura. 2.9*: Esquema de los transportadores: a) Horizontal; b) Inclinado; c) Horizontal-Inclinado; d) Inclinado-Horizontal.** [9]

La banda en los transportadores consiste en una o más capas de material. Muchas bandas para manejo de materiales tienen dos capas: una capa inferior de material para proveer fuerza lineal y forma llamada “carcasa” y una capa superior llamada “cubierta”. La carcasa es generalmente de algodón o plástico o de malla. La cubierta está integrada por distintos compuestos de plástico o hule especificados por el uso de la banda. Las cubiertas pueden ser fabricadas de materiales menos comunes para aplicaciones especiales tales como el uso de silicón en caliente o goma de caucho donde la tracción es esencial.

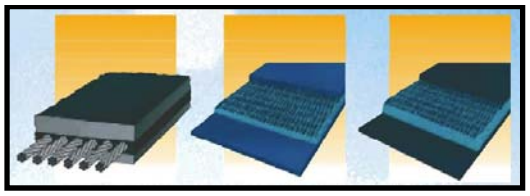


***Figura. 2.10*: Esquema de diferentes recubrimientos para bandas.**[10]

[9] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 5).

[10] Fuente: Transportadores de Banda y Cintas transportadoras.

2.3.1. PARTES DEL TRANSPORTADOR DE BANDA.

TAMBOR DE ACCIONAMIENTO

En los transportadores de banda se distinguen los tambores de transmisión, de atesado y de desviación, que sirven para cambiar la dirección del movimiento de la banda. Mientras mayor es el diámetro del tambor tanto menor es el esfuerzo a la flexión de la banda y tanto mayor su tiempo de servicio. La banda tiene su máxima tensión en el tambor de transmisión, cuyo diámetro se toma máximo para disminuir los esfuerzos de la flexión. En el tambor de desviación la tensión es menor y el diámetro de este tambor puede ser menor que el diámetro del tambor de transmisión.

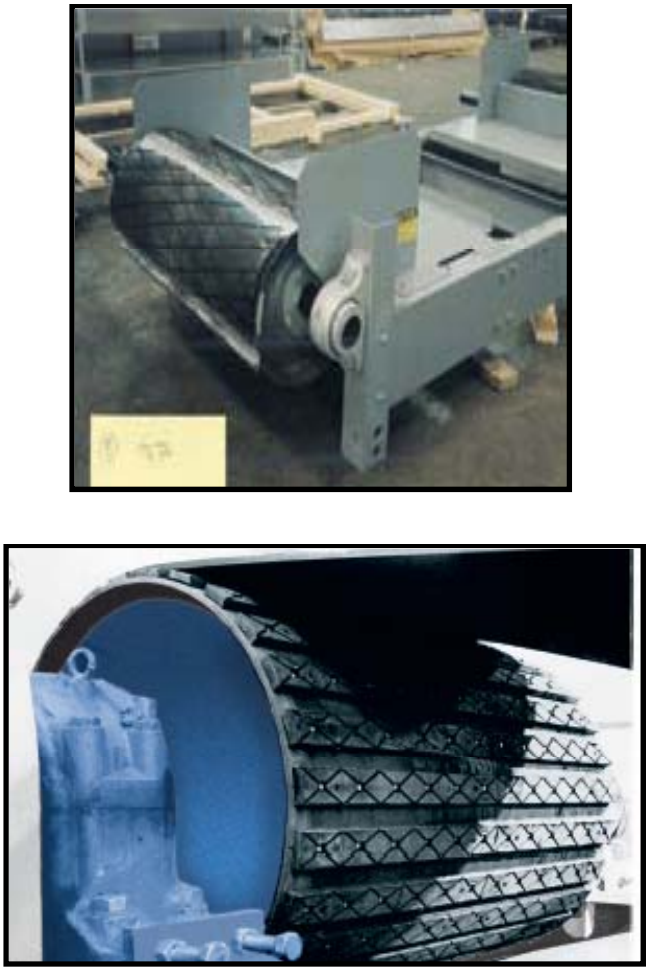


***Figura. 2.11*: Esquema del tambor de accionamiento.[11]**

[11] Pagina web: WWW. Bandas Transportadoras ARISA Accesorios y Refacciones Industriales.

RODILLOS DE APOYO

Se colocan rodillos de apoyo entre los tambores para evitar que la banda no cuelgue bajo la influencia de su propio peso y del peso de la carga, los rodillos de los transportadores con banda textil se fabrican de tubos de acero o se funden de hierro variedades constructivas de los rodillos.

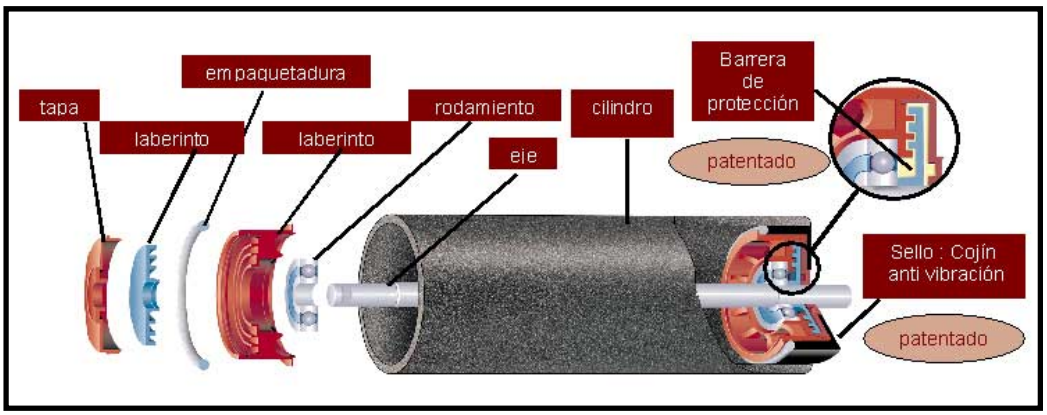
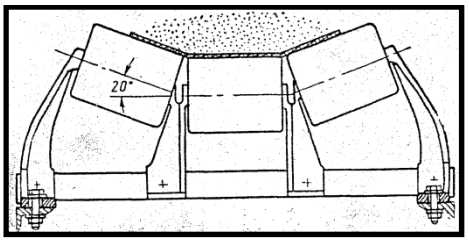


Fig. 2.12: Esquema del rodillo de apoyo.[12]

La longitud del rodillo se toma igual a la longitud del tambor. Con el objeto de crear una sección en ***U*** de la banda los rodillos de la rama de trabajo se pueden situar formando ángulo uno con otro. Los apoyos de la rama libre se hacen generalmente de un solo rodillo.



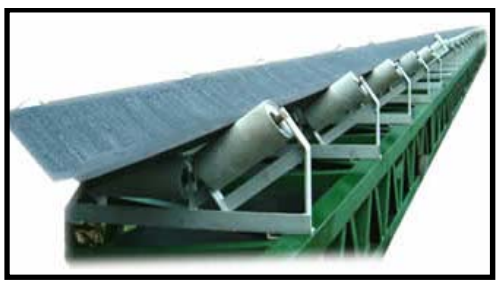
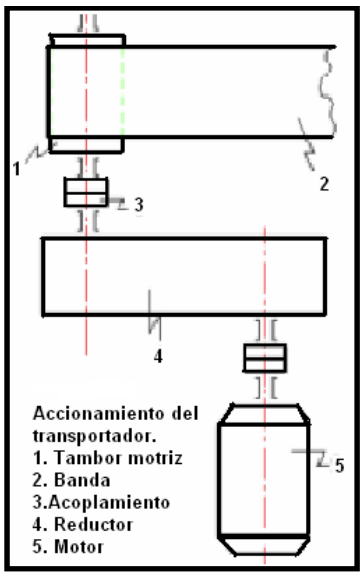


***Figura. 2.13*: Seccion en U de los rodillos de apoyo.** [13]

[12] Pagina web: WWW. Rodillos y cintas transportadoras.com.

CONJUNTO DE TRANSMISIÓN

El conjunto de transmisión se utiliza para poner en movimiento el órgano de tracción del transportador y la carga. El conjunto de transmisión consta del motor 5, del reductor con transmisión cilíndrica o sin fin 4, el tambor 1 y de los acoplamientos 3 que unen el motor con el reductor y el reductor con el árbol del tambor y la banda 2. Los conjuntos de transmisión de los transportadores inclinados y verticales se dotan de dispositivos de frenaje que impiden el movimiento inverso del transportador bajo la acción de la fuerza del peso de la carga con el motor desconectado.



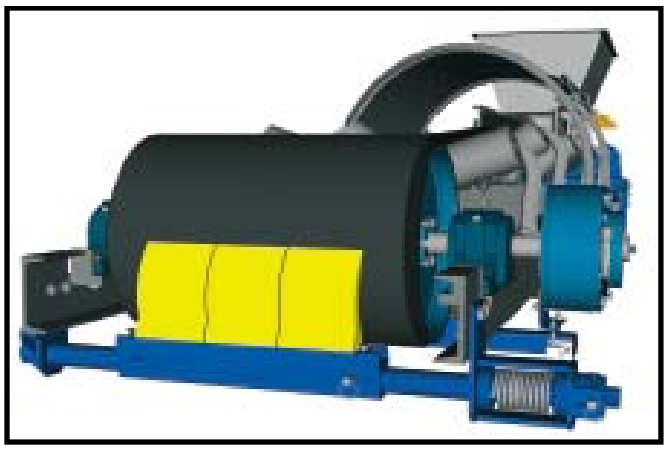


***Figura. 2.14*: Conjunto de transmisión.** [14]

[13] Pagina web: WWW. Transportadores industriales - Transportadores de Banda y Cintas transportadoras.com.

[14] Pagina web: WWW. Rodillos y cintas transportadoras.com.

CONJUNTO DE ATESADO

El conjunto de atesado se utiliza para crear una tensión de la banda mediante la cual se garantiza la adhesion necesaria de la banda con el tambor de transmisión. La tensión de la banda se realiza mediante el desplazamiento del tambor de tensión. Los conjuntos de tensión, atendiendo al tipo de dispositivo que crea la tensión, se dividen en mecánicos, que crean la tensión mediante dispositivos de tornillo o de cremallera y de carga, que actúan debido a la carga que cuelga libremente. El conjunto de tensión se sitúa allí donde la banda tiene una tensión mínima (en este caso la fuerza de tensión también será mínima) o allí donde sea más cómodo dar mantenimiento al conjunto.

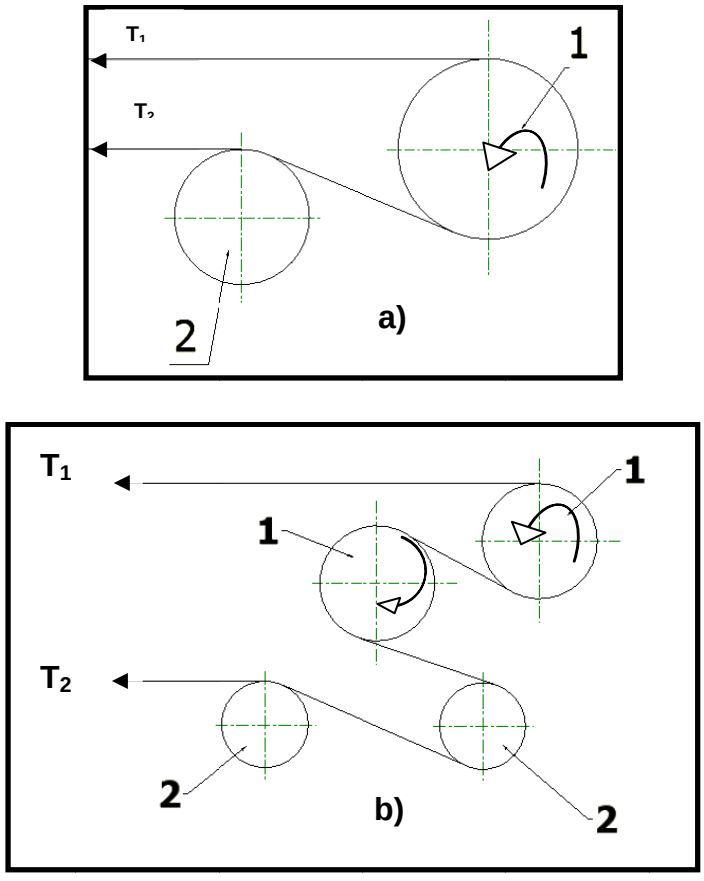


***Figura. 2.15*: Esquemas del sistema de tensión: a) con un tambor de transmisión, b) con dos tambores de transmisión, 1) tambor de transmisión, 2) tambor de desviación.** [15]

[15] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 16).

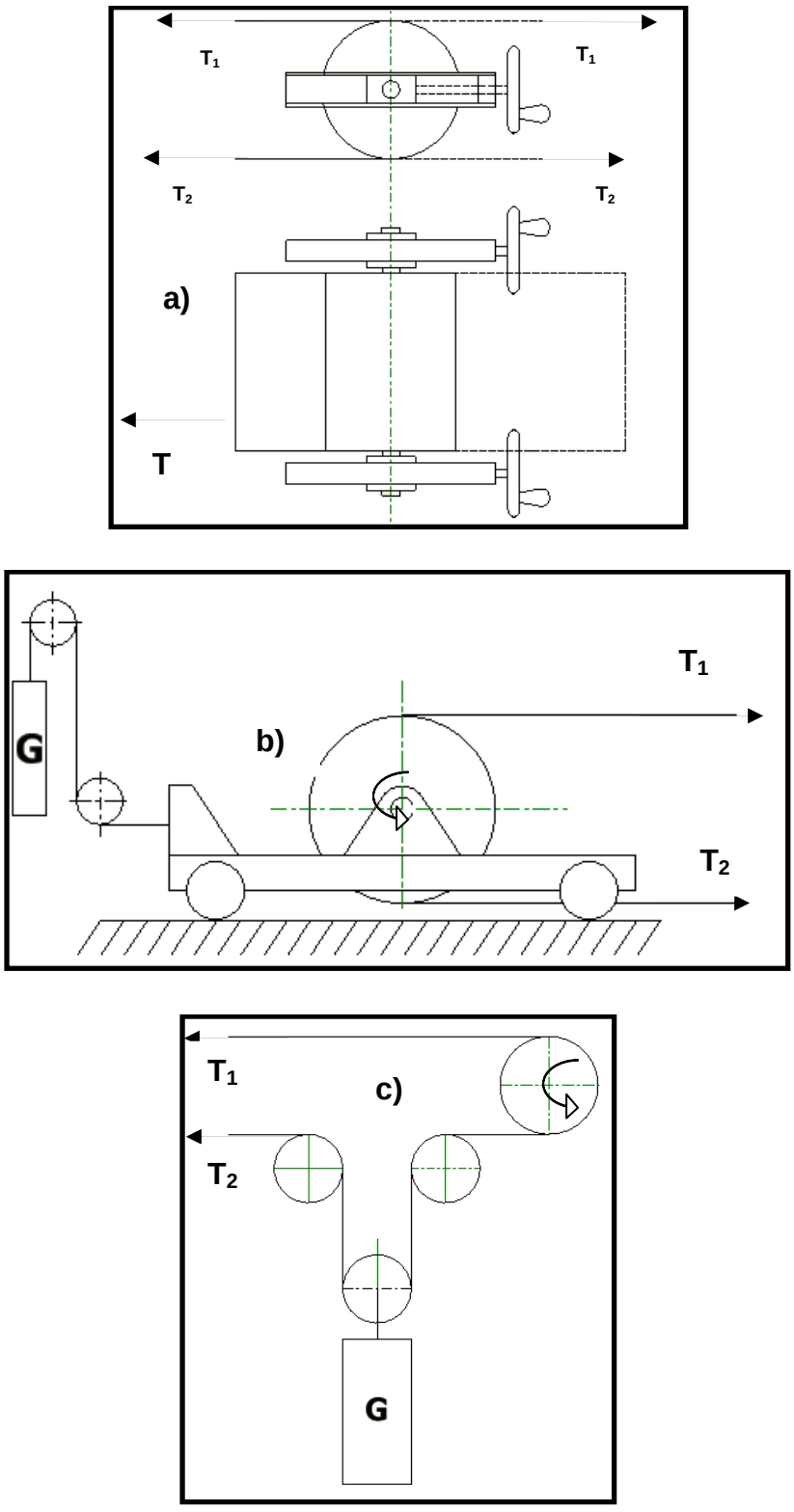


***Figura. 2.16*: Esquemas del dispositivo de tensión: a) de tornillo, b) de carga junto al tambor final, c) de carga junto al tambor de transmisión.** [16]

[16] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 20).

CARGA DE LOS TRANSPORTADORES

El transportador se puede cargar en cualquier punto de su longitud. Sin embargo, con frecuencia la carga de los transportadores se efectúa cerca del tambor trasero. La carga del transportador con cargas movedizas se efectúa generalmente mediante un embudo de carga. El orificio de salida del embudo se hace considerablemente más estrecho que el ancho de la banda, para garantizar una distribución central y uniforme de la carga en la banda.

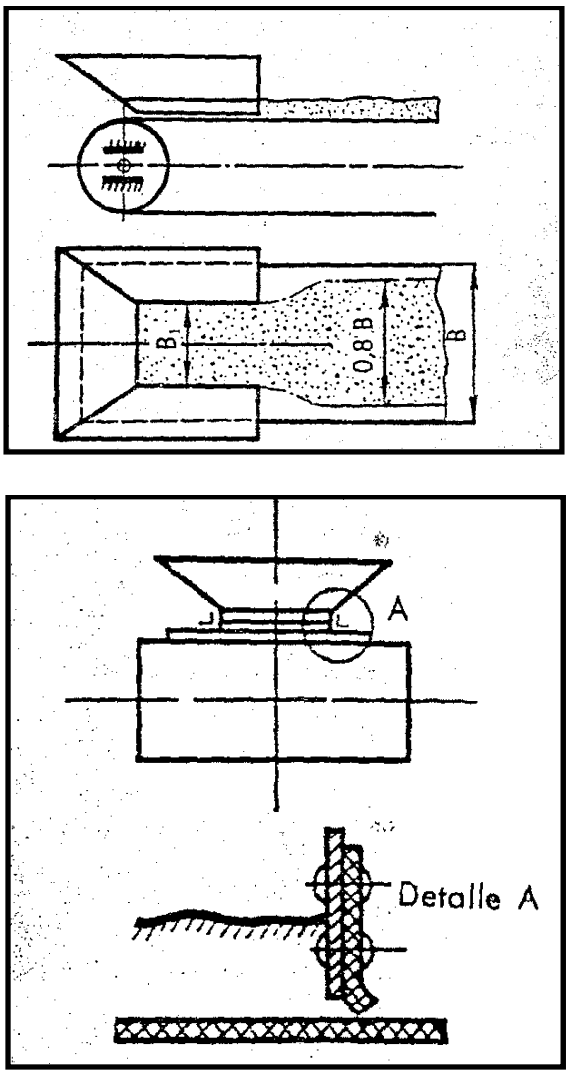


***Figura. 2.17*: Embudo para la carga.** [17]

[17] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 21).

DESCARGA DE LOS TRANSPORTADORES

El método de descarga más cómodo y sencillo de los transportadores que no requieren dispositivos especiales es el lanzamiento del material desde el tambor de transmisión. Sin embargo no siempre se puede limitar la descarga sólo a través del tambor de transmisión. En una serie de casos surge la necesidad de realizar la descarga en diferentes puntos de la longitud del transportador. Así, por ejemplo, en la producción de piezas fundidas es necesario realizar la alimentación de la tierra de moldear, mediante un transportador, hacia las diferentes máquinas de moldear situadas a lo largo de la línea de transportador. En este caso, es imprescindible el empleo de dispositivos de descarga especiales. Los dispositivos más sencillos son los deflectores de arado que son unos paneles instalados en la banda formando ángulo con el flujo material. El material se desliza a lo largo del panel y se aparta de la banda hacia uno de sus lados o a la vez hacia ambos lados. La deficiencia de esta descarga es el elevado desgaste de la banda.

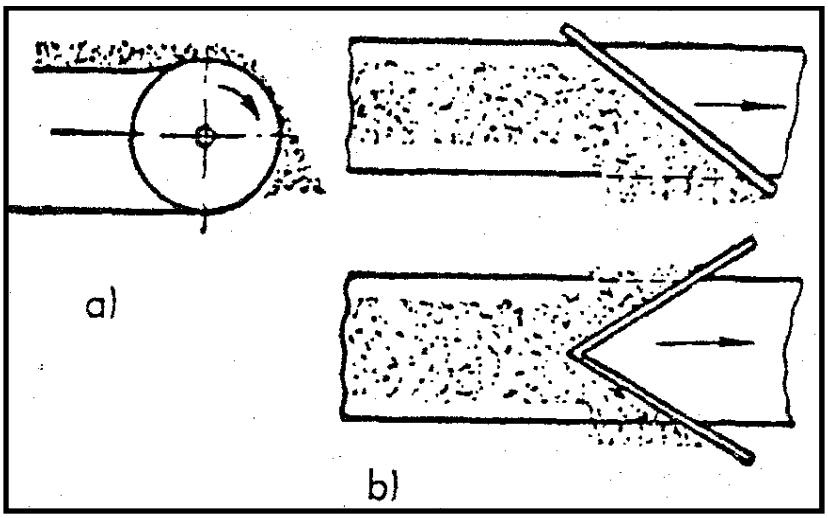


***Figura. 2.18*: Descarga del transportador de banda: a) a través del tambor de transmisión; b) mediante el lanzamiento de la carga de la banda mediante el lanzador de arado.** [18]

[18] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 22).

2.4. CALCULO DE LOS TRANSPORTADORES CON BANDA DE ACERO.

La banda de acero puede trabajar normalmente con un calentamiento uniforme hasta 300 ºC conjuntamente con el material que se encuentra en ella. Para evitar el deterioro, la banda de acero no se debe cargar con un material que tenga una temperatura superior a 120 ºC.

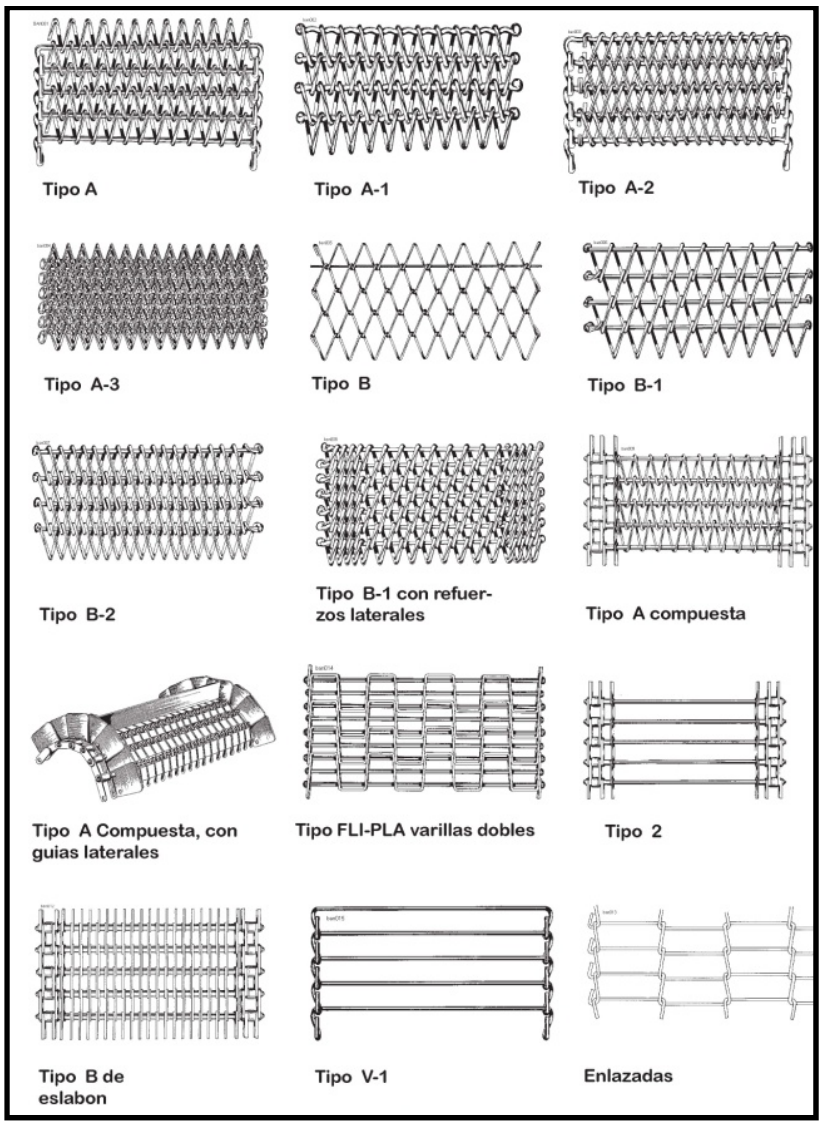


***Figura. 2.19*: Bandas Metalicas.**[19]

[19] Pagina web: WWW. Bandas Transportadoras ARISA Accesorios y Refacciones Industriales.com.

La productividad de los transportadores con banda de acero que transportan cargas a granel se determina por la formula.

$$Q = 3,6\gamma_a F v \ (t/h) \qquad \textit{[Ecuación 2.1]}^{20}$$

Donde:

γ_a= peso especifico aparente de la carga en (t/m^3)

v= velocidad de la banda en (m/seg)

F= área de la sección de la carga en la banda en m^2 ***[Ver Anexo Cap. 2 (tabla 2.1 y 2.2)]***

Al proyectar los transportadores con banda de acero destinados al izaje de la carga a una altura dada, surge el problema de determinar la longitud requerida del transportador, la cual depende del ángulo admisible de inclinación con respecto a la horizontal ***[Ver Anexo Cap. 2 (tabla 2.3)]*** aparece los valores de los ángulos admisibles de inclinación para una serie de cargas típicas.

El ancho de la banda, en dependencia de la dimensión de los pedazos típicos de la carga, se determina igual que para los transportadores con banda encauchada.

$$B = \sqrt{\frac{Q}{k_a' v \gamma_a}} \ (m) \qquad \textit{[Ecuación 2.2]}^{21}$$

Donde:

Q= productividad en (t/h)

γ_a= peso especifico aparente de la carga en (t/m^3)

v= velocidad de la banda en (m/seg)

[20] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 67).

[21] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 30).

k'_a= este valor disminuye con los ángulos β ángulo de inclinación con respecto a la horizontal.

Potencia del tambor de transmisión se determina aproximadamente por la formula.

$$N'_a = Bv(0,4L_b w + 1) + 0,003Q(L_b w \pm H) \ (kg) \qquad \textit{[Ecuación 2.3]}^{22}$$

Donde:

Q= productividad en (t/h)

L_b y H= Proyecciones vertical y horizontal de la traza de los transportadores en (m)

v= velocidad de la banda en (m/seg)

B= ancho de la banda (m)

w= coeficiente de resistencia *[Ver Anexo Cap. 2 (tabla 2.4)]*

La potencia establecida del motor se determina por la formula.

$$N = \frac{k_r}{\eta}(N'_a + N_1 + 2N_2 + NN_3) \ \ (kg) \qquad \textit{[Ecuación 2.4]}^{23}$$

Donde:

Kr= tienen como valores 1,15 y 1,25

η= tiene como valor 0,95

N_1= potencia complementaria

$$N_1 = \frac{Q(B+0,13)}{250} \qquad \textit{[Ecuación 2.5]}^{24}$$

[22] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 69).

[23] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 69).

N_2= potencia complementaria cuando hay dispositivos de desviación para la banda.

$$N_2 = \frac{Bv}{14} \qquad \textit{[Ecuación 2.6]}^{25}$$

N_3= potencia complementaria cuando hay bordes; para las cargas por pieza.

$$N_3 = \frac{L_b v}{2000} \qquad \textit{[Ecuación 2.7]}^{26}$$

N_3= potencia complementaria cuando hay bordes; para las cargas a granel.

$$N_3 = \frac{L_h Q}{5000} \qquad \textit{[Ecuación 2.8]}^{27}$$

La potencia máxima admisible de la transmisión se limita por la resistencia de la unión a tope de la banda y se determina por la formula.

$$N_{max} = \frac{k_N B v \delta_b}{\eta} \quad (kw) \qquad \textit{[Ecuación 2.9]}^{28}$$

Donde:

B= (m)

Q= (t/h)

v= (m/seg)

L_h= (m)

k_n= 10 para tambores de transmisión sin revestimiento y 15 para tambores con revestimiento

[24] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 69).

[25] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 69).

[26] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 69).

[27] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 70).

[28] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 70).

δ_b= espesor de la banda (mm)

El peso aproximado de la carga de tensión, para los transportadores con transmisión en el extremo de descarga puede determinarse por la formula.

$$G_t = \frac{k_t N}{v} \quad (kg) \qquad \textit{[Ecuación 2.10]}^{29}$$

Donde:

k_t= 350 para tambores con transmisión sin revestimiento y 180 para tambores con revestimiento

N= (kw)

v= (m/seg)

La fuerza de tensión entre los rodillos de apoyo no debe ser menor de

$$G_{min} = 1400 B \delta_b \quad (kg) \qquad \textit{[Ecuación 2.11]}^{30}$$

La distancia entre los rodillos de apoyo se determina por la siguiente formula.

$$l_r = \frac{2500 B v \delta_b}{Q + 30 B v \delta_b} \quad (m) \qquad \textit{[Ecuación 2.12]}^{31}$$

[29] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 70).

[30] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 70).

[31] Fuente: Diseño de maquinas industrial V. S. SHUBIN (pag. 71).

2.5. ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

Actualmente sería impensable realizar maniobras complicadas dentro del mundo industrial, sin dos elementos ampliamente extendidos, los autómatas programables y los sensores, que permitirán controlar las variables que afectarán al proceso industrial.

Los autómatas por precio, versatilidad y facilidad de programación se han convertido en los sustitutos de las maniobras en los entornos industriales, y debido a las crecientes necesidades de los procesos industriales modernos, cada vez hay que controlar más variables que afectan a esos procesos, por lo que los sensores han entrado de lleno en estas maniobras.

Sería difícil encontrar procesos automatizados que no estén gobernados por dichos elementos.

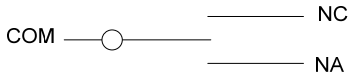
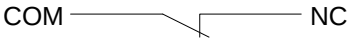
Procesos como contadores, detectores de presencia, detectores de objetos, control de medidas, medidas de seguridad, inspecciones de calidad automáticos, posicionamiento y verificación. serían impensables sin esta combinación de elementos.

A continuación procedemos a realizar una breve explicación de estos elementos, teniendo en cuenta que para nuestro diseño se utilizarán la mayoría de los que mencionaremos.

2.5.1. ELEMENTOS DE GOBIERNO.

MICRORRUPTORES

Son elementos que funcionan como un pulsador, cuya función consiste en determinar la posición o el estado de un proceso automático. Los tipos de contacto pueden ser NC (Normalmente cerrados) o NA (Normalmente abiertos).

TIPO DE ACCIONAMIENTO	
Normalmente cerrado (NC).	
Normalmente abierto (NA).	

Generalmente son muy precisos, con una excelente respuesta de actuación y con diversos tipos de actuadores (émbolos de aguja, de palanca, compacto, flexible, rígido, etc.).

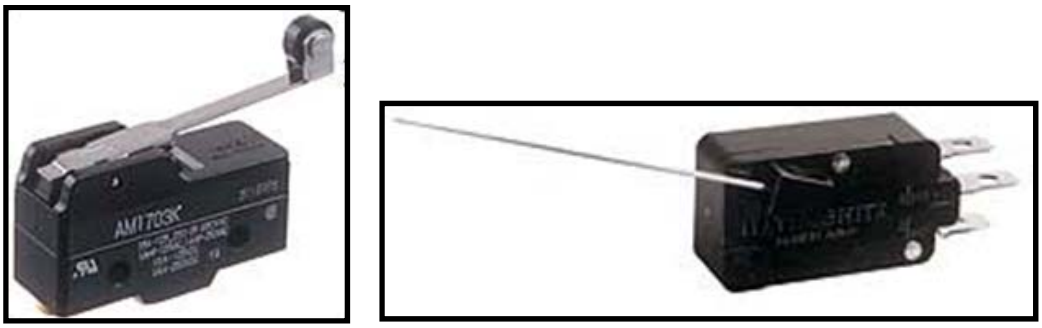


***Figura. 2.20*: Tipo de Microrruptores**[32]

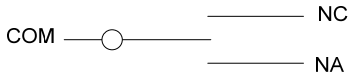
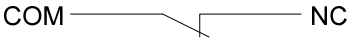
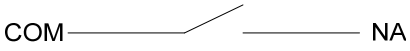
APLICACIONES

En cualquier proceso automático que debamos determinar posiciones o estados de ese proceso y dónde la presión sobre el actuador sea la mínima, estos pueden ser en contadores de piezas, detectores de inicio y finalización del proceso, cortes de hilos, posicionamiento, etc.

[32] Fuente: Manual de automatización y control Matshushita NAIS (1999)

FINALES DE CARRERA

Son elementos actuadores de conmutación, generalmente provistos por muelles y utilizados en procesos automáticos donde la detección debe ser más robusta.

TIPO DE ACCIONAMIENTO	
Normalmente cerrado (NC).	
Normalmente abierto (NA).	

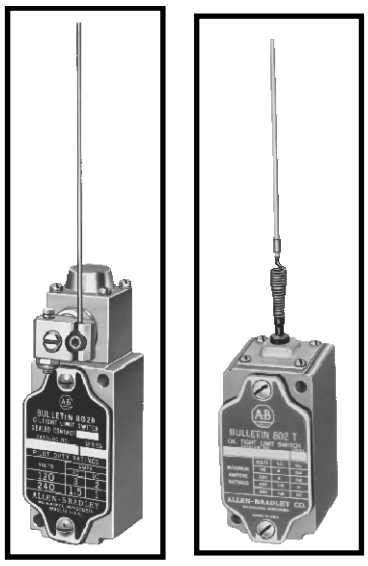


***Figura. 2.21*: Tipos de contactos de finales de carrera[33]**

[33] Fuente: Catálogo general OMROM (2000)

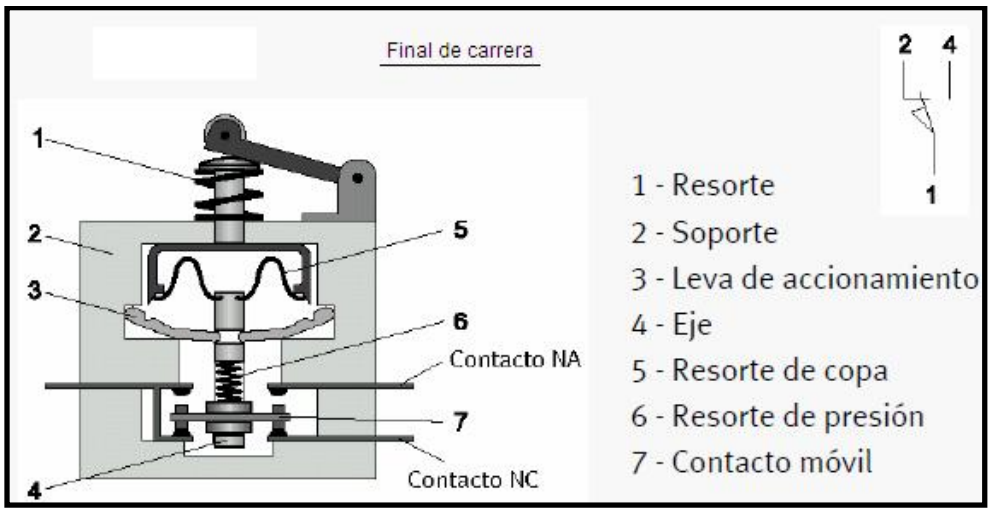


***Figura. 2.22*: Partes principales de un sensor fin de carrera**

APLICACIONES

En cualquier proceso automático en el que debamos detectar posiciones o estados de este proceso y donde la presión sobre el actuador sea bastante grande.

SENSORES

FOTOCÉLULAS Y BARRERAS

Son elementos sensores formados por un emisor de luz y una fotocélula de detección, actuando por reflección de este haz sobre los objetos a detectar, también pueden actuar en forma de barrera y pueden detectar objetos a grandes distancias, con fuentes iluminosas independientes del cabezal que solo es receptor.

***Figura. 2.23*: Fotocélulas ON/Off y Fotocélula y Accesorio Reflector**[34]

[34] Fuente: Manual de automatización y control Matshushita NAIS (1999)

APLICACIONES

Detección en puertas automáticas, ascensores, funciones de seguridad para puertas de autobuses, mediciones de tubos, medición de alturas en piezas, sensores de nivel de llenado, detección de tensamientos en cintas transportadoras, detección de posicionamiento.

INTERRUPTORES DE PROXIMIDAD

Son sensores para detectar presencia o ausencia de objetos metálicos, están basados en distintos tipos de de actuadores siendo los más comunes:

Sensores inductivos: Detectan materiales férricos basándose en variaciones de campo magnético.

Sensores capacitivos: En determinados entornos no se pueden utilizar las variaciones de campo magnético y se utilizan otros dispositivos cuya característica de variación es la capacidad eléctrica.

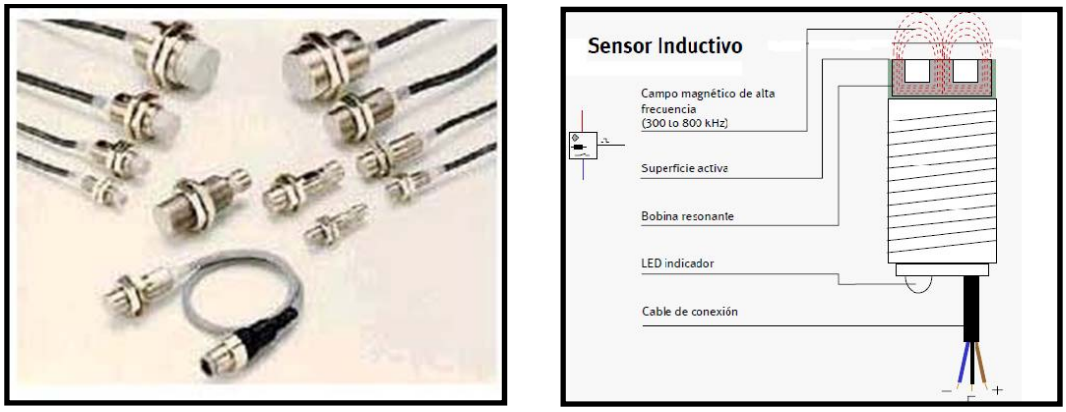


***Figura. 2.24*: Sensores Inductivos.** [35]

[35] Página Web: www-sensoresde proximidad.galeon.com

Para otro tipo de materiales no férricos se utilizan los siguientes sensores:

- Sensores ópticos (fotocélulas y barreras).
- Detectores ultrasónicos (Barreras por ultrasonidos).

APLICACIONES

Control de desplazamiento de piezas, detección de materiales metálicos en procesos de alimentación, posicionamiento de piezas metálicas posicionamiento de máquinas detección de planchas en movimiento.

DETECTORES DE MOVIMIENTO

Son elementos sensores para detectar grandes o pequeños movimientos, por ejemplo el movimiento de una mano generalmente suelen ser detectores por infrarrojo o por reflexión directa, muchas veces suelen estar protegidos contra la contaminación lumínica y se pueden usar varios sin que interfieran entre sí.

Debido a su utilización como detectores para alarmas o como elementos de seguridad, pueden estar alimentados a pilas debido a su ubicación en determinadas aplicaciones.

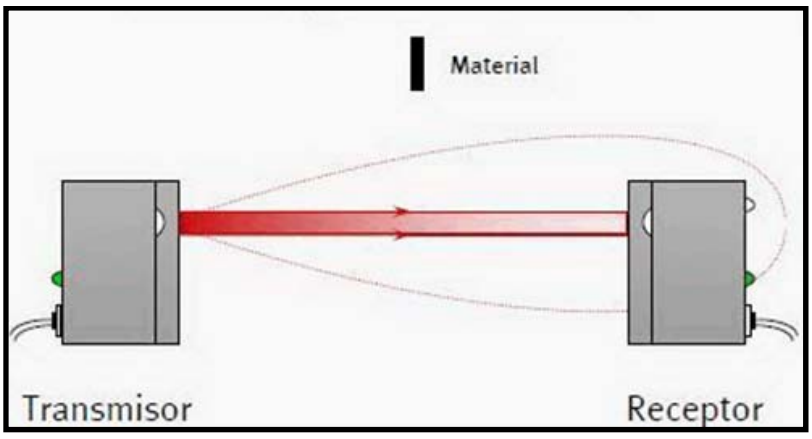


***Figura. 2.25*: Sensor Óptico de Barrera**[36]

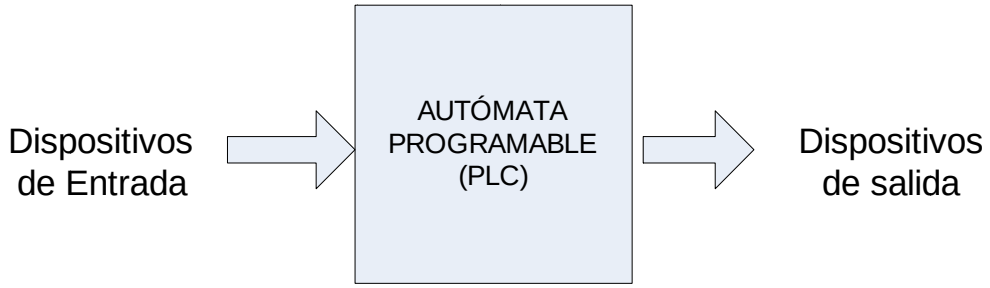
APLICACIONES

Alarmas, grifos de agua automáticos, aseos automatizados, detección de personas en cajeros automáticos, control de luz y ventilación.

[36] Página Web: www.sensoresdeproximidad.galeon.com

2.6. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

Se entiende por controlador lógico programable (PLC) o autómata programable a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales.



Las entradas pueden recibir señales de tipo digital, por ejemplo: interruptores o de tipo analógico, como son los sensores de temperatura.

Estas señales son transformadas internamente en señales compatibles con los microprocesadores y demás circuitos integrados de procesamiento interno.

Su funcionamiento depende de un programa que se le ha introducido previamente, con el cual se ejecuta cierta secuencia en forma completamente automática.

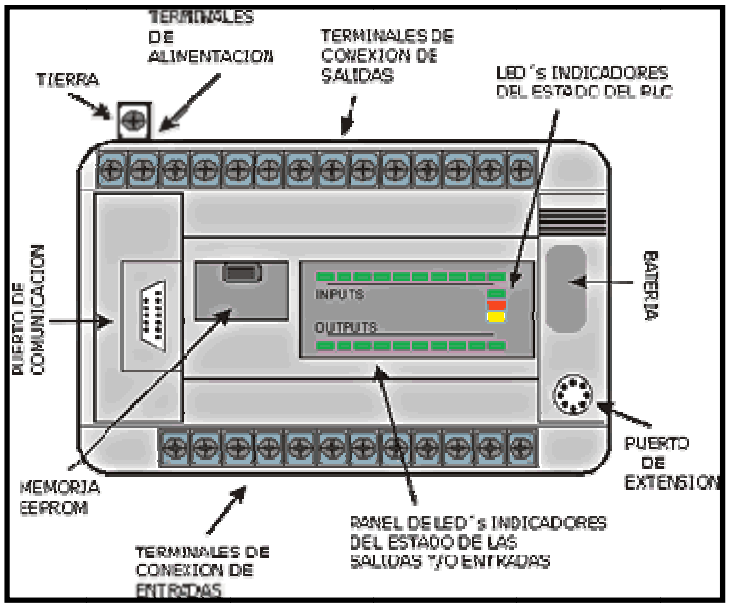


***Figura. 2.26*: Partes Principales de un PLC**[37]

[37] Página Web: www.sensoresdeproximidad.galeon.com

APLICACIONES:

Un autómata programable suele emplearse en procesos industriales que tenga una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiante.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PLC

Entre las ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el autómata queda pequeño para el puesto industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistema de producción.

Y entre los inconvenientes existen:

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo.

2.7. REDUCTOR DE VELOCIDAD

Los reductores o motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Al emplear reductores o motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

CARACTERÍSTICAS DEL REDUCTOR O MOTORREDUCTOR TAMAÑO

- **Potencia:** en HP, de entrada y de salida.
- **Velocidad:** en rpm, de entrada y de salida.
- **PAR** (o torque): a la salida del mismo, en kg/m.
- **Relación de reducción:** índice que detalla la relación entre las rpm de entrada y de salida.

2.7.1. GUÍA PARA LA ELECCIÓN DEL TAMAÑO DE UN REDUCTOR O MOTO REDUCTOR

Para seleccionar adecuadamente una unidad de reducción debe tenerse en cuenta la siguiente información básica:

Características de operación

- Potencia: (HP tanto de entrada y de salida).
- Velocidad: (rpm de entrada como de salida).

- Torque (par): máximo a la salida en kg. /m.
- Relación de reducción: (I).

Características del trabajo a realizar.

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina,).
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

Condiciones del ambiente.

- Humedad.
- Temperatura.

Ejecución del equipo.

- Ejes a 180° o 90°.
- Ejes de salida horizontal, vertical.

Incrementador de la velocidad: En algunos casos, resulta impráctico operar un motor primario a una velocidad lo suficientemente alta como para satisfacer las necesidades del equipo impulsado. Para las aplicaciones de este tipo pueden utilizarse los engranajes como incrementadores de la velocidad.

2.7.2. PARTES DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD

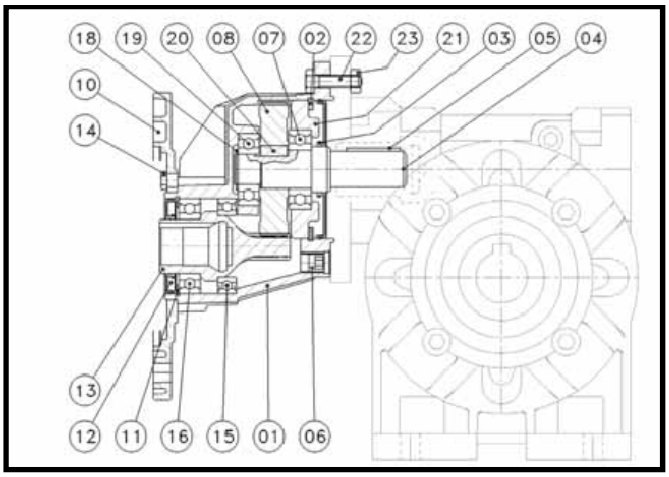


***Figura. 2.27*: Despiece Motorreductor[38].**

1	Carcasa	13	Piñón
2	Segger	14	Tornillo brida de entrada
3	Retén de salida	15	Rodamiento posterior piñón.
4	Eje de salida	16	Rodamiento anterior piñón
5	Chaveta eje de salida	18	Seeger eje salida (e)
6	Tapón	19	Rodamiento posterior corona
7	Rodamiento anterior corona	20	Chaveta corona
8	Corona	21	Soporte
10	Brida entrada	22	Tornillo
11	Seeger de entrada (i)	23	Tuerca
12	Retén de dentrada		

2.8. OBSERVACIONES:

- Para el siguiente capítulo que corresponde al diseño se pretende seleccionar el sistema de transporte por banda de tablillas metálicas, la cual es resistente a altas temperaturas y es ideal para la cantidad de producción generada por la línea 1 de inyección de la empresa Metal Print Narváez.
- Para el sistema automático de la línea 5 de recubrimientos metálicos de la empresa Metal Print Narváez se elegirán los elementos descritos en este capítulo porque cumplen todas las características para el control del equipo.

[38] Página Web: www.ghirri.it

CAPITULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA LÍNEA 1 Y AUTOMATIZACIÓN EN LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA LÍNEA 1

3.1. INTRODUCCIÓN:

Ya definidas las bandas tentativas para ser aplicadas en la empresa Metal Print, banda de acero y banda de tablillas.

Se ha decidido optar por una banda de tablillas debido a las siguientes razones:

- Costos de material y utilidad.
- Debido al peso del material se requiere una banda que haga la función de transportar, el peso es casi despreciable.
- Por construcción, esta banda se puede construir dentro de nuestra ciudad sin necesidad de importar material de otras ciudades.
- Por el espacio físico que existe en la empresa.

Se realizará el cálculo correspondiente para el diseño de una banda transportadora de tablillas, una banda transportadora ha pasado de un lujo de una fábrica a una necesidad dentro de la industria sabiendo que el tiempo es el peor enemigo de una empresa ya sea por costes, mano de obra y el precio del producto final.

3.2. DATOS INÍCIALES PARA EL CÁLCULO.

Estos datos que se presenta a continuación son los necesarios dentro de la empresa, teniendo en cuenta los siguientes valores:

V	0,025	m/s
L	5	m
H	0,9	m
Peso/metro	100	kg/m
peso material	0,17	kg
N° cadenas	2	

***Tabla. 3.1*: DATOS INÍCIALES[1]**

[1] Fuente: Datos Proporcionados por la Empresa Metal Print.

V= velocidad necesaria para transportar las piezas inyectadas, esta velocidad está de acuerdo desde el momento que cae el material inyectado a la banda hasta el final de la misma, para que exista el enfriamiento necesario del material.

L= longitud horizontal desde la base de la inyectora hasta la mesa de trabajo para sacar rebabas y realizar el pulido.

H= altura a la cual se encuentra la banda, esta altura toma entre ejes.

Peso= 100 kg/m. Este peso es el total incluido la tablilla, un metro de la cadena, estos datos se han tomado del material existente en el mercado y el que se va a utilizar para la construcción.

Peso material= 0,17 kg, es el peso promedio de las piezas que han sido procesadas en la inyectora.

N° de cadenas= seleccionado por la necesidad y la potencia a transmitir.

3.3. ELECCIÓN DEL PASO DE LA CADENA

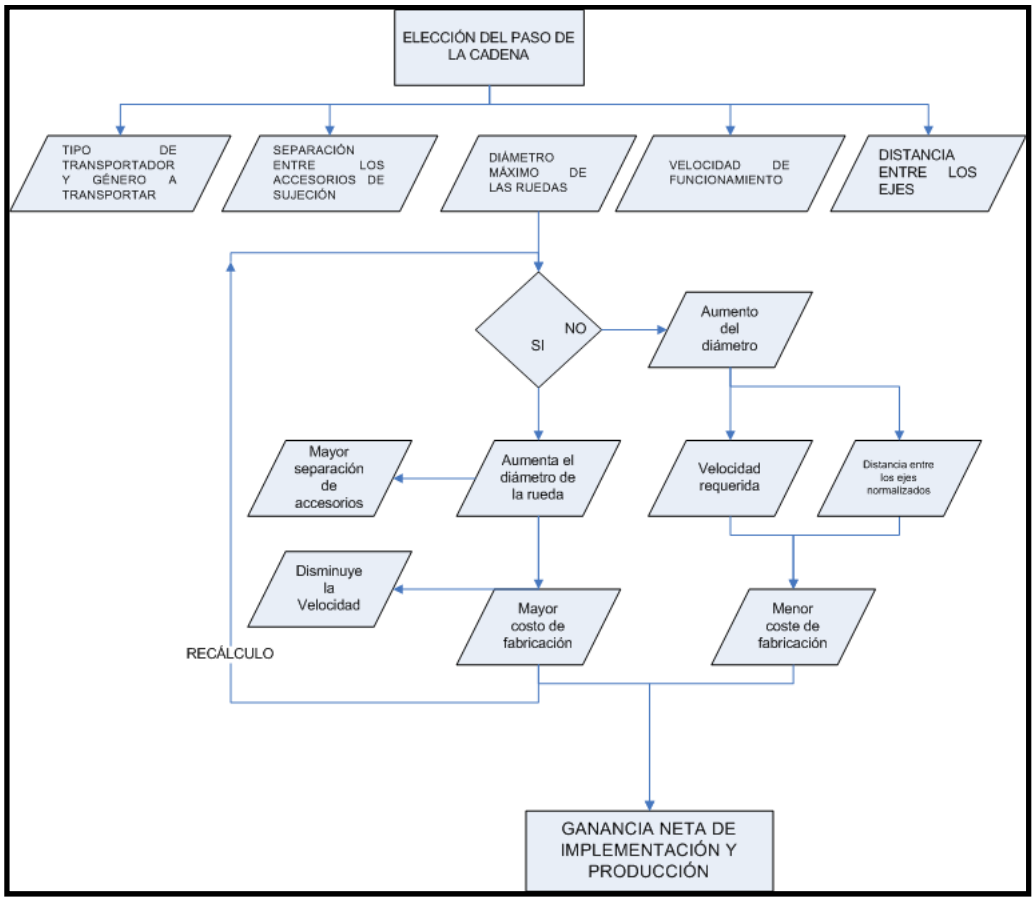


***Figura. 3.1*: DIAGRAMA DE FLUJO ELECCIÓN DEL PASO DE LA CADENA**[2]

[2] Fuente: Autores.

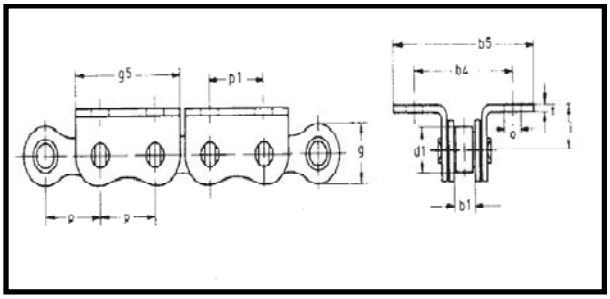
Es importante adoptar pasos normalizados según el tipo de cadena y que vienen dados en el catálogo, de modo que al utilizar elementos estandarizados la cadena es económica.

El transportador es de tipo industrial, la distancia necesaria para transportar no es muy grande, las piezas que se van a transportar no superan los 70 mm en su dimensión total, por lo tanto no se va a necesitar que se transporte a una velocidad mayor a 1 m/s, se necesita ruedas de diámetro menor, por lo que influye en nuestro paso.

En la siguiente tabla se presenta pasos normalizados que ya existen en el mercado ***[Ver Anexo Cap. 3 Tabla. 3.8:]***, esta selección se ha realizado por las sugerencias descritas anteriormente, debemos tener en cuenta aspectos importantes como son el espacio físico y el espacio productivo dentro de la empresa Metal Print.

Chain-N°	p	b1 min.	d1 max.	b3 min.	g5	o	i	b4	b5	t
06 B-1	9,525	5,72	6,35	8,66	8,0	3,0	6,7	19,5	28,7	1,25
081-1	12,700	3,30	7,75	5,93	16,0	3,7	6,4	19,3	31,1	0,90
083-1	12,700	4,88	7,75	8,03	16,0	3,7	6,4	20,8	32,6	0,90
084-1	12,700	4,88	7,75	8,93	15,0	5,2	8,0	22,6	35,0	1,62
08 B-1	12,700	7,75	8,51	11,43	13,0	4,0	10,0	25,4	37,0	1,62
10 B-1	15,875	9,65	10,16	13,41	15,0	5,3	10,0	33,2	52,6	1,62
12 B-1	19,050	11,68	12,07	15,75	18,0	6,0	12,2	35,0	50,6	1,82
16 B-1	25,400	17,02	15,88	25,60	19,0	6,7	16,0	53,0	74,5	3,00
16 B-1	25,400	17,02	15,88	25,60	24,0	9,0	17,0	57,6	83,6	3,00
16 B-1	25,400	17,02	15,88	25,60	36,0	8,2	16,0	54,0	78,0	3,00
20 B-1	31,750	19,56	19,05	29,20	24,0	10,5	19,8	65,0	94,2	4,00

***Tabla. 3.2*: Elección del Paso de Cadenas Normalizadas**[3]



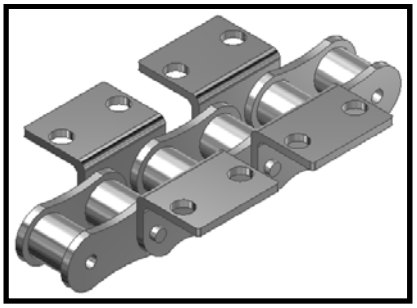


***Figura 3.2*: Gráfico de una Cadena con sus Accesorios**[4]

[3] Pagina web: http://www.cadersa.es

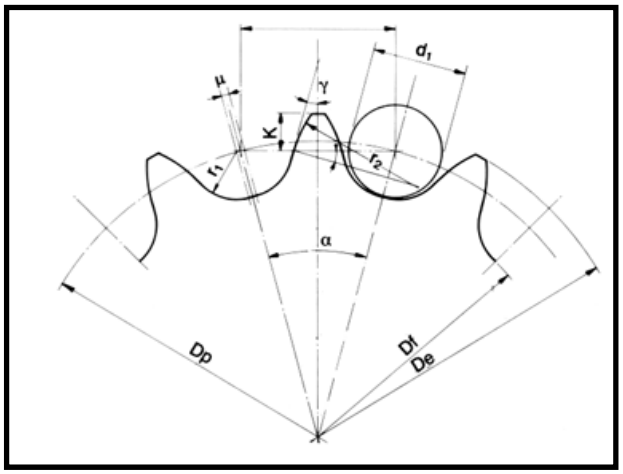
3.4. CÁLCULO DEL DIÁMETRO PRIMITIVO DE LA CATALINA

Se parte de la siguiente ecuación planteada en la bibliografía.

$$dp = \frac{p}{\frac{sen180°}{Z}}$$

$$dp = p * x$$

[Ecuación 3.1][5]



Z_1 = número de dientes.
P = paso de la cadena.
Dp = diametro primitivo.
Df = diámetro de fondo.
De = diámetro exterior.
d_1 = diámetro rodillo, casq. o eje.
r_1 = radio del pie del diente.
r_2 = radio de salida del diente.
μ = desplazamiento centros.
y = ángulo de los flancos diente.
a = ángulo de paso.
K = altura de la cabeza.
V = Velocidad.
B = espesor del diente.

***Figura. 3.3*: Cotas principales de una catalina**[6]

Tenemos que:

p= Paso de la cadena

x= constante dependiendo el número de dientes (z).

En la tabla a continuación se plantea el valor de la constante ***x*** para diferentes números de dientes, se tendrá un número de 13 dientes.

Nº de dientes Z	Primitivo para P=1m/m X	Nº de dientes Z	primitivo Para P=1m/m X
6	2	**34**	10,838
7	2,3047	**35**	11,1558
8	2,6131	**36**	11,4737
9	2,9237	**37**	11,7916
10	3,2361	**38**	12,1096
11	3,5494	**39**	12,4257
12	3,8637	**40**	12,7455
13	4,1786	**41**	13,0635
14	4,494	**42**	13,3815
15	4,8097	**43**	13,6995
16	5,1258	**44**	14,0176

Tabla. 3.3*: Elección de la Constante *x[7]

[4] Fuente: Autores

[5] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[6] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

"[Ver Anexo Cap. 3 Tabla. 3.9:]"

$$dp = p * x$$
$$dp = 12{,}7mm * 4{,}1786$$
$$dp = 53{,}07mm$$

3.4.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO EXTERIOR:

$$dext = dp + (0{,}5 * d1) \qquad \textit{[Ecuación 3.2]}^{8}$$

De la tabla 3.2 se elige el valor del rodillo o casquillo d_1 para el cálculo correspondiente obteniendo el siguiente resultado:

$$d_{ext} = dp + (0{,}5 * d1)$$
$$d_{ext} = 53{,}07mm + (0{,}5 * 8{,}51mm)$$
$$d_{ext} = 57{,}323mm$$

3.4.2. CÁLCULO DE LA CIRCUNFERENCIA DE LA RAÍZ DE LOS DIENTES O DIÁMETRO INTERIOR.

$$D_1 = d_P - d_1 \qquad \textit{[Ecuación 3.3]}^{9}$$

Dónde el valor de la constante d_1 se obtiene de la tabla 3.2.

$$D_1 = d_P - d_1$$
$$D_1 = 53{,}07mm - 8{,}51$$
$$D_1 = 44{,}56mm$$

3.4.3. CÁLCULO DEL ANCHO DE LA BASE DEL DIENTE

$$B_1 = 0{,}9 * b_1 \qquad \textit{[Ecuación 3.4]}^{10}$$

---

[7] Página Web: http://www.cadersa.es

[8] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[9] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[10] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

Dónde el valor de b_1 es obtenido de la tabla 3.2.

$$B_1 = 0,9 * 7,75$$
$$B_1 = 6,975mm$$

3.4.4. CÁLCULO DEL ANCHO DEL VÉRTICE DEL DIENTE

$$B_2 = 0,72 * B_1$$
$$B_2 = 0,72 * (6,975mm)$$
$$B_2 = 5,022mm$$

[Ecuación 3.5] [11]

3.4.5. CÁLCULO DEL NÚMERO DE REVOLUCIONES POR MINUTO

$$n = \frac{\frac{60 * v}{p * Z}}{1000}$$
$$n = \frac{\frac{60 * 0,025\,m/s}{12,7mm * 13}}{1000}$$
$$n = 9,09rpm$$

[Ecuación 3.6] [12]

3.4.6. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD MÁXIMA DE LA CADENA

$$Vmáx = \frac{dp * \pi * n}{60000}$$
$$Vmáx = \frac{53,07 * \pi * 9,09}{60000}$$
$$Vmáx = 0,025\,m/s$$

[11] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[12] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

3.4.7. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD MÍNIMA DE LA CADENA

$$V_{mín} = V_{máx} * k$$

$$V_{mín} = 0{,}025\,{}^{m}\!/_{s} * 0{,}971 \qquad \textit{[Ecuación 3.7]}^{13}$$

$$V_{mín} = 0{,}0245\,{}^{m}\!/_{s}$$

Del **"*[Anexo Cap. 3 Tabla. 3.10]*"** Se elige la constante k para una catalina de 13 dientes

Z	6	7	8	9	10	11	13	15
k	0,866	0,9	0,924	0,94	0,951	0,959	0,971	0,978

***Tabla. 3.4*: Elección de la constante k**

3.5. ELECCIÓN DEL TIPO DE TRANSPORTADOR

Grupo "A"

El material es cargado directamente sobre la cadena o sus accesorios y la cadena se deslizan sobre guías.

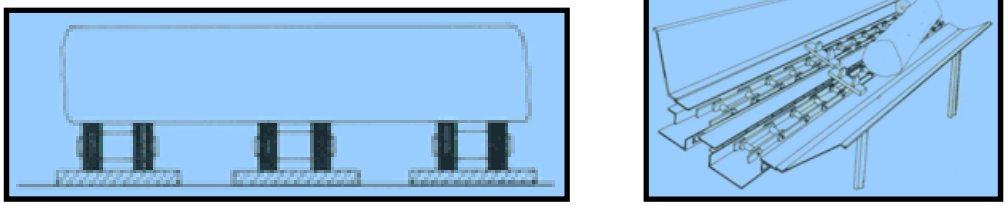


***Figura. 3.4*: Transportador del Grupo A**[14]

Grupo "B"

El material es cargado directamente sobre la cadena o sus accesorios y la cadena se desplazan por rodillos rodando sobre guías.

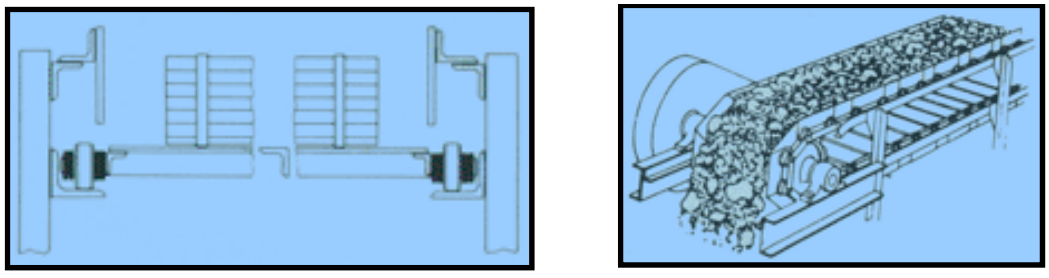


***Figura. 3.5*: Transportador del Grupo B**[15]

[13] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[14] Página Web: http://www.cadersa.es

[15] Página Web: http://www.cadersa.es

Grupo "C"

El material es arrastrado sobre guías o canal por la cadena que a su vez se desliza sobre guías.

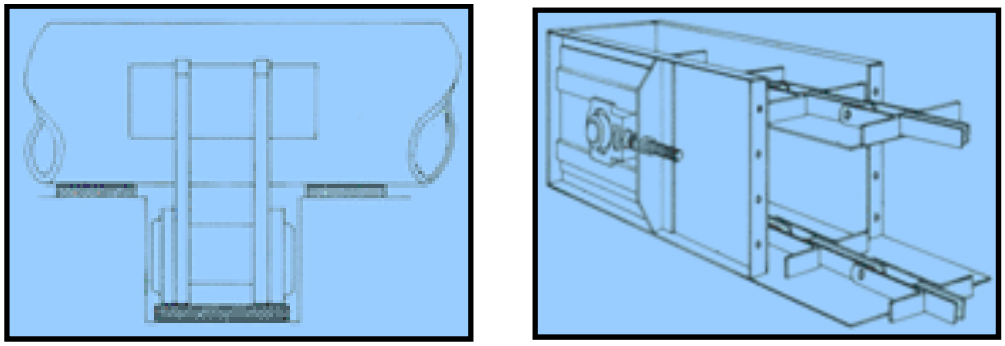


***Figura. 3.6*: Transportador del Grupo C[16]**

Grupo "D"

El material es arrastrado sobre guías o canal por la cadena que a su vez se desplaza sobre rodillos rodando por las vías.

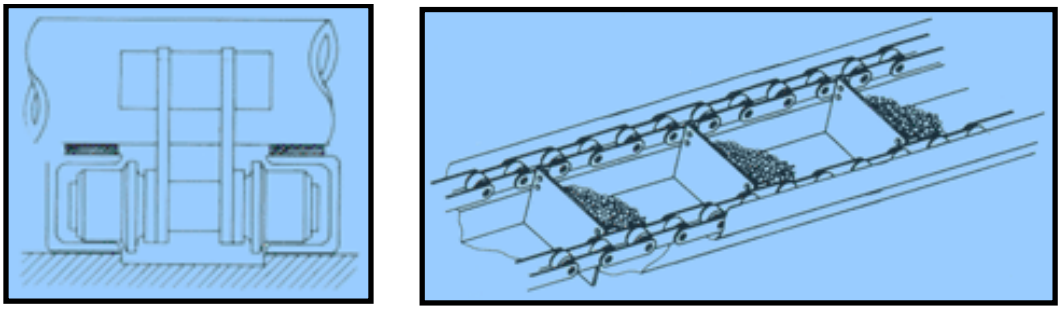


***Figura. 3.7*: Transportador del Grupo D[17]**

Grupo "E"

Elevadores verticales de cangillones.

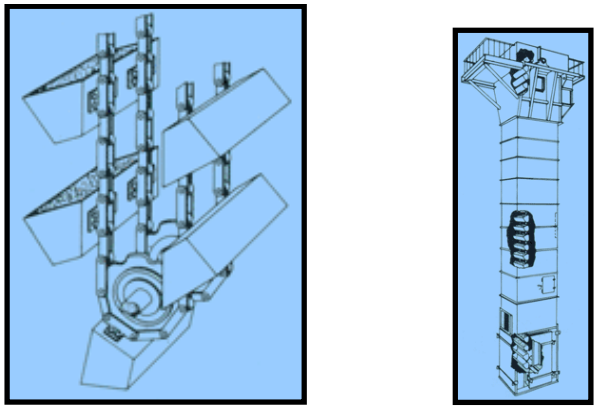


***Figura. 3.8*: Transportador del Grupo D[18]**

[16] Página Web: http://www.cadersa.es

[17] Página Web: http://www.cadersa.es

El transportador elegido está dentro de los del grupo A. El material es cargado directamente sobre la cadena o sus accesorios y la cadena se deslizan sobre guías.

3.6. CÁLCULO DE LA FUERZA DE TRACCIÓN DE LA CADENA

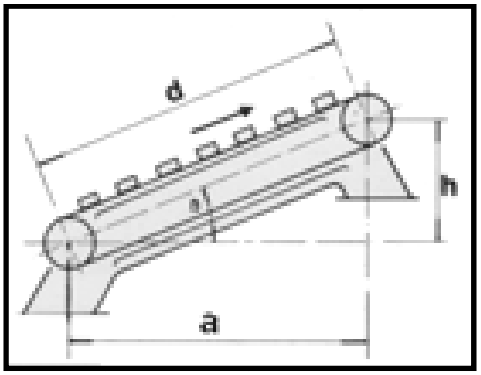


***Figura. 3.9*: Esquema de transportador inclinado[19]**

Para ***h/a*** mayores a 0,40

$$F = \mu_c * L * (2w + q) + (q * H) \qquad \textit{[Ecuación 3.8]}^{20}$$

De dónde:

$\mu_c = \mu_d$ para transportadores del Grupo "A".

$\mu_d =$ coeficiente de rozamiento de la cadena.

$w =$ peso de la cadena más los accesorios móviles por metro lineal en kg.

$q =$ peso del material transportador por metro lineal de transportador en kg.

$H =$ altura entre ejes en m.

$L =$ proyección horizontal de la distancia entre ejes en m.

Material de la Guía	μ_d
Acero dulce sin lubricar	0,4
Acero duro sin lubricar	0,3
Acero lubricado	0,2
Madera	0,4
Poliamido o Polietileno A.D.	0,15

***Tabla. 3.5*: Coeficiente de rozamiento de la cadena deslizando sobre las guías[21] "*[Ver Anexo Cap. 3 Tabla. 3.11]*"**

[18] Página Web: http://www.cadersa.es

[19] Página Web: http://www.cadersa.es

[20] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

Por lo que la fuerza de tracción en la cadena es igual a:

$$F = \mu_c * L * (2w + q) + (q * H)$$
$$F = 0{,}4 * 5m * \left[\left(2 * 100\,{}^{N}\!/_{m}\right) + 0{,}17N\right] + (0{,}17N * 0{,}90m)$$
$$F = 4kN$$

3.7. CÁLCULO DE LA TRACCIÓN DE TRABAJO DE LA CADENA

$$F_{tc} = F * f_1 * f_2 \qquad \textit{[Ecuación 3.9]}^{22}$$

Tipo de Funcionamiento	Tipo de Engrase	Horas de trabajo diarias / Nº arranques por hora					
		8 h/día		16 h/día		24 h/día	
		hasta 2	de 2 a 10	hasta 2	de 2 a 10	hasta 2	de 2 a 10
Funcionamiento Informal (sobrecargas inferiores al 5%)	Normal	1	1,2	1,2	1,4	1,6	1,8
	Irregular	1,3	1,5	1,5	1,8	2	2,3
	Sin engrase	1,7	2	2	2,4	2,7	3
Funcionamiento irregular (sobrecargas entre el 5% y el 20%)	Normal	1,2	1,4	1,4	1,6	1,8	2
	Irregular	1,5	1,8	1,8	2	2,3	2,6
	Sin engrase	2	2,4	2,4	2,7	3	3,4
Funcionamiento a golpes (sobrecargas entre el 20% y el 40%)	Normal	1,4	1,6	1,6	1,8	2	2,2
	Irregular	1,8	2	2	2,3	2,6	3
	Sin engrase	2,4	2,7	2,7	3	3,4	3,8

Tabla. 3.6*: Coeficiente f_1[23] *"[Ver Anexo Cap. 3 Tabla. 3.12]"

Nº dientes Rueda	Velocidad cadena m/seg					
	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2
6	1,4	2	2,9	4,4	-	-
7	1,1	1,4	1,8	2,3	4	-
8	1	1,3	1,5	1,8	2,5	3,6
9	1	1,2	1,4	1,6	2	2,6
10	0,9	1,1	1,2	1,4	1,7	2
11	0,9	1	1,2	1,3	1,5	1,8
13	0,8	1	1,1	1,2	1,4	1,5

Tabla. 3.7*: Coeficiente f_2[24] *"[Ver Anexo Cap. 3 Tabla. 3.13]"

[21] Página Web: http://www.cadersa.es
[22] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre
[23] Página web: http://www.cadersa.es
[24] Página web: http://www.cadersa.es

$$F_{tc} = F * f_1 * f_2$$
$$F_{tc} = 4kN * 2 * 0{,}8$$
$$F_{tc} = 6{,}40kN$$

3.8. CARGA DE TRACCIÓN POR CADENA

$$F_{tc(porcadena)} = F_{tc} * f_3 \qquad \textit{[Ecuación 3.10]}^{25}$$

3.8.1. Cálculo del Coeficiente *f3*

$$f_3 = \frac{1{,}2}{n°cadenas}$$
$$f_3 = \frac{1{,}2}{2} \qquad \textit{[Ecuación 3.11]}^{26}$$
$$f_3 = 0{,}6$$

Una vez calculado el coeficiente ***f3*** se obtiene la carga de tracción por cadena:

$$F_{tc(porcadena)} = F_{tc} * f_3$$
$$F_{tc(porcadena)} = 6{,}4078kN * 0{,}6$$
$$F_{tc(porcadena)} = 3{,}84kN$$

3.9. CÁLCULO DE LA CARGA DE ROTURA MÍNIMA

$$F_R = F_{tc(porcadena} * S \qquad \textit{[Ecuación 3.12]}^{27}$$

Ambiente idóneo limpio y lubricado	6
Ambiente semilimpio lubricado	8
Ambiente sucio y temperatura > 100ºC	10
Ambiente abrasivo sucio > 100ºC y extremas	11
Condiciones	12

Tabla. 3.8*: Factor de seguridad *S

[25] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[26] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[27] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

Para el cálculo se utilizo un factor de seguridad de 10

$$F_R = F_{tc(porcadena)} * S$$
$$F_R = 3{,}84kN * 10$$
$$F_R = 3{,}84kN$$

3.10. CÁLCULO DE LA POTENCIA A INSTALAR

$$P = F * \frac{v}{100}$$
$$P = 4kN * \frac{0{,}025\,m/s}{100}$$ ***[Ecuación 3.13]***[28]
$$P = 1{,}0012kw$$
$$P = 1{,}34HP$$

3.11. CÁLCULO DE TRACCIÓN DEL TRANSPORTADOR

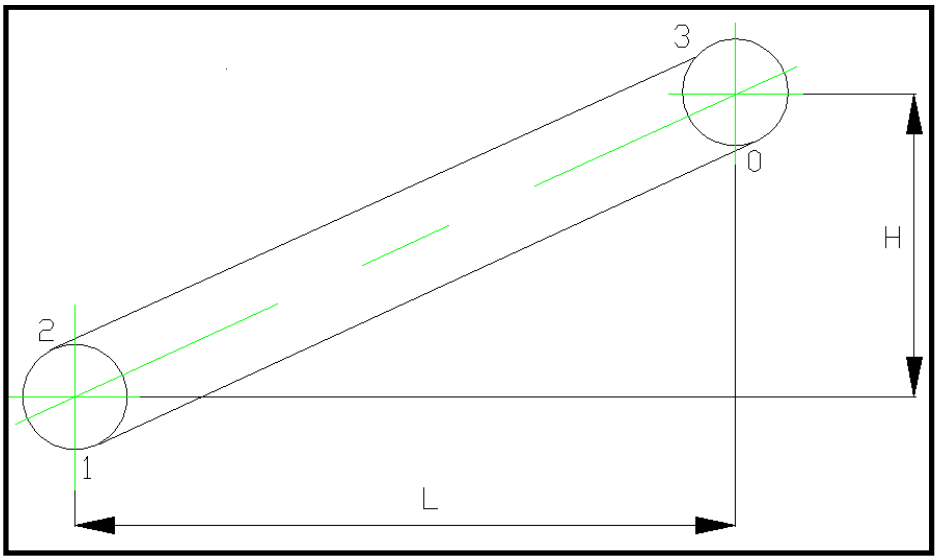


***Figura. 3.10*: Puntos de tracción en el transportador**[29]

3.11.1. CARGA LINEAL A CAUSA DEL PROPIO PESO DEL ENTABLILLADO CON LA CADENA [q_0].

En el caso de este transportador el peso del entablillado con la cadena depende del peso de la platina a utilizar y el peso de la cadena el cual hemos decidido y se ha realizado el pesaje de los materiales y tenemos un valor de 100kg/m.

[28] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[29] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

3.11.2. CARGA LINEAL [q].

$$q = \frac{Q}{3{,}6 * v}$$

$$q = \frac{0{,}03748\ {}^{t}/_{h}}{3{,}6 * \left(0{,}025\ {}^{m}/_{s}\right)} \qquad \textit{[Ecuación 3.14]}^{30}$$

$$q = 0{,}416\ {}^{N}/_{m}$$

De dónde:

Q= productividad en t/h.

v= velocidad en m/s.

3.11.3. DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS DE RESISTENCIA EN LAS PARTES INDEPENDIENTES.

PARTE 0-1

$$W_{0-1} = q_0\left((L * w) - H\right)$$

$$W_{0-1} = \left(100\ {}^{N}/_{m}\right)\left[(5 * 0{,}1) - 0{,}9m\right] \qquad \textit{[Ecuación 3.15]}^{31}$$

$$W_{0-1} = -40N$$

PARTE 2-3

$$W_{2-3} = \left(q + q_0\right)\left((L * w) - H\right)$$

$$W_{2-3} = \left(0{,}416\ {}^{kg}/_{m} + 100\ {}^{kg}/_{m}\right)\left[(5 * 0{,}1) - 0{,}9m\right] \qquad \textit{[Ecuación 3.16]}^{32}$$

$$W_{2-3} = 140{,}583N$$

De dónde:

W= coeficiente de resistencia al movimiento de la parte móvil.

q_0= Carga lineal a causa del propio peso del entablillado con la cadena.

q= Carga lineal motivada por la carga.

[30] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[31] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[32] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

Cuando el signo es negativo de las fuerzas resultantes, quiere decir que la fuerza cambia de dirección.

3.11.4. Punto de tensión mínima

$$S_1 = S_{min}$$
$$S_{min} = 100\ a\ 200N$$
$$S_{min} = 100\ N.$$

3.11.5. Tensión en el punto 2

$$S_2 = S_1 + W_{2-3} = S_1 * \varepsilon \qquad \textit{[Ecuación 3.17]}^{33}$$

De dónde:

ε= es el coeficiente de resistencia en las catalinas con cojinetes de deslizamiento es igual a= 1,05 a 1,07 dónde se elige un valor medio de 1,06

$$S_2 = S_1 * \varepsilon$$
$$S_2 = 100N * 1{,}06$$
$$S_2 = 106N$$

3.11.6. Tensión en el punto 3

$$S_3 = S_2 + W_{2-3}$$
$$S_3 = 106N + 140{,}583N \qquad \textit{[Ecuación 3.18]}^{34}$$
$$S_3 = 246{,}58N$$

3.11.7. Tensión en el punto 0

$$S_0 = S_1 - W_{0-1}$$
$$S_0 = 100N - (-40N) \qquad \textit{[Ecuación 3.19]}^{35}$$
$$S_0 = 140N$$

3.11.8. Cálculo de la fuerza circunferencial en la catalina

$$P = S_{ent} - S_{sal} = S_3 - S_0$$
$$P = 246{,}58N - 140N \qquad \textit{[Ecuación 3.20]}^{36}$$
$$P = 106{,}58N$$

[33] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[34] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[35] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[36] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

3.12. CÁLCULO DE RESISTENCIA Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

3.12.1 SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

$$N = K_1 \frac{P * v}{102 * \eta * \eta_1} \qquad \textit{[Ecuación 3.21]}^{37}$$

De dónde se sabe que:

$N =$ Potencia del motor.

$K_1 =$ 1,1 a 1,25 Coeficiente de reserva de potencia, se escoge un valor

$K_1 =$ 1,15.

$\eta =$ 0.8 a 0,9 Eficiencia de la transmisión; escogiendo de 0,85.

$\eta_1 =$ eficiencia del árbol de transmisión.

$\eta_1 = \frac{1}{\varepsilon} =$ en la página anterior ε= 1,06 teniendo un valor de 0,965

Entonces se tiene:

$$N = K_1 \frac{P * v}{102 * \eta * \eta_1}$$

$$N = 1{,}15 \frac{106{,}58 * 0{,}025}{102 * 0{,}85 * 0{,}965}$$

$$N = 0{,}36 kw$$

Pero comercialmente existe motorreductor de una potencia ½ hp, según la siguiente tabla se elige el tipo de motor.

MV - MVV

P1 Kw.	ov.	N1 [min.-1]	N2 [min.-1]	η	M2 Nm.	fs.	Ir.	Tipo-Typo-Typ	Iec
0,55	0,75	1420	284	0,93	17,2	3,8	5	MV - 50	80A4
			189	0,91	25,2	2,9	7,5	MV - 50	
			189	0,92	25,5	5,2	7,5	MV - 63	
			112	0,90	33,3	3,0	10	MV - 63	
			137	0,88	33,6	2,2	10.33	MV 50	
			94,7	0,86	47,7	3,0	15	MV - 63	
			91,6	0,84	48,2	1,6	15,5	MV - 50	
			74,7	0,82	57,6	1,3	19	MV - 50	
			72,8	0,84	60,6	2,3	19,5	MV - 63	
			56,8	0,78	72,1	1,0	25	MV - 50	
			56,8	0,82	75,8	1,8	25	MV - 63	
			49,0	0,79	84,7	2,8	29	MV - 75	
			47,3	0,74	82,1	1,0	30	MV - 50	
			47,3	0,77	85,4	1,9	30	MV - 63	
			34,6	0,78	118,3	5,2	41	MV - 90	
			35,5	0,73	108,0	1,4	40	MV - 63	
			35,5	0,75	111,0	2,0	40	MV - 75	
			29,0	0,72	130,5	1,7	49	MV - 75	
			28,4	0,69	127,6	1,1	50	MV - 63	
			27,3	0,72	138,5	2,5	52	MV - 90	
			23,7	0,66	146,5	0,9	60	MV - 63	
			23,3	0,68	153,4	1,3	61	MV - 75	
			21,8	0,68	163,5	2,0	65	MV - 90	
			17,8	0,60	177,5	0,7	80	MV - 63	
			17,8	0,62	183,5	1,1	80	MV - 75	
			16,9	0,63	195,7	1,5	84	MV - 90	
			14,5	0,68	210,2	0,8	98	MV 75	
			14,5	0,60	217,5	1,3	98	MV - 90	
		900	11,3	0,58	270,8	0,8	80	MV - 75	80B6
			10,7	0,60	294,1	1,1	84	MV - 90	
			9,2	0,57	326,0	0,9	98	MV - 90	
		1420	9,2	0,67	384,1	1,6	155	MVV - 50 / 90	80A4
			7,2	0,64	434,4	1,3	198,2	MVV - 50 / 90	
			5,5	0,62	592,3	1,0	253,3	MVV - 50 / 90	
			4,7	0,59	654,7	1,2	300	MVV - 50 / 110	
			3,6	0,58	858,1	1,3	400	MVV - 63 / 110	
			2,8	0,55	1017,1	1,1	500	MVV - 63 / 110	
			2,4	0,51	1131,8	0,9	600	MVV - 63 / 110	
			1,7	0,51	1540,8	0,7	820	MVV - 63 / 110	

***Tabla. 3.9*: Catalogo de Motorreductor**[38]

[37] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

A continuación se recálcula en número de revoluciones:

$$n = n' * \frac{6}{5}$$
$$n = 22rpm * \frac{6}{5}$$
$$n = 26{,}4rpm$$

[Ecuación 3.22] [39]

3.12.2. CÁLCULO DEL EJE PARA LA CATALINA CONDUCIDA

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_e}{0{,}1[\sigma]_n}}$$

[Ecuación 23] [40]

σ_n= Esfuerzo admisible durante la flexión es de= 580N/cm^2

M_e=M_n el árbol trabaja como un eje y la carga solo es provocada por el momento flector.

a) FUERZA DE FLEXIÓN MÍNIMA POSIBLE ABSORBIDA POR UNA CATALINA.

$$S' = \frac{S_1 + S_2}{2}$$
$$S' = \frac{100N + 106N}{2}$$
$$S' = 103N$$

[Ecuación 3.24] [41]

[38] Página Web: www.ghirri.it

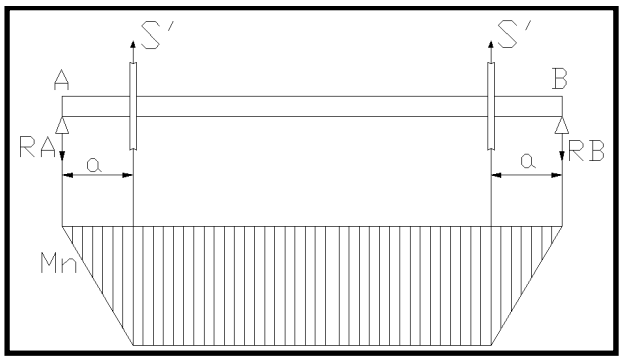
[39] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[40] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[41] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

CÁLCULO DEL MOMENTO FLECTOR MÁXIMO

$$M_n = R_A * a \qquad \textit{[Ecuación 3.25]}^{42}$$



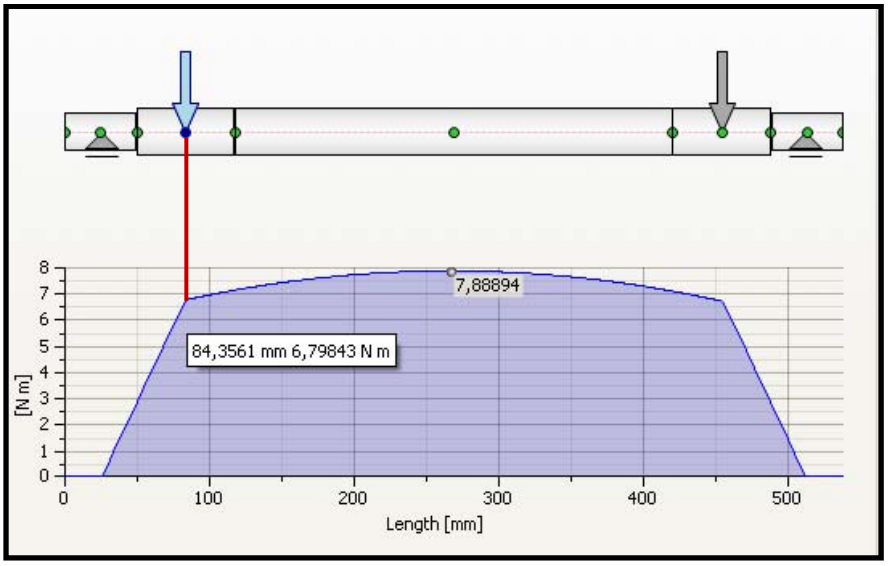


***Figura. 3.11*: Esquema de Reacciones y Momentos en el eje**[43]

Tenemos que:

R_A= Reacción en el cojinete A debido a la fuerza S´

Por el diagrama de los momentos flectores:

$$R_A = R_B = S'$$

Por lo tanto se tiene el momento flector:

$$M_n = R_A * a$$
$$M_n = 103N(6.5cm)$$
$$M_n = 669.5N.cm$$

[42] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[43] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

La magnitud "a" se toma tratando que durante el trabajo del transportador la cadena no tenga contacto con el dispositivo de tensión. a= 65 mm = 6,5 cm.

A continuación con todos los datos obtenidos se realiza el cálculo del eje para la catalina conducida:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_e}{0{,}1[\sigma]_n}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{412N.cm}{0{,}1*\left(580\,N/cm^2\right)}} \qquad \textit{[Ecuación 3.26]}^{44}$$

$$d = 23{,}7mm$$

Por construcción y por mecanizado del material, se elige un eje de la catalina de diámetro 1" (25,4 mm) en los extremos y de 1 ¼" (31,75 mm) en el centro del eje.

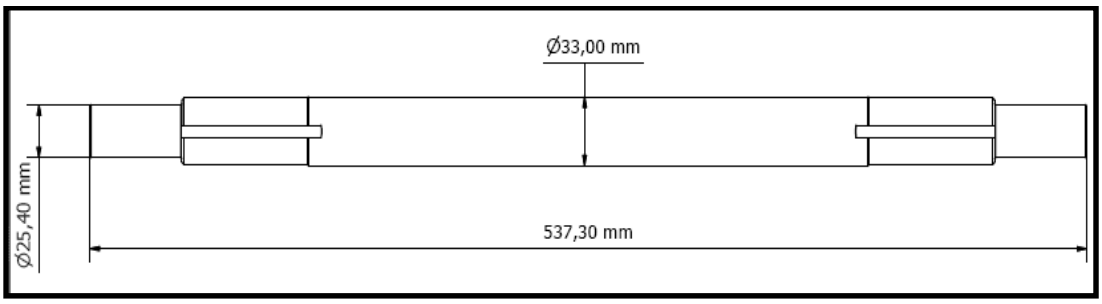


***Figura. 3.12*: Esquema del eje de tensión en la catalina**[45]

[44] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[45] Fuente: Autores

3.13. CÁLCULO DEL ANCHO DE LA BANDA

$$B = 1{,}1 * \sqrt{\frac{Q}{k'_{\alpha} * v * \gamma_a}} + 0{,}5 \qquad \textit{[Ecuación 3.27]}^{46}$$

De dónde tenemos que:

Q= Productividad en t/h.

k'_{α}= Coeficiente según el ángulo de talud.

v= velocidad de la banda.

γ_a= Peso específico aparente del material.

A continuación se realiza el cálculo partiendo desde la productividad:

# piezas hora=	200
Peso específico [t/m3]	7,275292
Peso promedio [Kg]	0,17
Q [t/h]=	0,03748
Velocidad [m/s]	0,025

***Tabla. 3.10*: Datos técnicos**[47]

Teniendo el cálculo promedio del número de piezas que fabrican en una hora, y con el dato del peso promedio de cada uno, se procede al cálculo para tener la productividad Q que ellos realizan en una hora por lo que:

Esta productividad es necesaria transformar a t/h, por lo que dividimos par

$$Q = \text{numero de piezas} / \textit{hora} * \text{peso del material}$$
$$Q = 200 * 0{,}17 \qquad \textit{[Ecuación 3.28]}^{48}$$
$$Q = 34 \textit{kg} / \textit{hora}$$

a la constante a toneladas:

[46] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[47] Fuente: Propietarios Metal Print

[48] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

$$Q = \frac{34kg/hora}{907{,}18}$$
$$Q = 0{,}03748t/h$$

A continuación de la (tabla. 3.10) se tiene el dato del coeficiente k'_{α}, depende del tipo de transportador, el ángulo en reposo de la banda transportadora y es el siguiente valor:

Tipo de transportador	**Valores de k´α en t.s/h.kg con el ángulo de talud natural de la carga a transportar en reposo**			
	30°	**35°**	**40°**	**45°**
Con banda plana	**105**	**125**	**145**	**160**
Con banda acanalada (con un ángulo de inclinación de los rodillos laterales de 20° con respecto a la horizontal)	265	285	305	320

***Tabla. 3.11*: Coeficiente k'_{α}** [49]

A continuación se realiza el cálculo del ancho de la banda:

$$B = 1{,}1 * \sqrt{\frac{Q}{k'_{\alpha} * v * \gamma_a}} + 0{,}5$$
$$B = 1{,}1 * \sqrt{\frac{0{,}03748}{320 * 0{,}025 * 7{,}275}} + 0{,}5$$
$$B = 527{,}91mm$$
$$B = 52{,}79cm$$

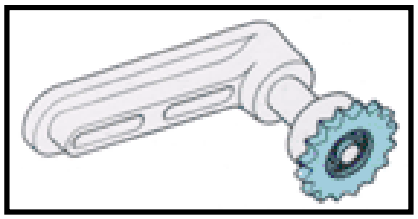
[49] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

3.14. SELECCIÓN DEL MECANISMO DE TENSIÓN

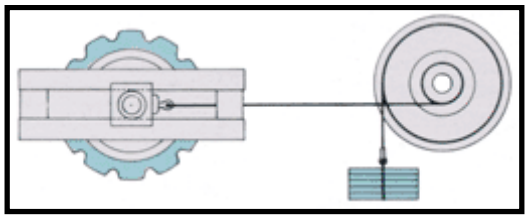
Para compensar el desgaste y alargamiento de las articulaciones, debe proveerse de un sistema de tensado que permita aumentar la distancia entre centro de los ejes y así evitar que la cadena trabaje excesivamente floja lo que provocaría dificultades de engrane con la rueda motriz.

También para facilitar el montaje de la cadena, es interesante preveer el sistema de tensado que permita una distancia entre ejes inferior a la nominal.

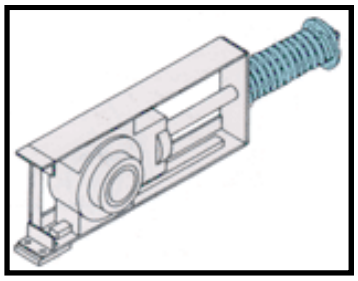
El aumento a proveer en la distancia entre ejes depende del alargamiento máximo que se permite en cada articulación.



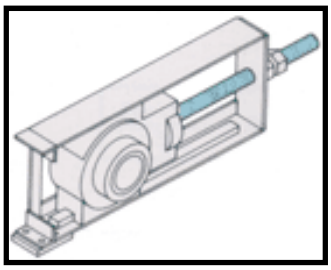
Tensor acoplado a la cadena



Tensor de contrapeso



Tensor con muelles



Tensor con rosca

***Figura. 3.13*: Ejemplos de mecanismos de tensión**[50]

Se selecciona un mecanismo de tensión de tornillo con disposición central del tornillo (tensor con rosca).

Como anteriormente se calculó el eje para la catalina. Con este diámetro encontrado, se obtiene todos los parámetros del mecanismo de tensión con colocación central del tornillo.

Diámetro del cojinete: d= 1” (25,4mm)

Desplazamiento de la corredera del tensor:

$$A = t + (70 \div 100)$$
$$A = 12{,}7 + 70$$
$$A = 82{,}7mm$$

[Ecuación 3.29][51]

[50] Página Web: http://www.cadersa.es

La fuerza en el tensor G_t obtenemos de la siguiente ecuación:

$$G_t = S_1 + S_2 + (G * f) \qquad \textit{[Ecuación 3.30f}^{52}$$

De dónde:

G= peso de las partes móviles del conjunto tensor.

F= coeficiente de fricción.

Teniendo en cuenta tenemos que:

G=200N y el coeficiente de fricción f=0,15

$$G_t = S_1 + S_2 + (G * f)$$
$$G_t = 100N + 106N + (200N * 0{,}15)$$
$$G_t = 236N$$

Longitud de la guía inferior= 200 mm. (Según el desplazamiento de la corredera del tensor).

Distancia entre las guías= 100 mm.

Longitud de la parte de apoyo del árbol= 110 mm.

Diámetro del tornillo= 16 mm, cantidad = 2

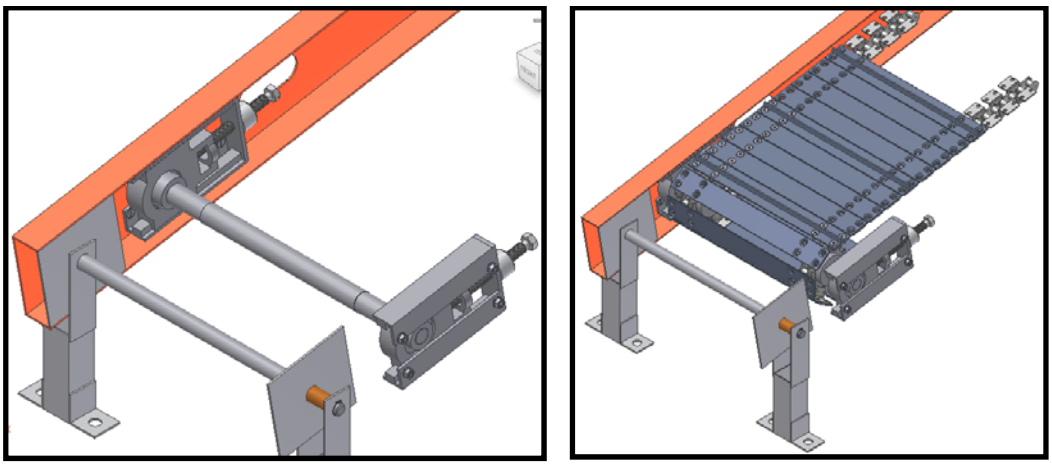


***Figura. 3.14*: Esquema del dispositivo de tensión.**[53]

[51] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre.

[52] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre.

[53] Fuente: Autores.

ELEMENTOS QUE COMPONEN EL ELEMENTO TENSOR

Elemento	Cantidad	Material
Patín de chumacera	4	Plancha negra 12mm
Perno Avellanado M8 X 16	8	Acero grado 3
Tuerca Hexagonal M8	8	Acero grado 3
Chumacera soporte tensor	2	Fundición
Eje conducido y conductor	2	ASSAB 705
Tuerca de presión	2	ASSAB 705
Tornillo de potencia	2	ASSAB 705
Chaveta 8	2	Ct-3
Arandela plana M8	8	Acero Grado 3
Arandela de presión M8	8	Acero Grado 3
Catalina	4	ASSAB 705

3.15. CÁLCULO DE LA UNIÓN POR TORNILLO DEL MECANISMO DE TENSIÓN.

a) Cálculo de la unión por tornillo al aplastamiento

La condición de resistencia de la rosca por los esfuerzos al aplastamiento es:

$$\sigma_{ap} \leq [\sigma]_{ap}$$

$$\sigma_{ap} = \frac{P}{\pi * d_2 * h * z} \qquad \textit{[Ecuación 3.31]}^{54}$$

En dónde:

P= Fuerza en el tornillo.

D_2= Diámetro medio de la rosca

H= Profundidad de la rosca.

Z= Número de espiras de la rosca en la tuerca con una altura H.

$[\sigma]_{ap}$ = Esfuerzo admisible de aplastamiento.

Para calcular la fuerza del tornillo se parte de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{G_t}{2} * 1{,}8 \qquad \textit{[Ecuación 3.32]}^{55}$$

[54] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[55] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

Gt es la fuerza en el tensor calculado anteriormente y tiene un valor de: 236 N.

$$P = \frac{G_t}{2} * 1{,}8$$
$$P = \frac{236N}{2} * 1{,}8$$
$$P = 212{,}4N$$

Teniendo en cuenta que el tornillo es Trapezoidal Tr 16 mm X 4 se tiene las siguientes medidas ***[Ver Anexo Cap. 3 Tabla. 3.14]***.

Diámetro nominal del tornillo es de 16 mm.

Diámetro mínimo del tornillo es de 11,5 mm

Se calcula el diámetro medio con la siguiente ecuación:

$$d_{med} = \frac{d_{nom} + d_{\min}}{2}$$
$$d_{med} = \frac{16 + 11{,}5}{2} \qquad \textbf{[Ecuación 3.33]}^{56}$$
$$d_{med} = 13{,}75mm$$

Diámetro medio de la rosca= 13,75 mm.

Profundidad de la rosca (h) = 2,75 mm.

Se procede a calcular el número de espiras de la rosca en la tuerca:

$$z = \frac{H}{S} \qquad \textbf{[Ecuación 3.34]}^{57}$$

De dónde:

$H = 0{,}8 * d$

d= diámetro del tornillo.

S=paso de la rosca.

$$H = 0{,}8 * d$$
$$H = 0{,}8 * 16$$
$$H = 12{,}8mm$$

Con este valor de H se obtiene el número de espiras en la tuerca:

$$z = \frac{H}{S}$$
$$z = \frac{12{,}8mm}{4}$$
$$z = 3{,}2$$

[56] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[57] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

Con estos datos se calcula el esfuerzo al aplastamiento.

$$\sigma_{ap} = \frac{P}{\pi * d_2 * h * z}$$

$$\sigma_{ap} = \frac{212{,}4N}{\pi * 1{,}375 * 0{,}275 * 0{,}32}$$

$$\sigma_{ap} = 558{,}75 \, N/cm^2$$

Realizando la comprobación que nos plantea el autor para comprobación:

$$\sigma_{ap} \leq [\sigma]_{ad}$$

Para calcular el esfuerzo admisible de aplastamiento se parte del tipo de material, para el Acero de Transmisión tenemos $[\sigma]_{f.ad}$ = (0,3 - 0,4) y el σ_f =2200 N/cm^2 por lo que se tiene la siguiente ecuación:

$$[\sigma]_{ad} = [\sigma]_{f.ad} * \sigma_f$$

$$[\sigma]_{ad} = 0{,}3 * 2200 \, N/cm^2$$

$$[\sigma]_{ad} = 660 \, N/cm^2$$

Se cumple la igualdad, que el esfuerzo de aplastamiento es menor al esfuerzo admisible:

$$\sigma_{ap} \leq [\sigma]_{ad}$$

$$558{,}75 \, N/cm^2 \leq 660 \, N/cm^2$$

b) Cálculo de la unión por tornillo al corte

La condición de resistencia de la rosca por los esfuerzos de corte:

$$\tau = \frac{P}{\pi * d_1 * H * K} \qquad \textit{[Ecuación 3.35]}^{58}$$

Sabiendo que:

P= Fuerza en el tornillo.

$\boldsymbol{d_1}$= diámetro interior de la rosca.

H= altura de la tuerca

K= Coeficiente que tiene en cuenta el tipo de rosca para la trapezoidal=0,65.

$[\tau]$= Esfuerzo admisible de corte; para el acero de Transmisión = 440 a 660 N/cm^2

$$\tau = \frac{212{,}4N}{\pi * 1{,}15cm * 1{,}28cm * 0{,}65}$$
$$\tau = 70{,}66N/cm^2$$
$$\tau \leq [\tau]$$

c) Cálculo del cuerpo del tornillo a la resistencia

La ecuación de la resistencia:

$$\sigma = \frac{P_{cal}}{\frac{\pi * (d_1)^2}{4}} \leq [\sigma]_c \qquad \textit{[Ecuación 3.36)}^{59}$$

Pcal= 1,3*P

1,3= Coeficiente que tiene en cuenta la torsión.

d1= Diámetro interior de la rosca

$$\sigma = \frac{1{,}3 * 212{,}4N}{\frac{\pi * (1{,}15cm)^2}{4}} \leq [\sigma]_c$$
$$\sigma = 265{,}83N/cm^2$$

Para los tornillos de carga con un diámetro de hasta 30 mm, para el acero de Transmisión $[\sigma]_c$ = 400 a 600 N/cm^2, así que:

$$\sigma = 265{,}83N/cm^2 \leq [\sigma]_c$$

[58] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[59] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

d) Cálculo del cuerpo del tornillo a la estabilidad

El radio de inercia para la sección circular:

$$i = \frac{d_1}{4}$$
$$i = \frac{1{,}15cm}{4}$$
$$i = 0{,}287cm$$

[Ecuación 3.37] [60]

Cálculo de la esbeltez del tornillo.

$$\lambda = \frac{L}{i}$$
$$\lambda = \frac{20cm}{0{,}287cm}$$
$$\lambda = 69{,}68$$

[Ecuación 3.38] [61]

Dónde L= longitud de cálculo del tornillo desde el centro de la tuerca hasta la posición extrema izquierda de la corredera. L= 20cm.

El esfuerzo crítico para λ<100

$$\sigma_{cr} = 3210 - 11{,}6 * \frac{L}{i}$$
$$\sigma_{cr} = 3210 - (11{,}6 * 69{,}68)$$
$$\sigma_{cr} = 2401{,}71\, N/cm^2$$

[Ecuación 3.39] [62]

La fuerza crítica será:

$$P_{cr} = \frac{\pi * d_1^2}{4} * \sigma_{cr}$$
$$P_{cr} = \frac{\pi * (1{,}15cm)^2}{4} * 2401{,}71\, N/cm^2$$
$$P_{cr} = 2494{,}62N$$

[Ecuación 3.40] [63]

Reserva de estabilidad:

$$n = \frac{P_{cr}}{P}$$
$$n = \frac{2494{,}62N}{212{,}4N}$$
$$n = 11{,}75$$
$$n > [n] = 4$$

[Ecuación 3.41] [64]

[60] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[61] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[62] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[63] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[64] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

3.16. CONJUNTO DE TRANSMISIÓN

La relación de transmisión general será:

$$i_t = \frac{n_m}{n}$$

$$i_t = \frac{22rpm}{9{,}09rpm}$$

$$i_t = 2{,}42$$

[Ecuación 3.42][65]

De la siguiente tabla se elige el tipo de reductor necesario para cumplir la relación de transmisión general.

MV - MVV

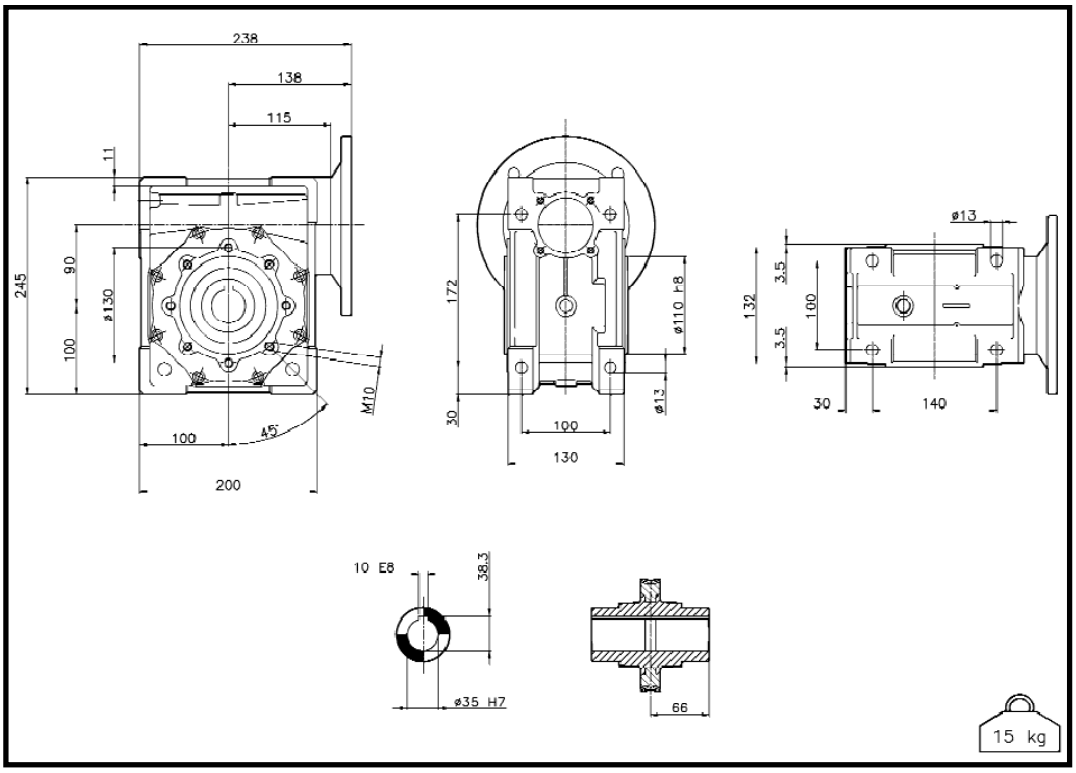
P1 Kw.	CV.	N1 [min.-1]	N2 [min.-1]	η	M2 Nm.	fs.	Ir.	Tipo-Type-Typ	Iec
0,55	0,75	1420	284	0,93	17,2	3,8	5	MV - 50	80A4
			189	0,91	25,2	2,9	7,5	MV - 50	
			189	0,92	25,5	5,2	7,5	MV - 63	
			142	0,90	33,3	3,0	10	MV - 63	
			137	0,88	33,6	2,2	10,33	MV - 50	
			94,7	0,86	47,7	3,0	15	MV - 63	
			91,6	0,84	48,2	1,6	15,5	MV - 50	
			74,7	0,82	57,6	1,3	19	MV - 50	
			72,8	0,84	60,6	2,3	19,5	MV - 63	
			56,8	0,78	72,1	1,0	25	MV - 50	
			56,8	0,82	75,8	1,8	25	MV - 63	
			40,0	0,79	84,7	2,8	29	MV - 75	
			47,3	0,74	82,1	1,0	30	MV - 50	
			47,3	0,77	85,4	1,9	30	MV - 63	
			34,6	0,78	116,3	3,2	41	MV - 90	
			35,5	0,73	108,0	1,4	40	MV - 63	
			35,5	0,75	111,0	2,0	40	MV - 75	
			29,0	0,72	130,5	1,7	49	MV - 75	
			28,4	0,69	127,6	1,1	50	MV - 63	
			27,3	0,72	138,5	2,5	52	MV - 90	
			23,7	0,66	146,5	0,9	60	MV - 63	
			23,3	0,68	153,4	1,3	61	MV - 75	
			21,8	0,68	163,5	2,0	65	MV - 90	
			17,8	0,60	177,5	0,7	80	MV - 63	
			17,8	0,62	183,5	1,1	80	MV - 75	
			16,9	0,63	195,7	1,5	84	MV - 90	
			14,5	0,58	210,2	0,8	98	MV - 75	
			14,5	0,60	217,5	1,3	98	MV - 90	
		900	11,3	0,58	270,8	0,8	80	MV - 75	80B6
			10,7	0,60	294,1	1,1	84	MV - 90	
			9,2	0,67	384,1	1,6	155	MVV - 50 / 90	
		1420	7,2	0,64	464,4	1,3	196,2	MVV - 50 / 90	80A4
			5,5	0,62	592,3	1,0	258,3	MVV - 50 / 90	
			4,7	0,59	654,7	1,2	300	MVV - 50 / 110	
			3,6	0,58	858,1	1,3	400	MVV - 63 / 110	
			2,8	0,55	1017,1	1,1	500	MVV - 63 / 110	
			2,4	0,51	1131,8	0,9	600	MVV - 63 / 110	
			1,7	0,51	1516,8	0,7	820	MVV - 63 / 110	

Tabla. 3.12: Selección de reductores[66]

[65] Fuente: Diseño de maquinaria Industrial Shubin, Pedre

[66] Página Web: www.ghirri.it

3.17. Dimensiones recomendadas por el catálogo para reductores[67]



Teniendo como datos del reductor:

Velocidad de entrada de 900 rpm

Velocidad de salida = 9,2 rpm.

Para una potencia de= 0,55 Kw.

3.18. ANÁLISIS DEL DISEÑO:

- Con el presente diseño se mejorara el almacenamiento de las piezas semiterminadas, el tiempo de producción y las condiciones de trabajo.
- La banda transportadora evitara que las piezas tengan un contacto entre sí y con otras sustancias que pueden perjudicar el acabado superficial.
- Para aumentar la velocidad de la banda se recomienda instalar un variador de frecuencia.

[67] Página Web: www.ghirri.it

AUTOMATIZACIÓN EN LA LÍNEA 5 DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

3.17. INTRODUCCIÓN:

La mayor parte de empresas que trabajan con recubrimientos metálicos, utilizan en la actualidad procesos como el cromado, zincado, galvanizado o pinturas especiales, entre otros, con el fin de dar un mejor acabado a una gran variedad de productos, actualmente funcionan en su mayoría de forma artesanal y poco productiva debido a la pérdida de tiempo y poca exactitud durante el mismo, esta tarea es llevada a cabo por un operario, que transporta manualmente las piezas o productos a ser sometidos a dicho proceso de recubrimiento.

Es un proceso, que además de ser ineficiente es sumamente nocivo para la salud del operario por su contacto permanente con sustancias tóxicas, las cuales pueden generar en un futuro problemas en su salud.

La automatización industrial tiene beneficios tecnológicos, desde aumentos en los niveles de producción, hasta llegar a una mayor eficacia y precisión en la ejecución de las operaciones, con el diseño de un transportador de carga automático dentro de procesos secuenciales y con apoyo de la automatización, se proyecta un sistema robusto y seguro en el que la presencia del ser humano dentro del mismo sea prácticamente innecesaria, además de dar origen a un sistema con la ausencia relativa de errores humanos, creando así un llamado proceso limpio.

En el presente capitulo se procederá a la selección del polipasto y diseño del puente grúa y elección su sistema automático, el acero a utilizar tiene las siguientes propiedades mecánicas:

- Acero ***ASTM A-36***
- Esfuerzo de Fluencia $\sigma = 250$ ***[MPa]***
- Esfuerzo Ultimo $\sigma u = 400$ ***[MPa]***

3.18. ELECCIÓN DEL POLIPASTO.

En la sección 5 de recubrimientos metálicos actualmente está instalado un polipasto con las siguientes características:

Cap. [kg]	Velocidad [m/min]		Potencia del motor [Kw]	
	Elevación	Traslación	Elevación	Traslación
250	4.8	3	0.24	0.35

Para incorporar en el diseño se elegirá un polipasto que cumpla las siguientes características de elevación y transporte.

Todos estos requerimientos fueron proporcionados por la misma fábrica, para mejorar el ya existente.

- **Carga de elevación.**
  - Peso del tambor = 110 kg.
  - Peso de las piezas a procesar = 25 kg.
- **Velocidad.**
  - Velocidad de elevación 10 m/min.
  - Velocidad de translación 10 m/min.
- **Modo de empleo.**
  - Corresponde al tiempo de servicio diario y se lo calcula con la formula.

$$T = \frac{2 * Altura\ Elev. * \frac{\#ciclos}{h} * Horas\ de\ trabajo}{60 * velocidad\ de\ elevación} \qquad \textit{[Ecuación 3.43]}\ ^{68}$$

$$T = \frac{2 * 3[m] * 17\frac{ciclos}{h} * 8[h]}{60 * 10[m/min]} = 1{,}36h \approx 1h21$$

[68] Pagina web: Amenabar

Encontrado las horas de servicio se procederá a la elección del polipasto en función del siguiente cuadro.

Tabla de Elección de los Polipastos Amenabar

TIPO DE CARGA	TIEMPO TEORICO FUNCIONAMIENTO DIARIO (horas)					
1. Ligero	Hasta 2		2 – 4		4 - 8	
2. Medio	Hasta 1		1 - 2		2 – 4	
3. Pesado	Hasta 0,5		0,5 - 1		1 - 2	
4. Muy Pesado	Hasta 0,25		0,25 – 0,5		0,5 - 1	
GRUPO APARATO FEM (ISO4301-1)	**1Bm (M3)**		**1Am (M4)**		**2m (M5)**	
RAMALES ELEVACION	1 / 2		1 / 2		1 / 2	
CAPACIDAD DE CARGA (Kg)	**MODELO DE POLIPASTO**					
150					AK	
250					AK	
350			AK			
500	AK				BK	AK
750			BK			
1.000	BK				CK	BK
1.500			CK	BK		
2.000	CK					CK
2.500						CK
3.200				CK		
4.000		CK				
5.000						EK
6.300				EK		
TIPO DE CARGA	**VIDA TEORICA DEL APARATO (horas)**					
1. Ligero	3.200		6.300		12.500	
2. Medio	1.600		3.200		6.300	
3. Pesado	800		1.600		3.200	
4. Muy Pesado	400		800		1600	

Notas:

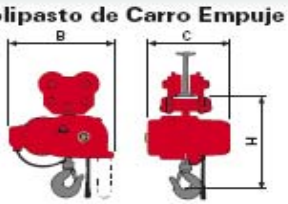
- **Zonas verdes**, las necesidades en esta zona están cubiertas por el polipasto de la misma carga pero con un aparato del mismo grupo o superior.
- **Zonas naranjas**, en esta zona no hay ningún aparato que cubra lo solicitado, en este caso **Amenabar** aconseja ir a una capacidad de carga superior y mismo grupo.

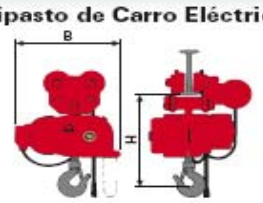
***Tabla 3.13*: Elección de polipastos[69]**

Pero para un mayor desempeño del mecanismo se procede a seleccionar el polipasto de gama más alta el modelo "***AK-2***" de 250 kg 2 ramales de elevación.

[69] Pagina web: Amenabar

3.19. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE POLIPASTOS ELÉCTRICOS.





Polipastos de 1 Velocidad - Trifásicos

		Códigos							Pesos Aprox. con 3 m.						Dimensiones				Perfil Rodadura	
Capacidad de Carga Kg.	Modelo	de Gancho	de Carro de Empuje	de Carro Eléctrico	Número de Ramales	Velocidad Elevación m./min.	Potencia Motor de elevación Kw.	Cadena ø x paso mm.	Grupo FEM	de Gancho Kg.	de Carro de Empuje Kg.	de Carro Eléctrico Kg.	Potencia Motor de traslación Kw.	Velocidad traslación Aprox. m./min.	A mm.	B mm.	C mm.	H mm.	Anchura De Ala mm.	Radio de Curvatura mínimo
150	AK-1	E11101	E12101	E14101	1	12	0,37	5x15	2m	24	33	42	0,25	20	340	300	310	360	66-98	1,50
250	AK-1	E11102	E12102	E14102	1	8	0,37	5x15	2m	24	33	42	0,25	20	340	300	310	360	66-98	1,50
350	AK-1	E11103	E12103	E14103	1	6	0,37	5x15	1Am	24	33	42	0,25	20	340	300	310	360	66-98	1,50
500	AK-1	E11105	E12105	E14105	1	4	0,37	5x15	1Bm	24	33	42	0,25	20	340	300	310	360	66-98	1,50
500	AK-2	E11205	E12205	E14205	2	4	0,37	5x15	2m	26	35	44	0,25	20	380	300	310	400	66-98	1,50
500	BK-1	E21105	E22105	E24105	1	8	0,75	7x21	2m	39	49	57	0,25	20	400	360	320	410	66-98	1,50
750	BK-1	E21107	E22107	E24107	1	6	0,75	7x21	1Am	39	49	57	0,25	20	400	360	320	410	66-98	1,50
1.000	BK-1	E21110	E22110	E24110	1	4	0,75	7x21	1Bm	39	49	57	0,25	20	400	360	320	410	66-98	1,50
1.000	BK-2	E21210	E22210	E24210	2	4	0,75	7x21	2m	43	55	61	0,25	20	470	360	320	490	66-98	1,50
1.000	CK-1	E31110	E32110	E34110	1	8	1,50	10x28	2m	60	78	85	0,25	20	500	440	360	520	82-113	1,80
1.500	BK-2	E21215	E22215	E24215	2	3	0,75	7x21	1Am	43	55	61	0,25	20	470	360	320	490	66-98	1,50
1.500	CK-1	E31115	E32115	E34115	1	6	1,50	10x28	1Am	60	78	85	0,25	20	500	440	360	520	82-113	1,80
2.000	CK-1	E31120	E32120	E34120	1	4	1,50	10x28	1Bm	60	78	85	0,25	20	500	440	360	520	82-113	1,80
2.000	CK-2	E31220	E32220	E34220	2	4	1,50	10x28	2m	73	90	98	0,25	20	590	440	360	610	82-113	1,80
2.500	CK-2	E31225	E32225	E34225	2	4	1,50	10x28	2m	76	93	112	0,25	10	590	440	360	610	98-125	1,80
3.200	CK-2	E31232	E32232	E34232	2	3	1,50	10x28	1Am	76	93	112	0,25	10	620	440	360	650	98-125	1,80
4.000	CK-2	E31240	-	E34240	2	2	1,50	10x28	1Bm	76	93	112	0,25	10	620	440	360	650	98-125	1,80
5.000	EK-2	E41250	-	E44250	2	2	1,80	13x36	2m	110	-	165	0,25	10	750	540	400	780	113-137	2,20
6.300	EK-2	E41263	-	E44263	2	2	1,80	13x36	1Am	110	-	165	0,25	10	750	540	400	780	113-137	2,20

***Tabla 3.14*: Tipos de polipastos eléctricos[70]**

[70] Pagina web: Amenabar

3.20. CARACTERÍSTICAS DEL POLIPASTO SELECCIONADO.

El polipasto seleccionado tiene las siguientes características mecánicas.

Cap. [kg]	Velocidad [m/min]		Peso del equipo [kg]	Potencia del motor [Kw]		Perfil de rodadura	
	Elevación	Traslación		Elevación	Traslación	Ancho ala [mm]	radio
250	8	20	100	0.37	0.25	66-98	1.50

***Tabla 3.15*: Características Mecánicas del Polipasto[71].**

3.21. CARACTERÍSTICAS GUÍA DEL POLIPASTO.

- Una viga se define en general por su altura en mm, (120, 270, 300 y mas) y en función de ésta y de su tipo (IPN; IPE, HEB, HEA) se determina su anchura de ala.
- La altura de la viga, es además el parámetro a tener en cuenta para determinar su resistencia a soportar carga: a mayor altura, mayor resistencia.
- Es el radio mínimo que debe tener una viga curva para que el carro sea capaz de deslizarse por ella.

***Figura. 3.15*: Polipasto[72]**

[71] Pagina web: Amenabar
[72] Pagina web: Amenabar

- Cuanto mayor sea el radio de curvatura, mejor será el deslizamiento del carro sobre la viga.
- En la ***tabla 3.16*** se indica las diferentes vigas para que deslice correctamente cada polipasto acoplado a carro.
- Si el radio de curvatura es menor del indicado, el carro puede tener dificultades de deslizamiento sobre la viga e incluso no hacerlo.

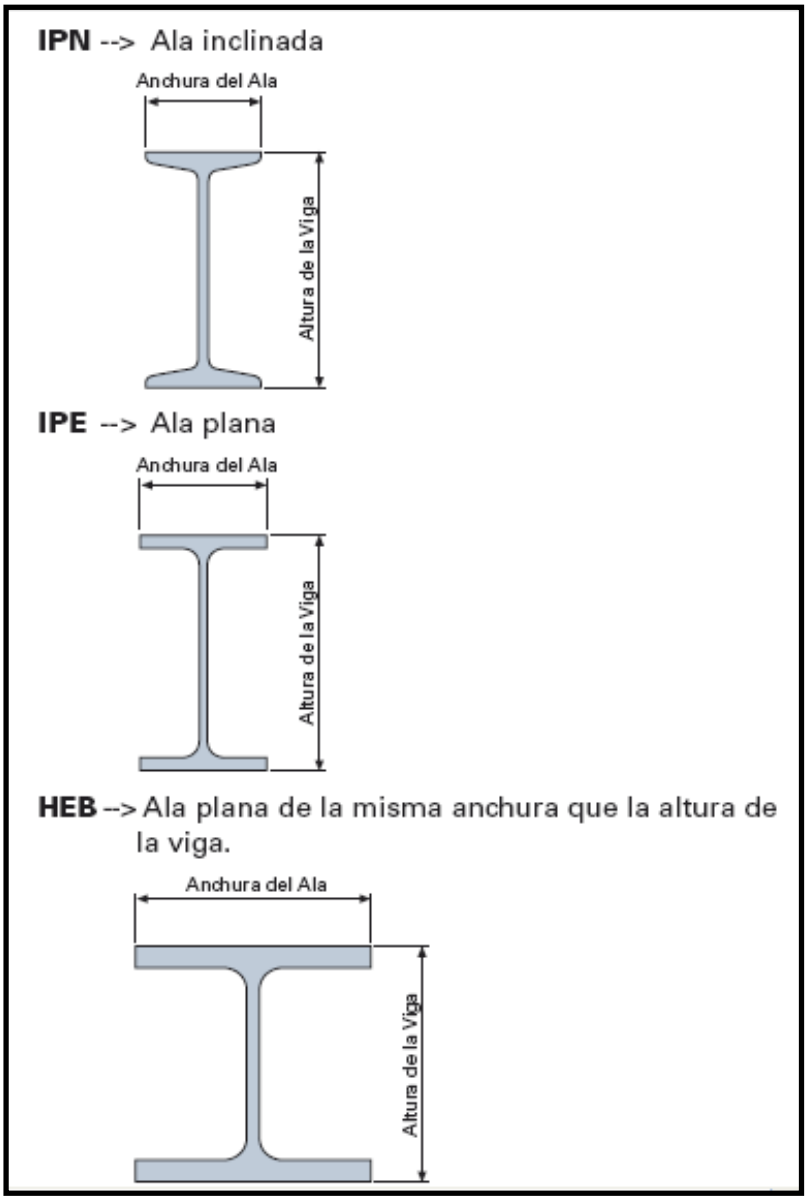
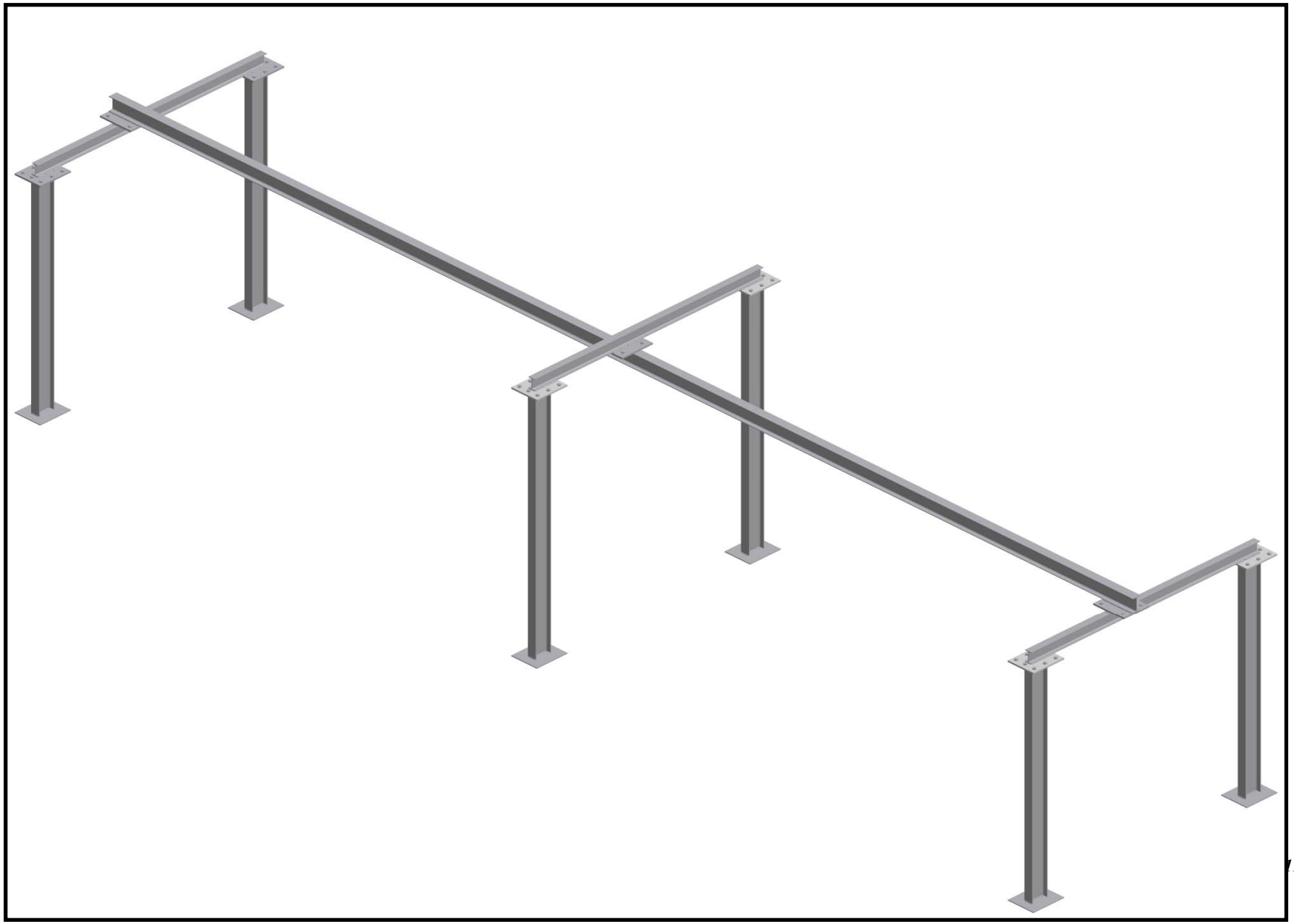


***Figura. 3.16*: Tipos de vigas**[73]

[73] Pagina web: Amenabar

3.22. DISEÑO DEL PUENTE GRÚA



3.22.1. CALCULO DE LA VIGA CARRIL DEL PUENTE.

Para el cálculo de la viga carril se procede a clasificar el equipo según su función y condiciones de utilización y de su estado de carga, perteneciendo a un pórtico para almacén **[BCD-3-(5-6)]** ***[Anexo Cap. 3: Tabla 3.17]***

Para el análisis los esfuerzos provocados en la viga se encuentra las siguientes solicitaciones.

- Fuerzas principales.
- Fuerzas debidas a los movimientos verticales.
- Fuerzas debidas a los movimientos horizontales.

3.22.2. Fuerzas Principales.

a.) Fuerzas debidas a los pesos propios de los elementos.

Peso propio de la viga carril.

Para el peso de la viga seleccionamos el perfil ***IPE-180*** que es el más idóneo y está en función del ancho de ala que está entre 66-98 [mm] según la **tabla 3.14**, que corresponde al polipasto de "**AK-1**" de 250 kg.

PERFILES SELECCIONADOS			
Tipo	**Peso [kg/m]**	**Peso [N]**	**Peso [N/m]**
IPE 180	18.8	2213.13	184.42

Tabla 3.16*: Tipos de perfiles *[Anexo Cap. 3: Tabla 3.15 y 3.16]

Peso propio del polipasto: 100 [kg] = 981[N]

b.) Las fuerzas debidas a la carga de servicio.

Carga de servicio: 25 [kg] = 245.25 [N]

Peso del tambor: 110 [kg] = 1079.1 [N]

Estos pesos se suponen inmóviles en la posición más desfavorable, el cetro de la viga carril. Estas fuerzas provocan un momento de flexión en la dirección ***x*** como se indica en la figura.

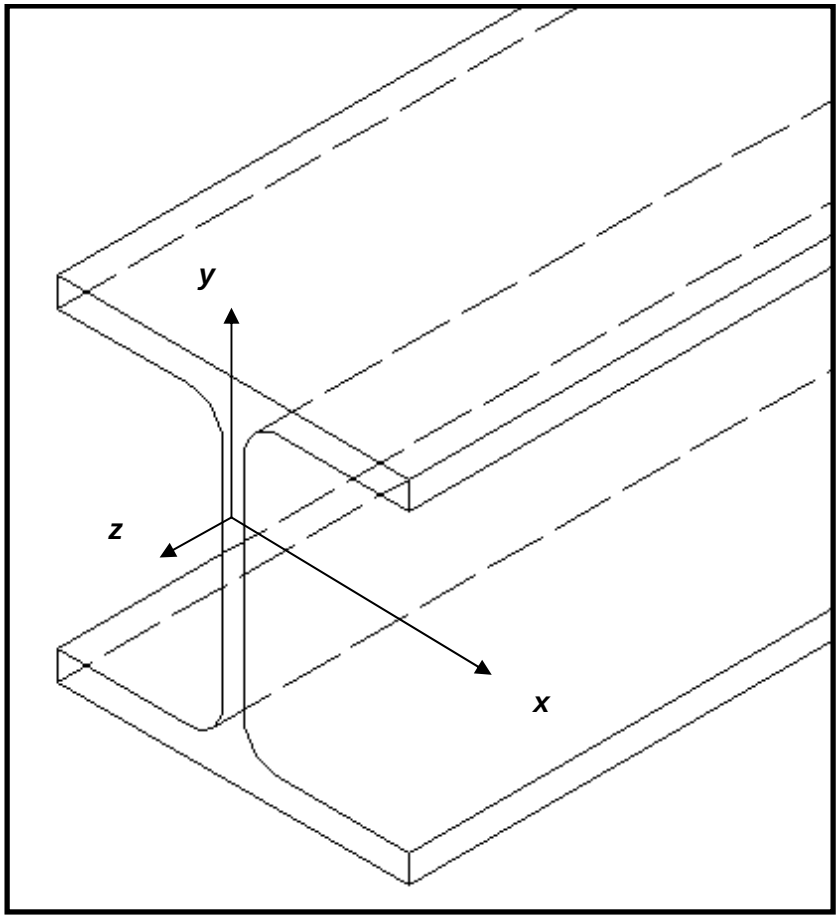


***Figura. 3.17*: Tipos de vigas**[74]

Momentos de flexión en la dirección ***x***

[74] Fuente: Autores

Componente del peso propio de la viga carril.

Este momento será máximo se concentra en el centro de los apoyos de la viga principal.

- Las reacciones en lo puntos ***A B C***, siendo iguales la reacción ***A*** y ***C*** en una viga indeterminada de distancias iguales y se las representa por la siguientes expresiones.

$$R_A = R_C = \frac{3wL}{8} \qquad R_B = 1.25wL \qquad \textit{[Ecuación 3.44]}^{75}$$

- El momento máximo de una viga indeterminada es:

$$M = \frac{9}{128} * w * l^2 \qquad \textit{[Ecuación 3.45]}^{76}$$

Donde:

l= longitud entre apoyos.

w= peso de la viga

- Calculo y diagramas de los esfuerzo en la viga carril

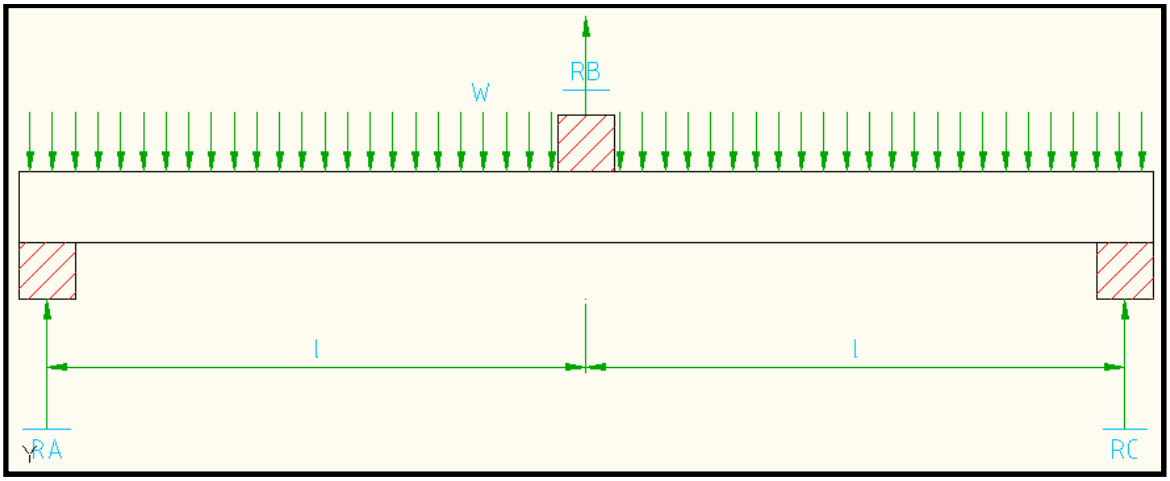


***Figura 3.18*: Fuerzas distribuida en la viga carril[77].**

$$M_{max_{viga.}} = 466.71\ [Nm]$$

[75] Fuente: Diseño de Elementos de Maquinas Segunda Edición Robert L. Mott. (Pág. A-25)
[76] Fuente: Diseño de Elementos de Maquinas Segunda Edición Robert L. Mott. (Pág. A-25)
[77] Fuente: Autores

Cal. Reacciones	
RA [N]	414,96
RB [N]	1383,21
RC [N]	414,96

Corte y Momento Máximo	
VB_{max} [N]	691,61
M_{max} [N*m]	466,75
M_{max} [N*m]	-829,93

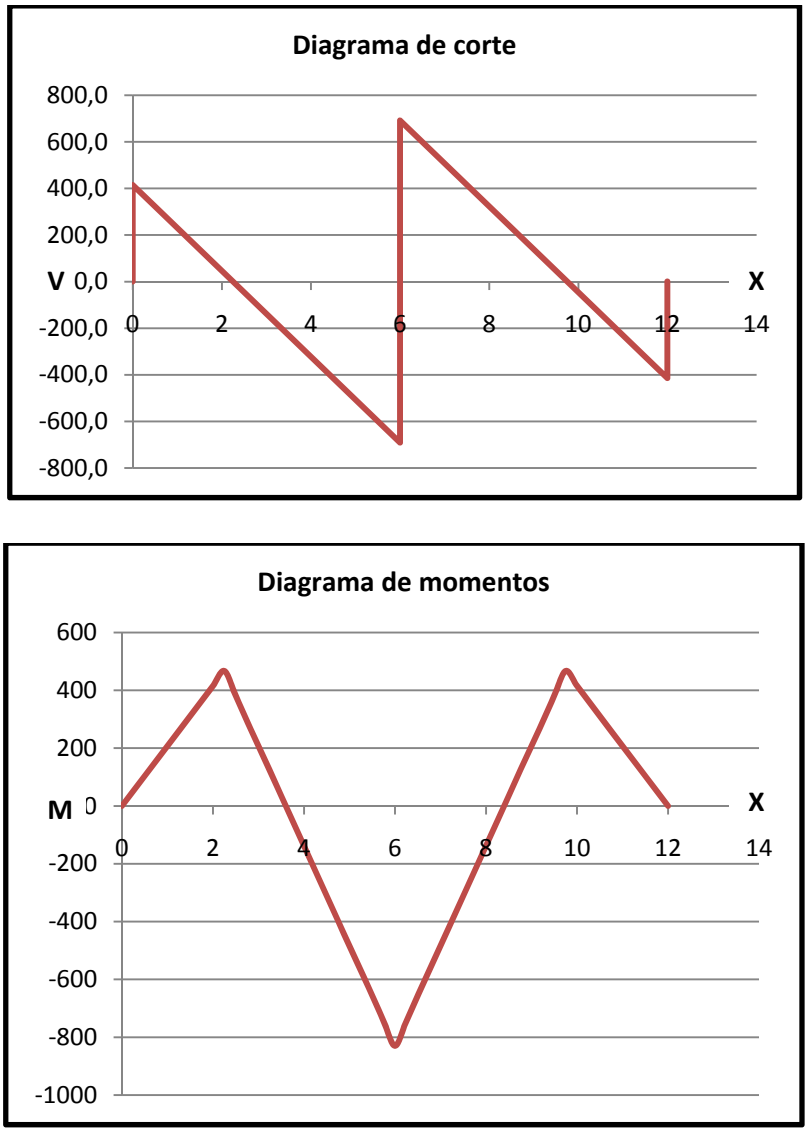


***Figura 3.19*: Diagramas de Corte y Momento[78].**

[78] Fuente:Autores

Componente del peso propio del polipasto.

El esfuerzo de momento será máximo y constante, cuando el carro se ubique en el centro de la viga del tramo ***I*** o ***II***.

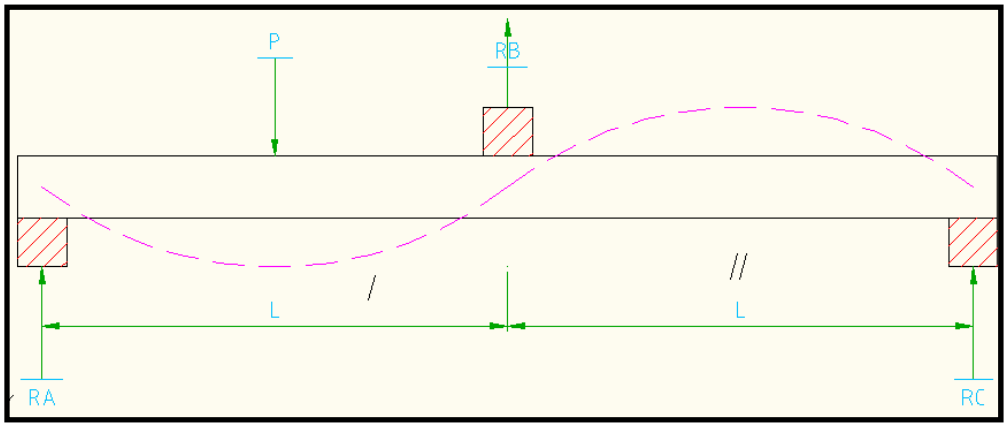


***Figura 3.20*: Fuerzas puntuales viga carril[79].**

La deducción de las reacciones y momentos para la viga indeterminada se encuentra en el ***[Anexo Cap. 3]***.

$$R_A = \frac{15}{32}P_p \qquad R_B = \frac{9}{16}P_p \qquad R_C = -\frac{1}{32}P_p \qquad \textit{[Ecuación 3.46]}^{80}$$

$$M_{max} = \frac{15}{64}P_p * L \qquad \textit{[Ecuación 3.47]}^{81}$$

- Cuando la carga ***P*** esta en el tramo ***I*** y ubicada a la mitad de ***L*** se establece un momento máximo.
- Para el tramo ***II*** es igual que el tramo ***I***

Donde:

P_p= peso del polipasto= 981 [N].

L= distancia entre apoyos= 6 [m].

$$M_{max_{pol.}} = \frac{15}{64} * 981\ [N] * 6[m] \qquad M_{max_{pol.}} = 1379.53\ [N\ m]$$

[79] Fuente: Autores
[80] Fuente: Diseño de Elementos de Maquinas Segunda Edición Robert L. Mott. (Pág. A-25)
[81] Fuente: Diseño de Elementos de Maquinas Segunda Edición Robert L. Mott. (Pág. A-25)

Componente del peso a levar o de servicio.

Este momento será máximo y constante, cuando este en el centro de la viga tanto en el tramo ***I*** y ***II***. Incluye la carga útil a levantar y el peso de los accesorios necesarios para su elevación.

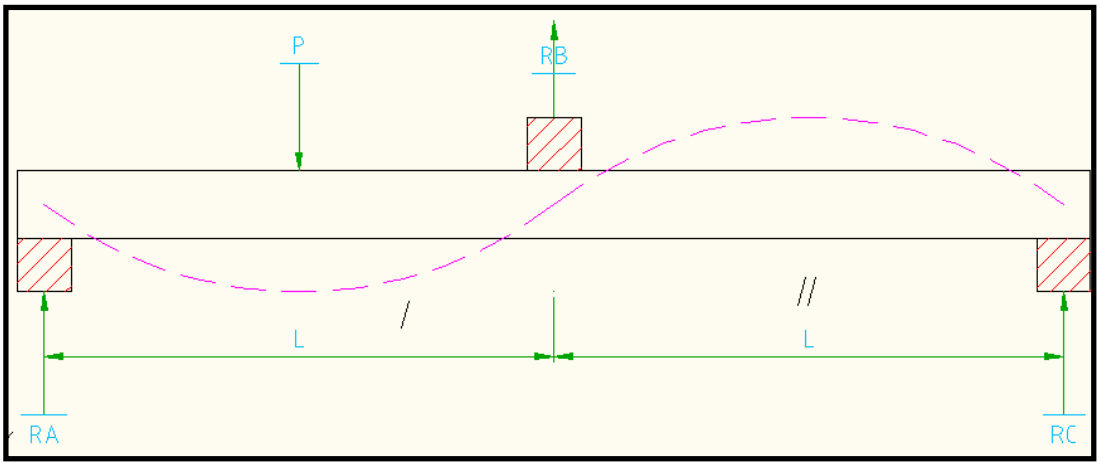


***Figura 3.21*: Fuerzas puntuales viga carril[82].**

$$R_A = \frac{15}{32}P_p \qquad R_B = \frac{9}{16}P_p \qquad R_C = -\frac{1}{32}P_p$$

$$M_{max} = \frac{15}{64}(P_{elev.} + P_t) * L$$

Donde:

$P_{elev.}$ =peso de elevación= 245.25 [N].

P_t= peso del tambor= 1079.1 [N].

L= distancia entre apoyos= 6 [m].

$$M_{max_{serv.}} = \frac{15}{64}(245.25\ [N] + 1079.1\ [N]) * 6$$

$$M_{max_{serv.}} = 1862.36\ [Nm]$$

[82] Fuente: Autores

3.22.3. Fuerzas debidas a los movimientos verticales.

Estas fuerzas provienen del movimiento más o menos brusco de la carga de servicio de las aceleraciones o desaceleraciones del movimiento de elevación y de los choques verticales debidos a la rodadura sobre las vías.

Se tiene en cuenta las oscilaciones producidas por la elevación de la carga, multiplicado fuerzas debidas a la carga de servicio por un factor llamado coeficiente dinámico $\boldsymbol{\varphi}$.

Coeficiente dinámico $\boldsymbol{\varphi}$.

El valor del coeficiente dinámico aplicar a la fuerza debida a la carga de servicio y al tipo de elevador **{BCD-3-(5-6)}** ***[Anexo Cap. 3: Tabla. 3.17 y 3.18]***, cuyo valor es:

$$\varphi = 1.15$$

El coeficiente $\boldsymbol{\varphi}$ tiene encueta la elevación brusca de la carga de servicio que constituye el choque más importante.

3.22.4. Fuerzas debidas a los movimientos horizontales.

Las fuerzas debidas a los movimientos horizontales son:

a.) Los efectos de inercia debidas a las aceleraciones o desaceleraciones de los movimientos de translación del carro y del aparato de elevación calculables en función de estas aceleraciones o desaceleraciones.
b.) Los efectos de choque.

3.22.4.1. Efectos horizontales debidos a las aceleraciones o desaceleraciones.

Para el movimiento del polipasto, está calculado se considera un esfuerzo horizontal aplicado a las ruedas motrices paralelamente al carril de rodadura.

Los esfuerzos deben calcularse en función de la duración de la aceleración o desaceleración admitida, según las condiciones de operación del aparato y de las velocidades a alcanzar.

Fuerzas producidas por el traslado del polipasto.

Velocidad de traslado 20 [m/min] = 0.33 [m/s] velocidad lenta y media. ***[Anexo Cap. 3: Tabla. 3.19]***

Los se tuvieron que iterar por no haber una velocidad de 0.33 [m/s]

- Duración de la aceleración 3.31 seg.
- Aceleración ***ac*** = 0.0804 [m/s^2].
- f coeficiente de adherencia.
  $f = 0.12$ caminos de rodadura húmedos.
  $f = 0.20$ caminos de rodadura secos.
- fuerza a considerar.

$$F = (P_p + P_t + P_{elev.}) * 2\frac{ac}{g} * f \qquad \textit{[Ecuación 3.48]}^{83}$$

Donde:

P_p=	peso del polipasto	981[N]
P_T=	peso del tambor	1079.1 [N]
$P_{elev.}$=	peso de elevación	245.25 [N]
g=	gravedad 9.81 [m/s^2].	

$$F = (981\ [N] + 1079.1\ [N] + 245.25\ [N] * 2\frac{0.0804\left[\frac{m}{s^2}\right]}{9.81\left[\frac{m}{s^2}\right]} * 0.20$$

$$F = 7.557\ [N]$$

[83] Fuente: Diseño de Elementos de Elevación y Transporte de Ensidesa. (Pág. 977)

El resultado obtenido se lo obviara para el cálculo de la viga carril, pero se lo tomara en cuenta para el cálculo de la viga del pórtico por generar un momento flector en la dirección ***y***.

3.22.4.2. Efectos de choque.

Para velocidades de desplazamiento horizontales inferior a 0.7 [m/s] = 40 [m/min] no se tiene en cuenta el efecto de colisión.

3.23. Comprobación de las tensiones en la viga carril.

Una vez calculado las diferentes fuerzas que actúan en la viga carril, se procede analizar y comprobar si la viga seleccionada soporta las cargas encontradas.

En la sumatoria de momentos deberá multiplicarse por un coeficiente de corrección Y_c dependiente del grupo que está clasificado el aparato.

$$Y_c = 1.5 \qquad \textit{[Anexo Cap. 3: Tabla. 3.20]}$$

$$\sum M_{max} = \left\{M_{max_{viga.}} + M_{max_{pol.}} + \left[M_{max_{serv.}} * \varphi\right]\right\} Y_c \qquad \textit{[Ecuación 3.49]}^{84}$$

$$\sum M_{max} = \{466.71\ [Nm] + 1379.53\ [Nm] + [1862.36\ \ [Nm] * 1.15]\}1.5$$

$$\sum M_{max} = 5981.931\ [Nm]$$

La tención calculada $\boldsymbol{\sigma}$ no debe pasar la tención límite admisible σ_{adm}

Para el acero estructural A-36:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_e}{N}$$

Donde:

σ_e= limite elástico del acero

N= factor de diseño= $N = N_C + N_s$

[84] Fuente: Diseño de Elementos de Elevación y Transporte de Ensidesa. (Pág. 977)

N_c= Carga muerta= 1.5

N_s= carga sísmica= 0.25

$$\sigma_{adm} = \frac{250\ \epsilon^6[N/m^2]}{1.75} = 142.857\ \epsilon^6\ [N/m^2]$$

Calculo de la tención que actúa en la viga carril $\boldsymbol{\sigma}$.

$$\sigma = \frac{\sum M_{max}}{W_x}$$

Donde:

W_x= Módulo resistente de la sección, respecto a $\boldsymbol{x}$ = 149 [cm^3]

$$\sigma = \frac{5981.931\ [Nm]}{1.46\ \epsilon^{-4}\ [m^3]} = 40.972\ \epsilon^6\ [N/m^2]$$

$$\sigma = 40.972\ \epsilon^6 \left[\frac{N}{m^2}\right] < 142.857\ \epsilon^6\ \left[\frac{N}{m^2}\right] = \sigma_{adm}$$

Factor de diseño

$$N = \frac{\sigma_e}{\sigma}$$

$$N = \frac{250\ \epsilon^6\left[\frac{N}{m^2}\right]}{40.972\ \epsilon^6\left[\frac{N}{m^2}\right]} = 6.10 \approx 6$$

3.24. Deformación máxima en la viga carril [y_{max}].

La deformación máxima que puede tener cualquier elemento de la estructura y es igual a:

$$y_{max} = \frac{l}{1000}$$

Por lo tanto para la viga carril.

$$y_{max} = \frac{6000\ [mm]}{1000} = 6\ [mm]$$

La deformación producida por las cargas puntuales situadas en las ruedas del carro del polipasto y por el propio peso de la viga, lo calcula a las fuerzas a la mitad de la viga.

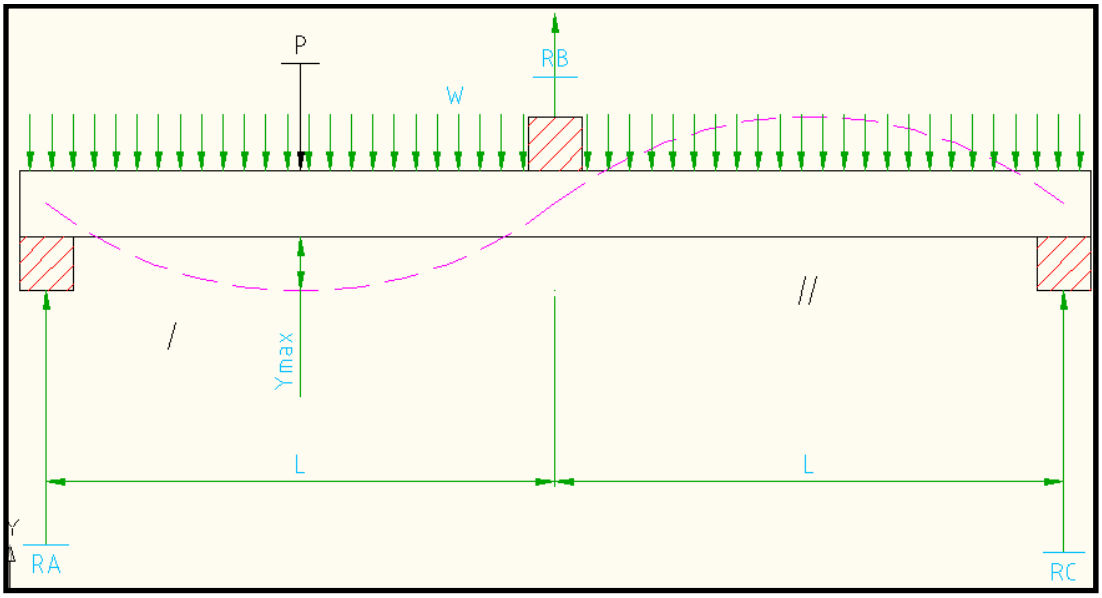


***Figura 3.22*: Deformación de la viga carril[85].**

Deformación por la carga distribuida peso de la viga carril.

$$y_{max_{viga}} = -\frac{w}{48EI}(L^3x - 3Lx^3 + 2x^4) \qquad \textit{[Ecuación 3.50]}^{86}$$

Donde:

w= carga distribuida peso de la viga [N].

L= longitud de la viga [m].

E= modulo de elasticidad [N/m^2].

I= momento de inercia [m^4]

$$y_{max} = \frac{184.43\ \left[\frac{N}{m}\right]}{48 * 200\epsilon^9\left[\frac{N}{m^2}\right] * 1.32\epsilon^{-5}[m^4]} * ([6^3 * 3] - [3 * 6 * 3^3] + [2 * 3^4]) = 0.4715\epsilon^{-3}[m] = 0.471[mm]$$

La deformación máxima será igual tanto para el tramo ***I*** y ***II***.

[85] Fuente: Autores
[86] Fuente: Diseño de Elementos de Maquinas Segunda Edición Robert L. Mott. (Pág. A-25)

Deformación por la carga puntual.

$$y_{max_{cp}} = \frac{PL^3}{48EI} \qquad \textit{[Ecuación 3.51]}\ ^{87}$$

Donde:

P= carga puntal [N].

L= longitud de la viga [m].

E= modulo de elasticidad [N/m^2].

I= momento de inercia [m^4]

$$y_{max_{cp}} = \frac{2305.35[N] * \{6[m]\}^3}{48 * 200\epsilon^9 * 1.32\epsilon^{-5}[m^4]} = 3.9495\epsilon^{-4}[m] = 0.392[m]$$

Deformación total de la viga.

$$y_{max} = y_{max_{viga}} + y_{max_{cp}} = 0.4715[mm] + 0.392[mm] = 0.863[mm]$$

[87] Fuente: Diseño de Elementos de Maquinas Segunda Edición Robert L. Mott. (Pág. A-18)

3.25. CALCULO DEL PÓRTICO SOPORTE DE LA VIGA CARRIL.

Para sostener la viga carril se diseñara tres pórticos a una distancia entre ellos de 6 metros, para el cálculo se tomara un pórtico ya que todos los tres son iguales.

La viga del pórtico cumple la función de sostener la viga carril y el polipasto con sus elementos, se analizara los esfuerzos provocados en la viga tomado las siguientes solicitaciones.

- Fuerzas principales.

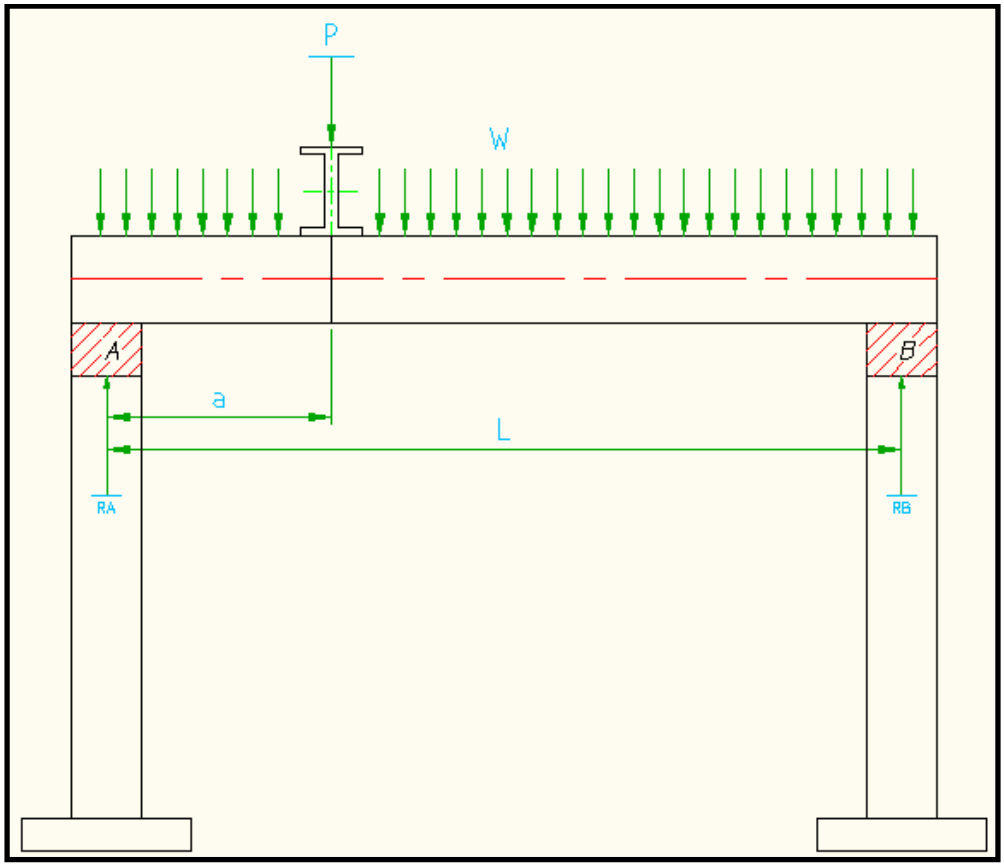


***Figura 3.23*: Fuerza distribuida y puntual en el pórtico[88].**

[88] Fuente: Autores

3.25.1. Fuerzas Principales.

a) Fuerzas debidas al peso propio del elemento (viga).

Peso propio de la viga.

Para el peso de la viga selecciona el perfil ***IPE-180*** que es el mismo de la viga carril.

PERFILES SELECCIONADOS			
Tipo	**Peso [kg/m]**	**Peso [N]**	**Peso [N/m]**
IPE 140	12.9	316.37	126.54

Tabla 3.17*: Tipos de perfiles *[Anexo Cap. 3: Tabla 3.15 y 3.16]

b) Las fuerzas debidas a los elementos de servicio.

Peso propio del polipasto: 100 [kg] = 981[N]

Carga de servicio: 25 [kg] = 245.25 [N]

Peso del tambor: 110 [kg] = 1079.1 [N]

Componente del peso propio de la viga.

El momento se concentra en el centro de los apoyos de la viga por reacción de su propio peso.

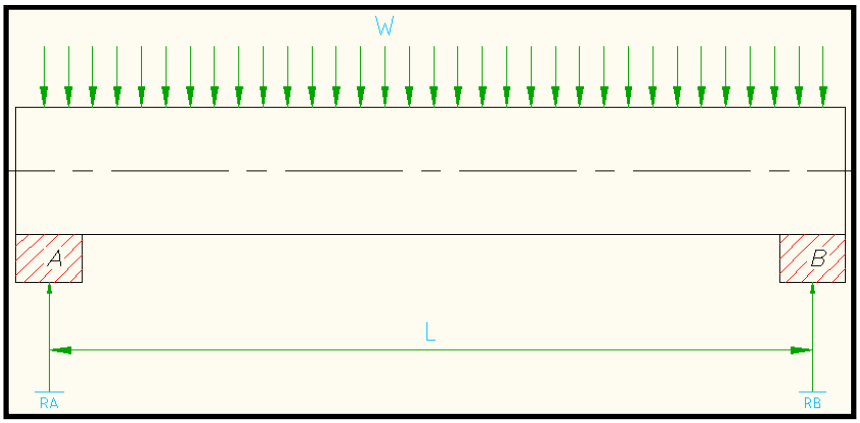


***Figura 3.24*: Fuerza distribuida peso de la viga[89].**

[89] Fuente: Autores

- Las reacciones en lo puntos ***A B***, son iguales y se las representa por la siguientes expresiones.

$$R_A = \frac{wL}{2} \qquad R_B = \frac{wL}{2}$$ ***[Ecuación 3.52]*** [90]

- El momento máximo es: ***[Ecuación 3.53]*** [91]

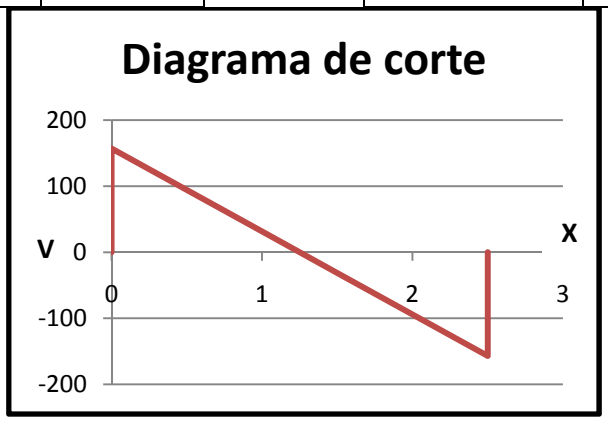
$$M = \frac{wL^2}{8} \qquad M_{max_{viga}} = \frac{126.54\left[\frac{N}{m}\right]*(2.5[m])^2}{8} = 98.10\ [Nm]$$

Donde:

L= distancia entre apoyos = 2.5 [m].

Cal. Reacciones	
RA [N]	156,96
RB [N]	156,96

Corte y Momento Máximo	
Vmax [N]	156,96
Mmax [Nm]	98,10



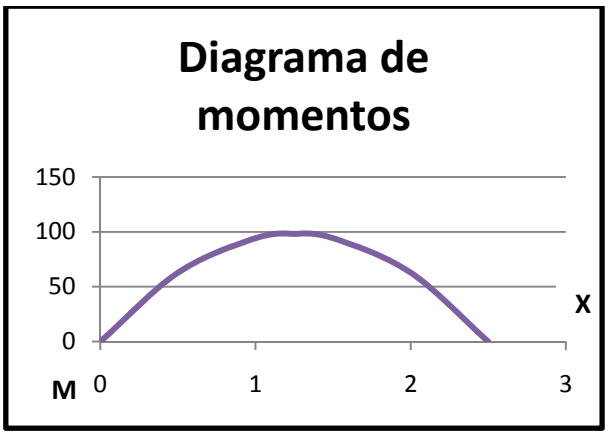


***Figura 3.25*: Diagramas de Corte y Momento**[92]**.**

[90] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 219)
[91] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 219)

Las fuerzas debidas a los elementos de servicio.

En este caso el momento máximo se ubicara a una distancia ***"a"*** es donde se encuentra apoyada la viga carril, para nuestro análisis se tomara carga útil a levantar y el peso de los accesorios necesarios para su elevación en el punto acotado.

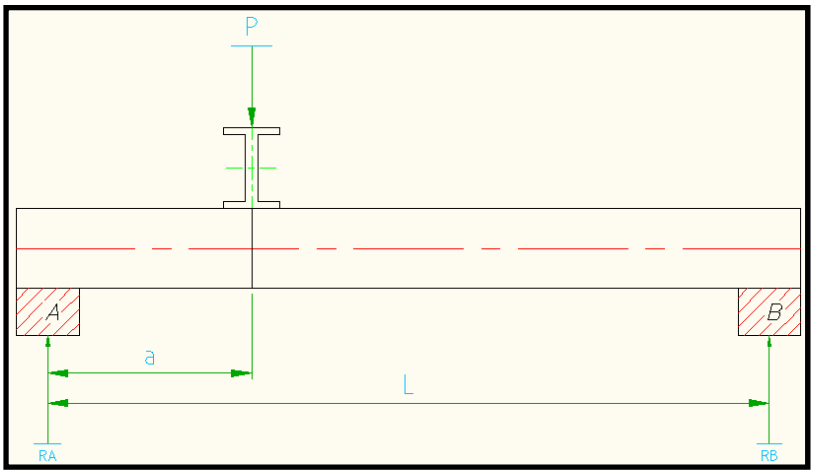


***Figura 3.26*: Fuerza puntual en la viga del pórtico[93].**

$$R_A = P_{total} - R_B \qquad R_B = \frac{P_{total} * a}{L}$$

$$P_{total} = P_{elev.} + P_t + P_{pol.}$$

Donde:

$P_{elev.}$ =peso de elevación = 245.25 [N].

P_t= peso del tambor = 1079.1 [N].

$P_{pol.}$= peso del polipasto = 981[N]

L= distancia entre apoyos = 2.5 [m].

a= distancia de la fuerza $\boldsymbol{P_{total}}$ = 1 [m]

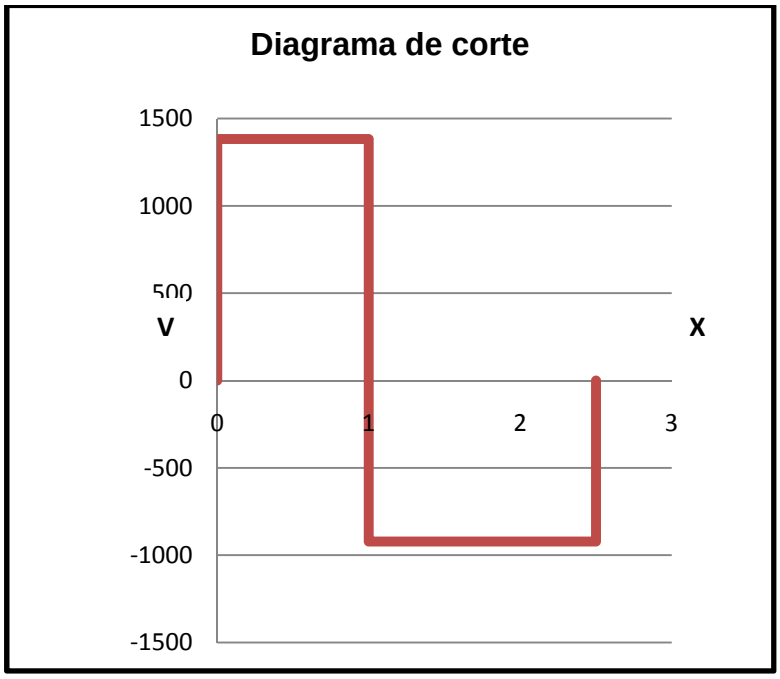
$$M_{max_{serv.}} = 1383.2\ [Nm]$$

---

[92] Fuente: Autores
[93] Fuente: Autores

Cal. Reacciones	
RA [N]	1383,2
RB [N]	922,1

Corte y Momento Máximo	
V_{max} [N]	1383,2
M_{max} [Nm]	1383,2



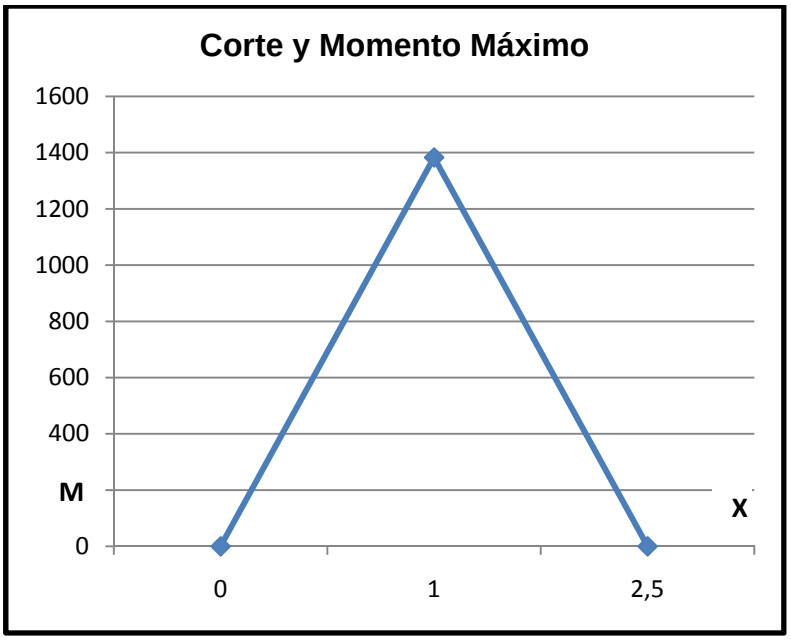


***Figura 3.27*: Diagramas de Corte y Momento[94].**

[94] Fuente: Autores

3.25.2. Fuerzas debidas a los movimientos verticales.

Son oscilaciones producidas por los elementos de servicio, esta oscilación se la conoce como coeficiente dinámico.

El valor del coeficiente dinámico es el mismo que se utilizo para el cálculo de la viga carril y cuyo valor es:

$$\boldsymbol{\varphi = 1.15}$$

3.25.3. Fuerzas debidas a los movimientos horizontales.

La fuerza de $\mathbf{7.557}\ [\boldsymbol{N}]$ provocada por la traslación del polipasto provoca un momento flector en la dirección $\boldsymbol{y}$.

$$M_y = F * a$$
$$M_y = 7.557\ [N] * 1[m]$$
$$M_y = 7.557\ [Nm]$$

3.26. Comprobación de las tensiones en la viga pórtico.

Una vez calculado las diferentes fuerzas que actúan en la viga del pórtico, se procede a comprobar si la viga seleccionada soporta las cargas encontradas.

En la sumatoria de momentos deberá multiplicarse por un coeficiente de corrección Y_c dependiente del grupo que está clasificado el aparato.

Para este tipo de análisis el coeficiente dinámico se lo considera $\boldsymbol{\varphi}$

$$Y_c = 1.5 \qquad \textit{[Anexo Cap. 3: Tabla 3.20]}$$

Momento de flexión dirección $\boldsymbol{x}$

$$\sum M_{max} = \left\{M_{max_{viga.}} + (M_{max_{serv.}})\varphi\right\} Y_c$$

$$\sum M_{max} = \{\, 98.10\ [Nm] + (1383.2\ [Nm]) * 1.15\}1.5$$

$$\sum M_{max_X} = 2533.17\ [Nm]$$

Momento de flexión dirección $\boldsymbol{y}$

$$\sum M_{max_Y} = \{M_y\} Y_c$$

$$\sum M_{max_Y} = \{7.557\ [Nm]\} * 1.5 = 11.33\ [Nm]$$

La tención calculada $\boldsymbol{\sigma}$ no debe pasar la tención límite admisible σ_{adm}

Para el acero estructural A-36:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_e}{N}$$

Donde:

σ_e= limite elástico del acero

N= factor de diseño= $N = N_C + N_s$

N_c= Carga muerta= 1.5

N_s= carga sísmica= 0.25

$$\sigma_{adm} = \frac{250\ \epsilon^6[N/m^2]}{1.75} = 142.857\ \epsilon^6\ [N/m^2]$$

Calculo de la tención que actúa en la viga del pórtico $\boldsymbol{\sigma}$.

$$\sigma = \frac{\sum M_{max_X}}{W_x} + \frac{\sum M_{max_Y}}{W_Y}$$

Donde:

W_x= Módulo resistente de la sección, respecto a $\boldsymbol{x}$ = 77.3 [cm^3]

W_y= Módulo resistente de la sección, respecto a $\boldsymbol{y}$ = 12.3 [cm^3]

$$\sigma = \frac{2533.17\ [Nm]}{7.73\ \epsilon^{-5}\ [m^3]} + \frac{11.33\ [Nm]}{1.23\epsilon^{-5}\ [m^3]} = \ 33.6917\ \epsilon^6\ [N/m^2]$$

$$\sigma = 33.6917\ \epsilon^6 \left[\frac{N}{m^2}\right] < 142.857\ \epsilon^6\ \left[\frac{N}{m^2}\right] = \sigma_{adm}$$

Factor de diseño

$$N = \frac{\sigma_e}{\sigma}$$

$$N = \frac{250\ \epsilon^6 \left[\frac{N}{m^2}\right]}{33.6917\ \epsilon^6\ \left[\frac{N}{m^2}\right]} = 7$$

3.27. Deformación máxima en la viga del pórtico [y_{max}].

La deformación producida por las carga concentrada y distribuida en el punto ***C*** situada a la distancia ***a*** se procede a calcular por separado aplicando el principio de la superposición, luego se suman los valores de la deflexión correspondientes a las diversas cargas.

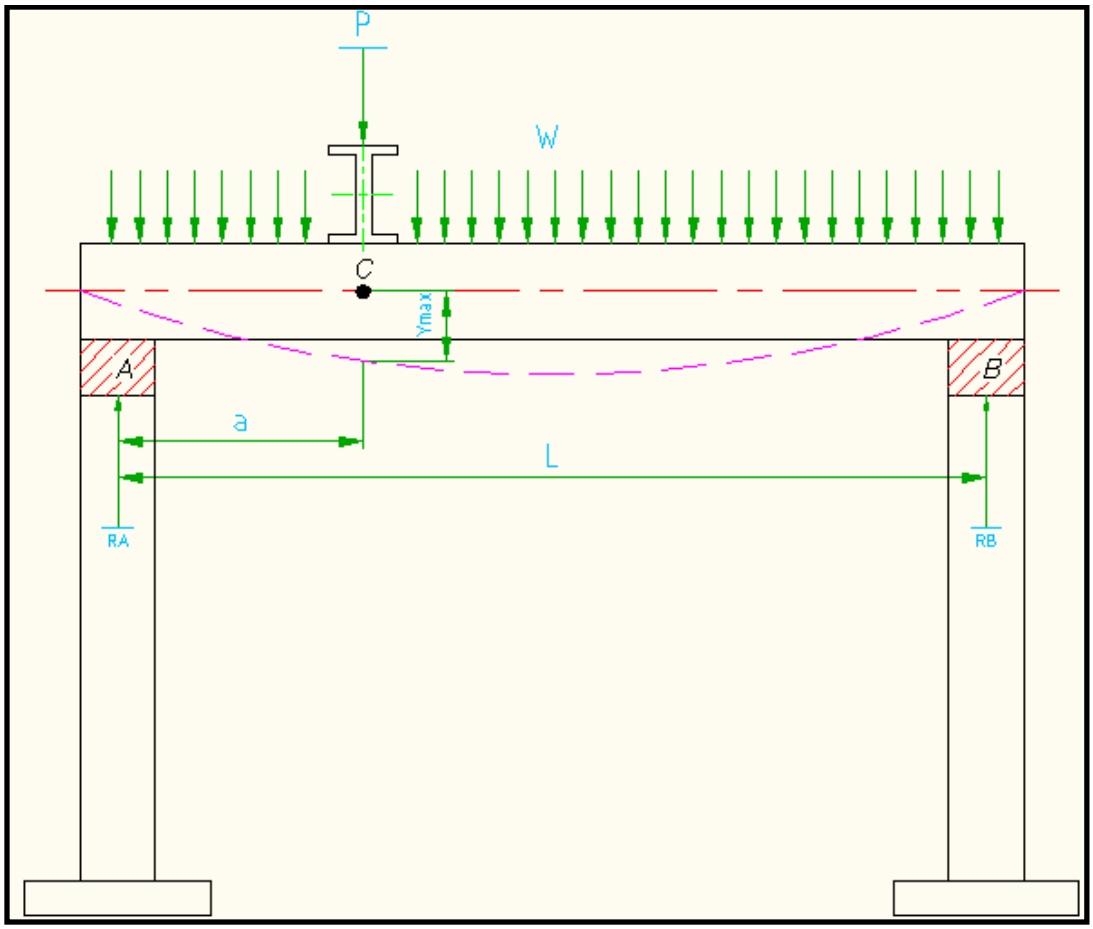


***Figura 3.28*: Deformación de la viga[95].**

[95] Fuente: Autores

Para la carga concentrada en el punto ***C*** que se muestra en la figura se aplica la formula:

$$y_{max} = \frac{Pb}{6EIL}[x^3 - (L^2 - b^2)x] \qquad \textit{[Ecuación 3.54]}^{96}$$

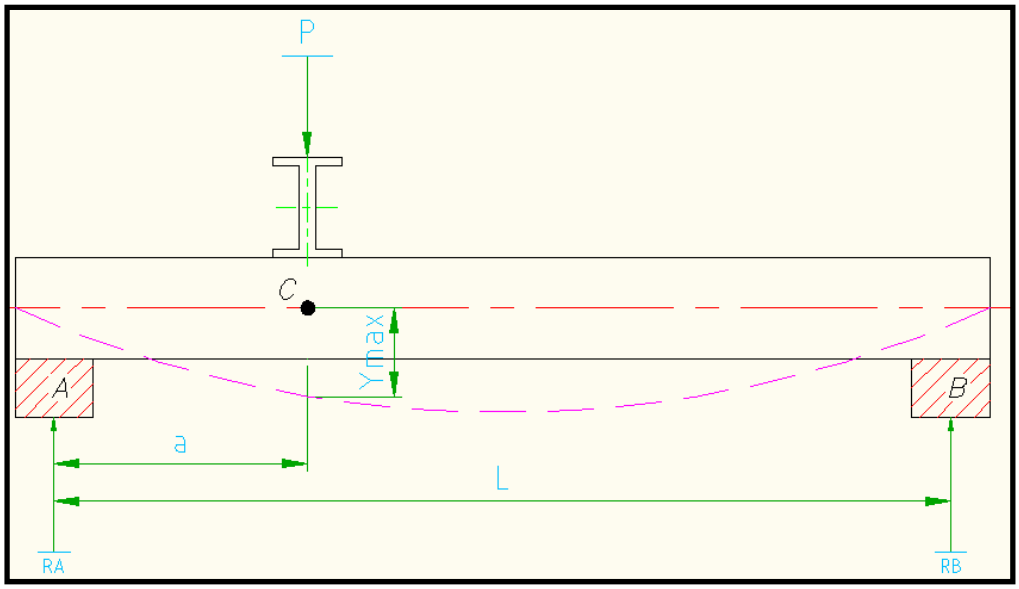


***Figura 3.29*: Deformación de la viga por carga concentrada[97].**

Donde:

P= carga puntual a la distancia ***a*** de la viga= 2305.35 [N].

L= longitud de la viga= 2.5 [m].

E= modulo de elasticidad= $200\epsilon^9$ [N/m^2].

I= momento de inercia= $5.41\epsilon^{-6}$ [m^4].

$x = a$= distancia de la carga concentrada= 1 [m].

$$yc_P = \frac{2305.35\,[N] * 1.5\,[m]}{6 * 200\epsilon^9\left[\frac{N}{m^2}\right] * 5.41\epsilon^{-6}[m^4] * 2.5[m]} * [[1m]^3 - ([2.5m]^2 - [1.5m]^2) * 1[m]]$$

$$yc_P = 0.645\,[mm]$$

[96] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 219)
[97] Fuente: Autores

Para la carga distribuida como se muestra en la figura se utiliza la siguiente ecuación de la elástica:

$$y_{max} = \frac{w}{24EI}\left[-x^4 + 2Lx^3 - L^3x\right] \qquad \textit{[Ecuación 3.55]}^{98}$$

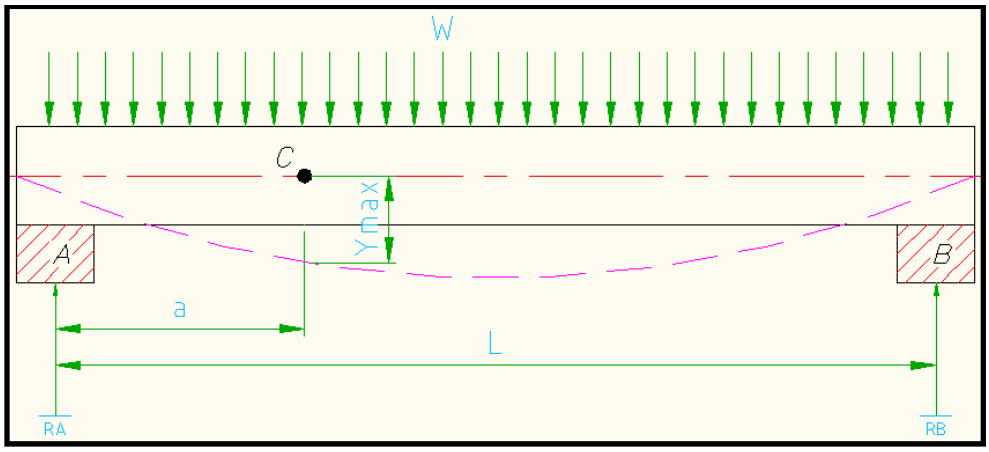


***Figura 3.30*: Deformación de la viga por carga distribuida[99].**

Donde:

w= cara distribuida (peso de la viga) = 125.57 [N/m].

L= longitud de la viga = 2.5 [m].

E= modulo de elasticidad = $200\epsilon^9$ [N/m^2].

I= momento de inercia = $5.41\epsilon^{-6}$ [m^4].

$x = a$= distancia de la carga concentrada= 1 [m].

$$yc_w = \frac{125.57\ [N/m]}{24 * 200\epsilon^9\left[\frac{N}{m^2}\right] * 5.41\epsilon^{-6}[m^4]} * [[-1\ m]^4 + 2 * 2.5[m] * [1m]^3 - [2.5m]^3 * 1[m]]$$

$$yc_w = 0.05621\ [mm]$$

Al sumar las deformaciones producidas por la carga concentrada y distribuida se obtiene:

$$yc = yc_w + yc_P = 0.65\ [mm]$$

[98] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 219)
[99] Fuente: Autores

3.28. CALCULO DE COLUMNA.

Siempre que se diseña un miembro es necesario que satisfaga los esfuerzos de resistencia, flexión y estabilidad. Siendo específicos, los miembros largos y esbeltos sometidos a una carga axial de compresión se llaman columnas, y la deflexión lateral que sucede se llama pandeo. Con bastante frecuencia, el pandeo de una columna puede causar una falla repentina de una estructura o un mecanismo, y en consecuencia se debe poner atención al diseño de columnas, para que puedan soportar con seguridad, sin pandearse con las cargas que va a soportar como se muestra en la figura. 3.31.

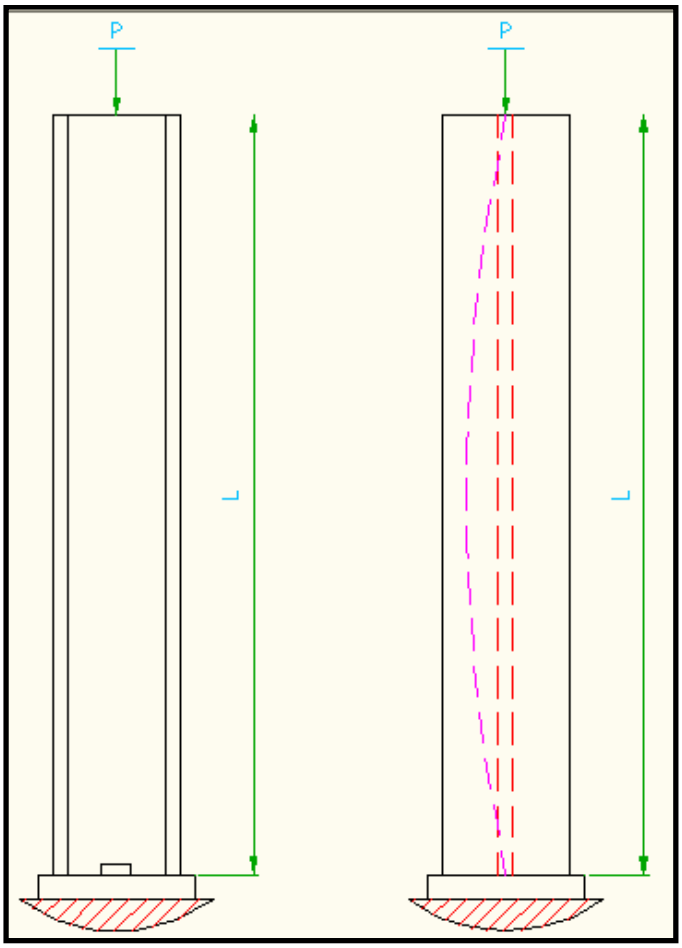


***Figura 3.31*: Columna[100].**

[100] Fuente: Autores

A continuación se procederá a diseñar la columna del pórtico, este elemento estará sometido a carga axial de compresión y deflexión lateral. La carga a soportar es la suma del peso de la viga y los elementos de servicio: polipasto, tambor, elementos a elevar.

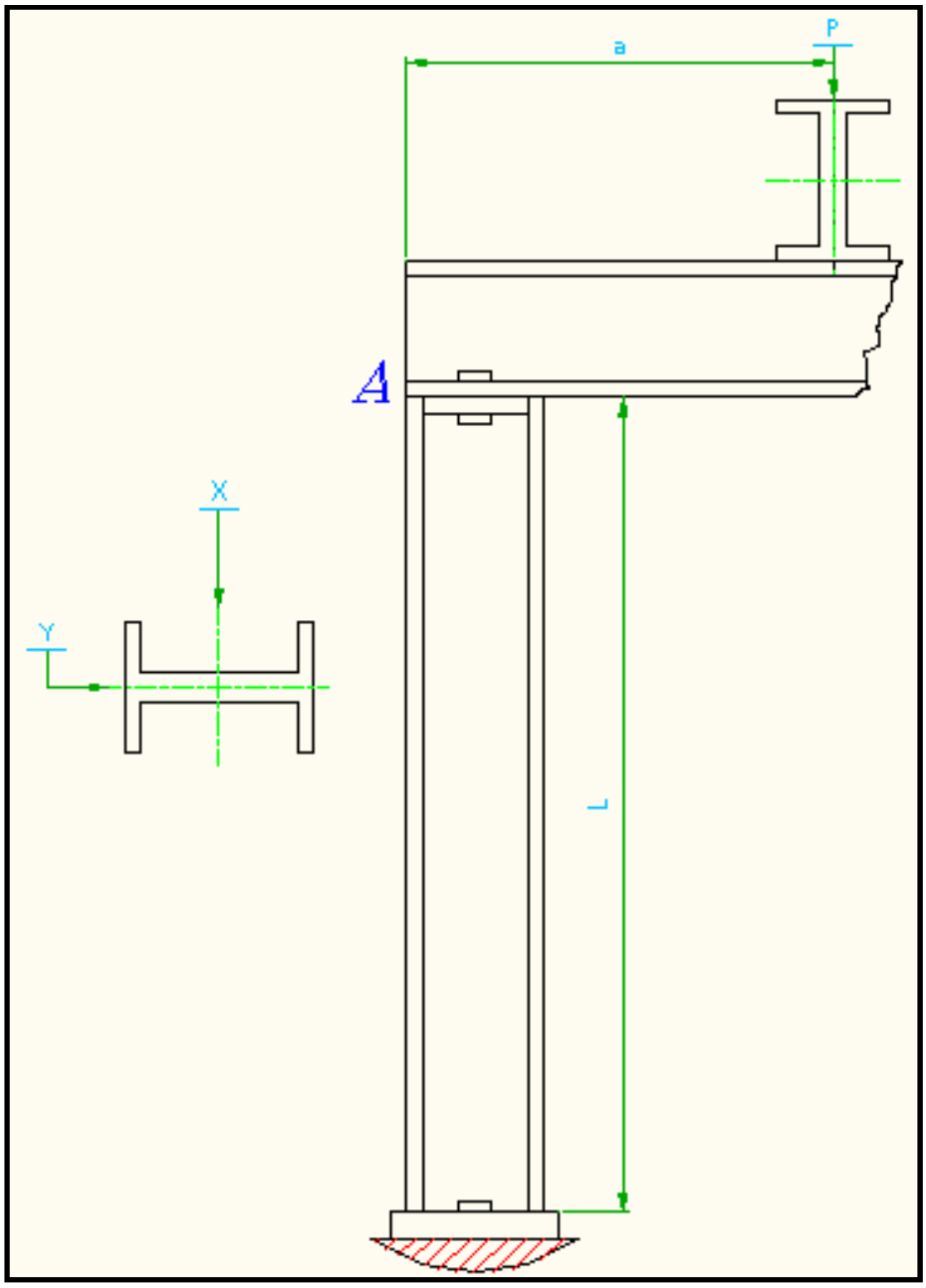


***Figura 3.32*: Columna con extremos articulados[101].**

[101] Fuente: Autores

Como se observa en la figura 3.33 la carga de servicio produce un momento con respecto a la viga en el punto ***A***, para su respectivo análisis se traslada la carga y el momento al centro de la viga.

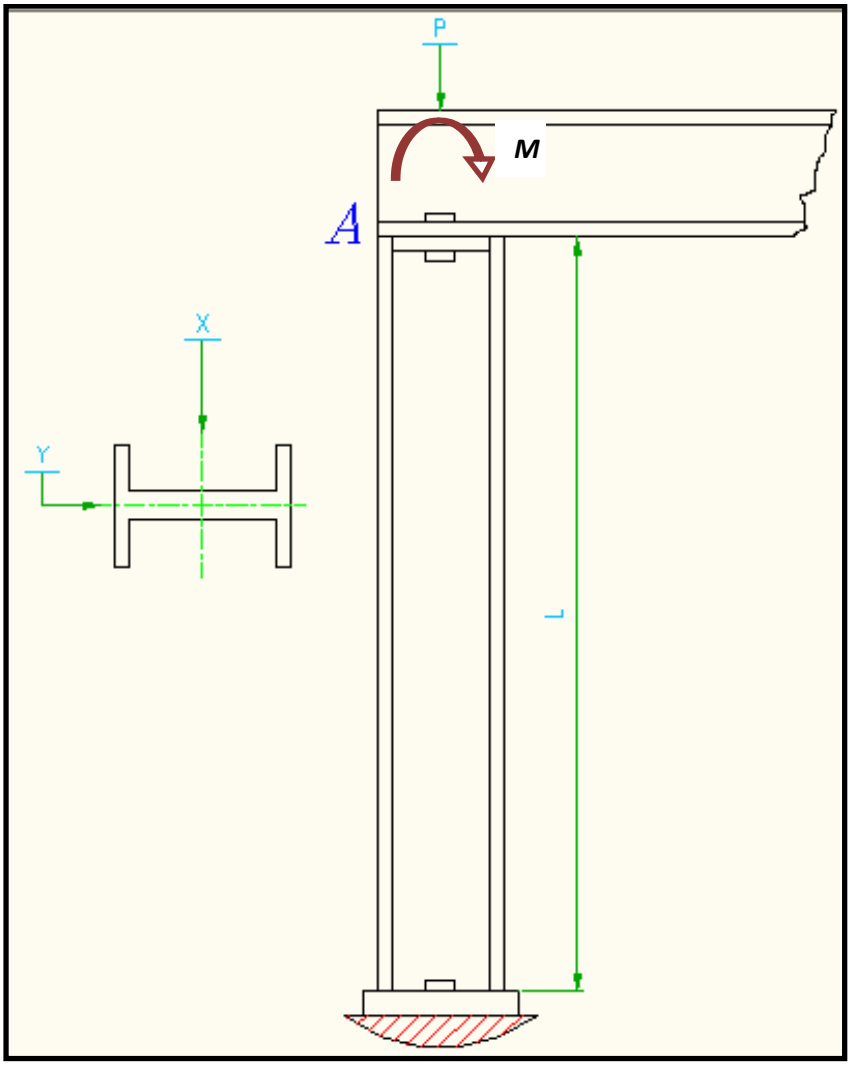


***Figura 3.33*: Columna con carga en el centro[102].**

3.28.1. Cálculo y selección del perfil.

Se procederá a elegir un perfil de acero A-36 que soporte las siguientes condiciones de trabajo:

P=	carga de servicio	2305.35 [N]

[102] Fuente: Autores

f= factor de exceso carga de servicio 2.25

a= distancia de la línea de acción de $\boldsymbol{P}$ 1 [m]

M= momento $M = (P_{cr}) * a$

P_{cr}= carga critica se servicio $P_{cr} = P * f$

Como se desconoce el área y el radio de giro, la selección del perfil tiene que hacerse por ensayo y error, los pasos son los siguientes:

a Suponer un esfuerzo de trabajo.

b Calcule el área requerida.

c Seleccione el perfil más ligero según el área calculada.

d Calcule la carga admisible según las especificaciones de columnas, si esta carga de servicio es igual o ligeramente mayor que la carga aplicada, el perfil es el adecuado. Si la carga de servicio es menor que la aplicada debe buscar un perfil más robusto y repetir el procedimiento.

Una recomendación es suponer un esfuerzo de trabajo inicial de 80% del esfuerzo para ***{(L/r) = 0}***, para el acero A-36 $\boldsymbol{\sigma_{pc} = 250}$ $[\boldsymbol{MPa}]$ la relación de esbeltez límite es: $C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_{pc}}} = 126$ ***[Ecuación 3.56]*** [103]

Paso a: se procede a calcular un supuesto esfuerzo de trabajo.

$$\frac{L_e}{r} = 0, F_s = \frac{5}{3}$$

$$\sigma_T = \frac{\sigma_{pc}}{F_s} = 150\ [MPa]$$

[103] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 370)

Suponiendo un esfuerzo del 80% se obtiene

$$\sigma = 80\% * 150\ [MPa] = 120\ [MPa]$$

Paso b: área requerida.

$$A = \frac{P*f}{\sigma} \qquad \textbf{\textit{[Ecuación 3.57]}}\ ^{104}$$

Donde:

P=	carga puntual o de servicio	2305.35 [N]
f=	factor de exceso carga	2.25
σ=	esfuerzo del 80%	120 [MPa]

$$A = 0.4322\ [cm^2]$$

Paso c: Así en el ***[Anexo Cap. 3: Tabla 3.15 y 3.16]*** se ve que área transversal, momentos de inercia y radio de giro.

Paso d: cálculo de la carga admisible según las siguientes especificaciones.

- Si $\frac{L_e}{r} \geq C_c$ el es fuerzo de trabajo se lo obtiene.

$$\sigma_T = \frac{2\pi^2 E}{23(L_e/r)^2} \qquad \textbf{\textit{[Ecuación 3.58]}}\ ^{105}$$

- Si $\frac{L_e}{r} \leq C_c$ el es fuerzo de trabajo se lo obtiene.

$$F_s = \frac{5}{3} + \frac{3(L_e/r)}{8C_c} - \frac{(L_e/r)^3}{C_c^3} \qquad \textbf{\textit{[Ecuación 3.59]}}\ ^{106}$$

$$\sigma_T = \frac{\left[1-\frac{(L_e/r)^2}{C_c^2}\right]}{F_s} * \sigma_{pc} \qquad \textbf{\textit{[Ecuación 3.60]}}\ ^{107}$$

---

[104] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 370)
[105] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 370)
[106] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 370)

- Encontrado el esfuerzo de trabajo se remplaza en la siguiente fórmula para encontrar la carga admisible de servicio.

$$P_{adm} = A\left(\sigma_T - \frac{M}{w}\right) \qquad \textit{[Ecuación 3.61]}\ ^{108}$$

Donde:

M= momento producido por la carga de servicio $M = (P_{cr}) * a$

w= Módulo resistente de la sección [cm^3]

Con la ayuda de una hoja de cálculo se pudo hacer el ensayo de prueba y error para selección del perfil.

DISEÑO DE COLUMNA			
Limite de fluencia [MPa]	**250**	**Dist. a de carga [1]**	**1**
Carga de trabajo P [N]	**2305.35**	**Long. Columna [m]**	**3**
Factor exceso carga de trab.	**1,75**	**relación [K]**	**0,75**
Peso critico [N]	**5187.04**	**radio de giro [cm]**	**2,25**

Modulo de Elasticidad [GPa]	**200**
Fs. [5/3]	**1,667**
Esfuerzo de trabajo al 80% [MPa]	**120**
El área requerida [cm^2]	**0,33619**

Perfil Seleccionado	**IPE-180**
ingrese área del perfil [cm2]	**23,9**
modulo de resistencia [cm3]	**83,2**
Ingrese radio [cm]	**2,05**
Le/r	**109,75**
Condición [Cc]	**126**
Esfuerzo de trabajo [MPa] {(Le/r)<C$_c$}	**80,9268**
Fs {(Le/r)<Cc}	**1,91**
Carga admisible P [N]	**44412,64**

Como se puede observar que el perfil seleccionado resiste una carga admisible de 44.41264 ***kN***, en la siguiente grafica se representa el esfuerzo de trabajo en función de la esbeltez.

[107] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 370)
[108] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 378)

DIAGRAMA DE ESFUERZO DE TRABAJO PARA COLUMNAS (AISC).

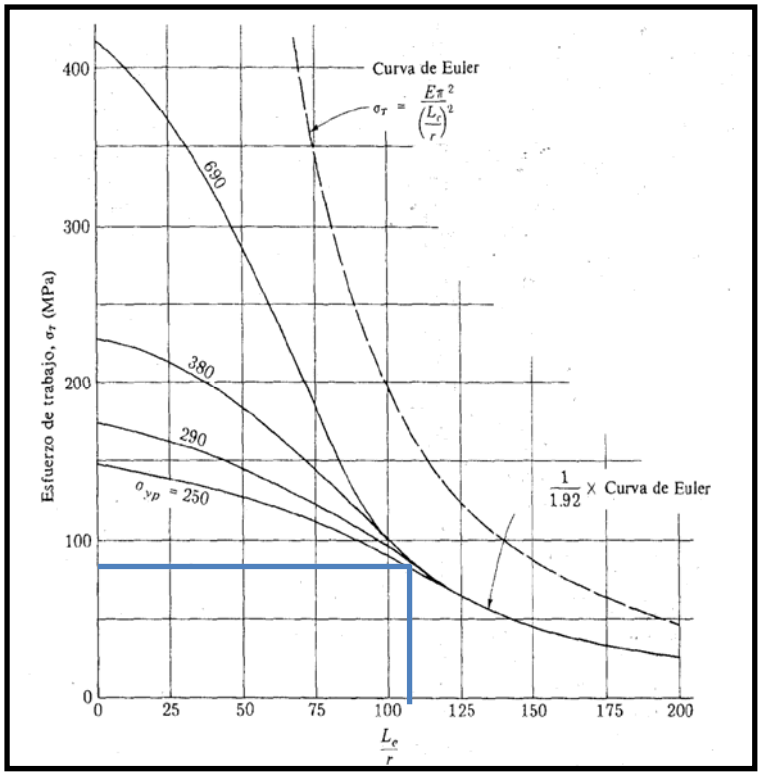


***Figura 3.34*: Diagrama de esfuerzos[109].**

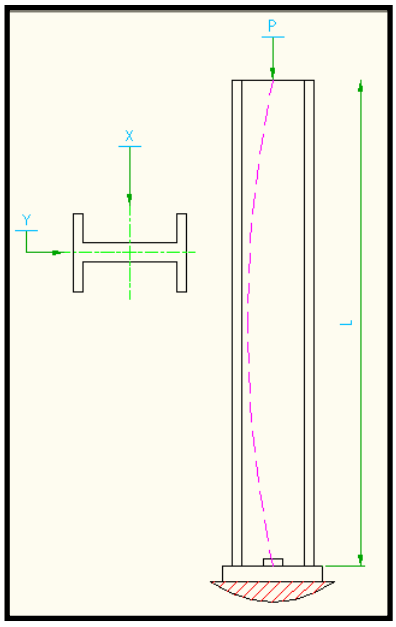


***Figura 3.35*: Pandeo de Columna con respecto a x-x[110].**

[109] Fuente: Resistencia de Materiales de Ferdinand L. Singer. (Pág. 371)

3.29. CALCULO DE LA PLACA BASE DE COLUMNA.

La placa base va soldada al perfil inferior, esta placa base a su vez es anclada a la cimentación por medio de pernos.

Para realizar el cálculo de la placa base se tomo las reacciones en la parte inferior de la columna de soporte. De las reacciones producidas por la carga de servicio incrementada en 2.25 se tomo la que mayor valor.

Utilizando software de análisis de estructuras se obtuvieron las reacciones.

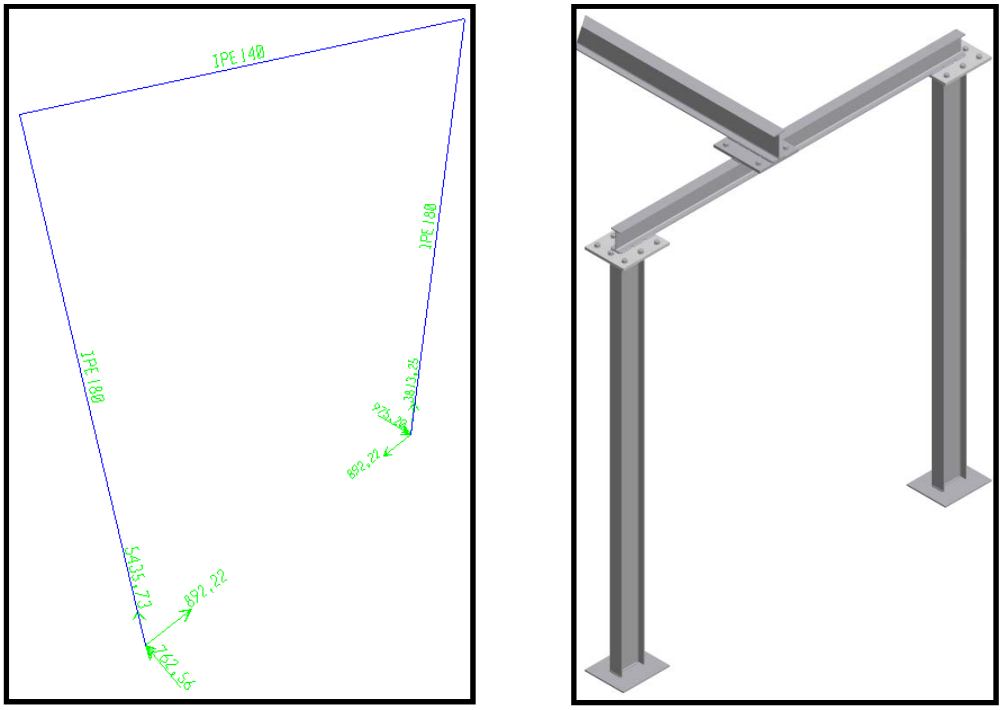


***Figura 3.36*: Reacciones producidas en la columna[111].**

Los datos a considerar para el diseño de la placa son:

P_u = Carga axial 5435.73 [N]

Perfil IPE-180

P= carga de servicio 2305.35 [N]

f= factor de exceso carga de servicio 2.25

[110] Fuente: Autores
[111] Fuente: Autores

a= distancia de la línea de acción de $\boldsymbol{P}$ 1 [m]

M= momento $M = (P * f) * a$

σ= esfuerzo de fluencia del acero A-36 250 [MPa]

σ_c= esfuerzo de fluencia del concreto 28 [MPa]

El área necesaria para la placa base se calcula a continuación fue necesario la ayuda de una hoja de cálculo para facilitar el desarrollo:

- Suponiendo que las dimensiones de la zapata (***62 [cm] x 62 [cm]***), cuya área de soporte es mucho más grande que el área de la placa de manera que:

$$\sqrt{\frac{A_{2_{zapata}}}{A_{1_{placa}}}} \geq 2 \qquad \textbf{\textit{[Ecuación 3.62]}}^{112}$$

$$A_{1_{placa}} = \frac{P_u}{1.7\emptyset_c\sigma_c\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}} \qquad \textbf{\textit{[Ecuación 3.63]}}^{113}$$

$$A_{1_{placa}} = 0.0952\ [m^2]$$

Comprobación

$$\sqrt{\frac{0.3844\ [m^2]}{0.0952\ [m^2]}} \geq 2 \quad = \quad 2.01 \geq 2$$

- El área de la placa debe ser mayor al área del perfil

$$A_{1_{placa}} > A_{1_{perfil}}$$

$$A_{1_{perfil}} = hb$$

$$A_{1_{perfil}} = 180\ [mm] * 91\ [mm] = 0.01638\ [m^2]$$

Comprobación

$$0.0952\ [m^2] > 0.01638[m^2]$$

[112] Fuente: Diseño de Estructuras de Acero Mc. Cormac. 2da. Edición. (Pág. 201)
[113] Fuente: Diseño de Estructuras de Acero Mc. Cormac. 2da. Edición. (Pág. 201)

- Calculo de las dimensiones de la placa

$$\Delta = \frac{0.95h - 0.8b}{2}$$

$$\Delta = 0.0491\ [m]$$

$$N = \sqrt{A_{1_{placa}}} + \Delta$$

$$N = 0.358\ [m] \approx 36[cm]$$

$$B = \frac{A_{1_{placa}}}{N}$$

$$B = 0.266[m] = 30\ [cm]$$

- En la siguiente figura se muestran las dimensiones de la placa.

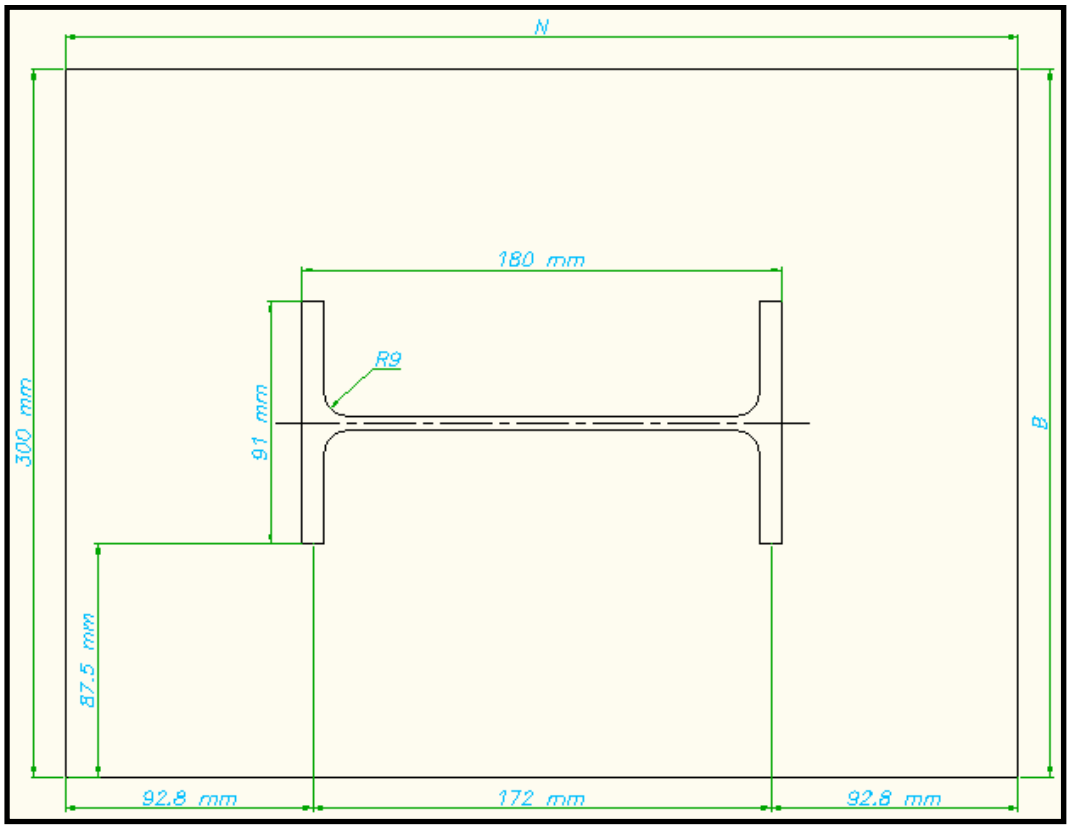


***Figura 3.37*: Dimensiones de placa base[114].**

[114] Fuente: Autores

- Esfuerzo de la placa con el área del concreto en dirección del momento.

$$f = -\frac{P_u}{A} \pm \frac{P_u ec}{I} \qquad \textit{[Ecuación 3.64]}^{115}$$

$$f = \begin{cases} 0.0343377\ MPa\ < \sigma_c = 28\ MPA \\ -0.1485777\ MPa < \sigma_c = 28\ MPA \end{cases}$$

Donde:

e= excentricidad del momento $e = \frac{P_u}{M} = 0.954$

c= distancia del centro a la fibra más lejana = 178.8 [mm]

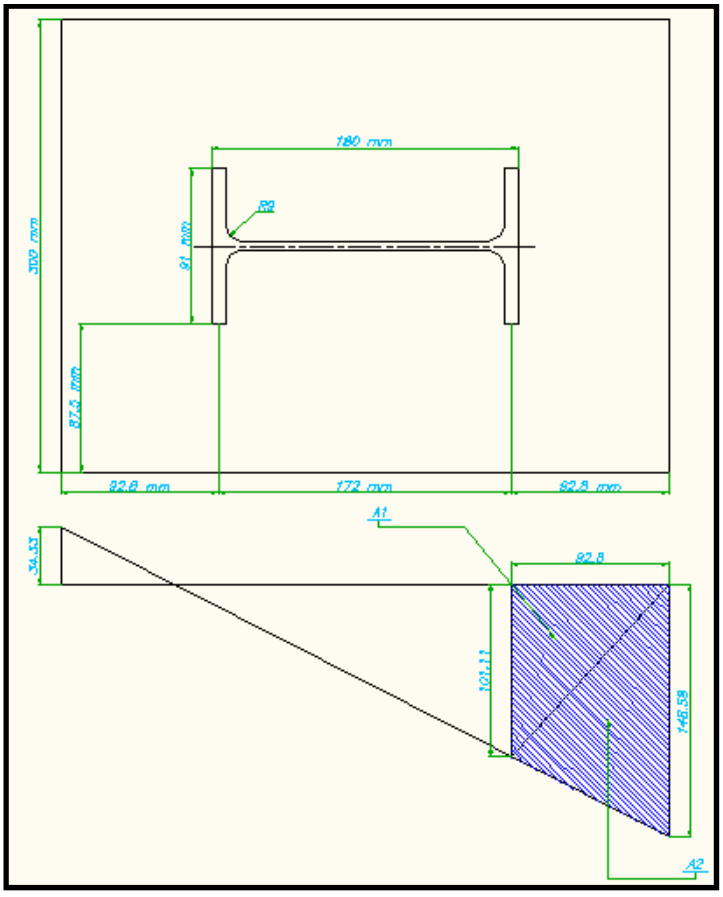
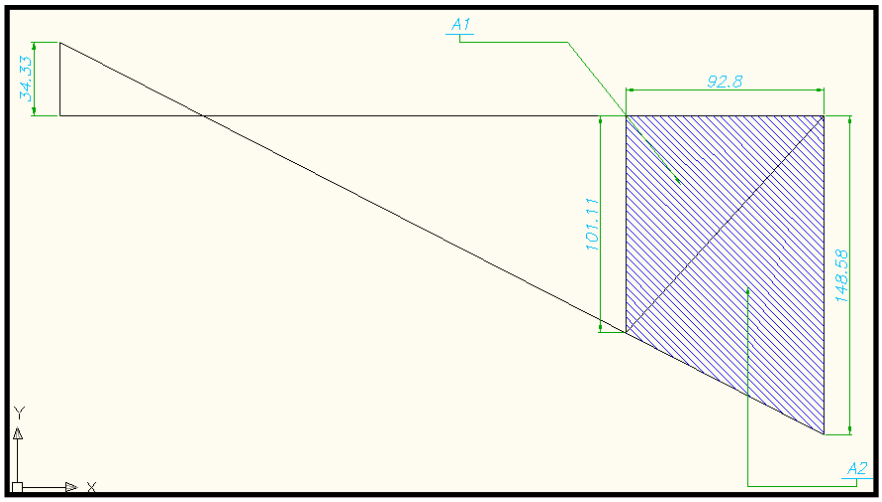


***Figura 3:38*: Área de mayor esfuerzo en la placa[116].**

[115] Fuente: Diseño de Estructuras de Acero Mc. Cormac. 2da. Edición. (Pág. 201)
[116] Fuente: Autores

- Calculo del espesor de la placa

  Tomando momentos a la derecha del patín derecho ver ***(figura 3.38)***.



$$M_u = A_1\left(\frac{A_2}{3}\right) + A_2\left(\frac{2}{3}A_2\right) \quad \textbf{\textit{[Ecuación 3.65]}}^{117}$$

$$M_u = 1698.64\ [Nm]$$

$$t = \sqrt{\frac{6\ M_u}{\emptyset_c \sigma}}$$

$$t = 6.73\ [mm] \approx 7\ [mm]$$

El valor del espesor de la placa base es de 7 mm pero por razones comerciales se escoge el de 9.525 mm. La placa base a utilizar es de 360 x 266 x 9.525 mm

[117] Fuente: Diseño de Estructuras de Acero Mc. Cormac. 2da. Edición. (Pág. 201)

3.30. CALCULO DE PERNOS DE SUJECIÓN DE LA ESTRUCTURA.

Para determinar los pernos que se usaran para unir toda la estructura metálica se utiliza el siguiente procedimiento.

Los datos a considerar para la selección de los pernos:

P=	carga de servicio	2305.35 [N]
f=	factor de exceso carga de servicio 2.25	
σ_{perno}=	esfuerzo del perno de alta resistencia	600 [MPa]

[Ver Anexo Cap. 3: Tabla: 3.21]

El área requerida del perno se sujeción se lo obtiene de la siguiente manera:

$$P = \frac{\pi d_1^2}{4}\sigma_{perno} \qquad \textbf{[Ecuación 3.66]}^{118}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4}{\pi} * \frac{P * f}{0.3\sigma_{perno}}}$$

Donde:

El factor de 0.3 se lo utiliza para pernos de acero aleado.

d_1= diámetro del núcleo del tornillo.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4}{\pi} * \frac{2305.35\ [N] * 2.25}{0.3 * 600\epsilon^6\ [Pa]}}$$

$$d_1 = 6.057\epsilon^{-3}\ [m] = 6.057[mm] \approx \frac{5}{16} in.$$

Por factores de seguridad ***2.4*** se elige un diámetro de [***¾ in***] para unir la estructura ***[Ver Anexo Cap. 3: Tabla: 3.22]***.

[118] Fuente: Diseño de Estructuras de Acero Mc. Cormac. 2da. Edición. (Pág. 350)

Como practica constructiva se emplea una distancia ***g*** del perno al borde de la placa igual al 10-15% de la dimensión longitudinal de la placa base.

$$g = 0.15 * N = 54\ [mm]$$

$$g = 0.15 * B = 45\ [mm]$$

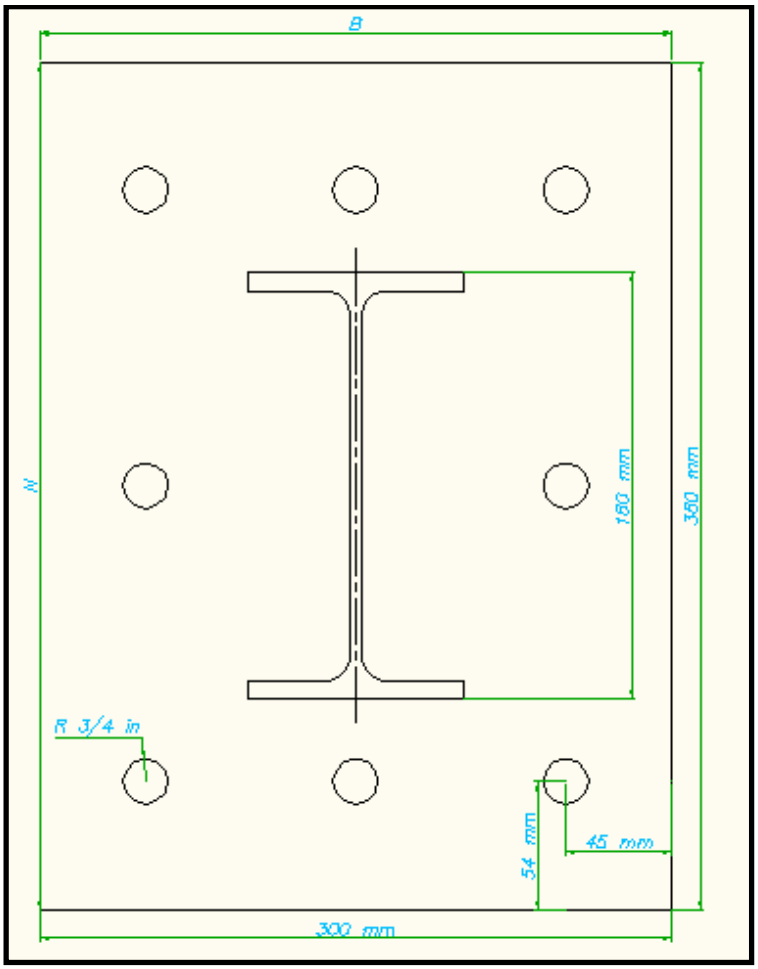


***Figura 3.39*: Disposición de agujeros[119].**

[119] Fuente: Autores

3.31. ANÁLISIS DE LAS PAREDES DE LOS TANQUES DE RECUBRIMIENTO METÁLICOS.

Para determinar el esfuerzo que ejerce el líquido electrolítico en las paredes del tanque metálico se utiliza el siguiente procedimiento.

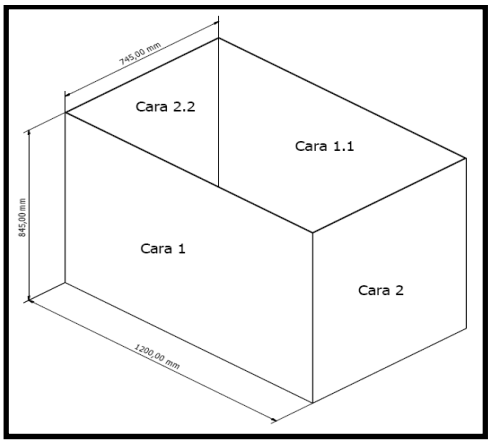


***Figura 3.40*: Dimensión del Tanque de recubrimientos Metálicos[120].**

a) Distribución de la presión sobre las caras del tanque metálico.

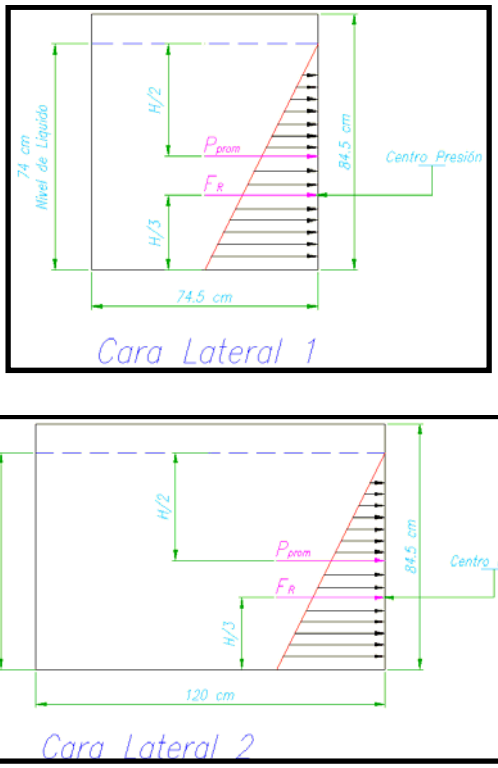


***Figura 3.41*: Distribución de Esfuerzos[121].**

[120] Fuente: Autores

b) Calculo de la magnitud resultante F_R.

$$F_R = \gamma(h/2)A \qquad \textit{[Ecuación 3.67]}^{122}$$

Donde:

γ= peso específico del Liquido se toma como referencia el (agua = 9.81 kN/m^3).

h= Profundidad total del fluido.

A= Área total de la pared.

c) Calculo de la magnitud resultante F_R en la cara 1 y será la misma para la cara 1.1

$$F_R = \gamma(h/2)A$$

$$F_{R_1} = 9.81\frac{kN}{m^3}\left(\frac{0.74\ m}{2}\right)(.74\ m \times 1.2\ m)$$

$$F_{R_1} = 3.22\ kN$$

d) Calculo de la magnitud resultante F_R en la cara 2 y será la misma para la cara 2.2

$$F_R = \gamma(h/2)A$$

$$F_{R_2} = 9.81\frac{kN}{m^3}\left(\frac{0.74\ m}{2}\right)(.74\ m \times .745\ m)$$

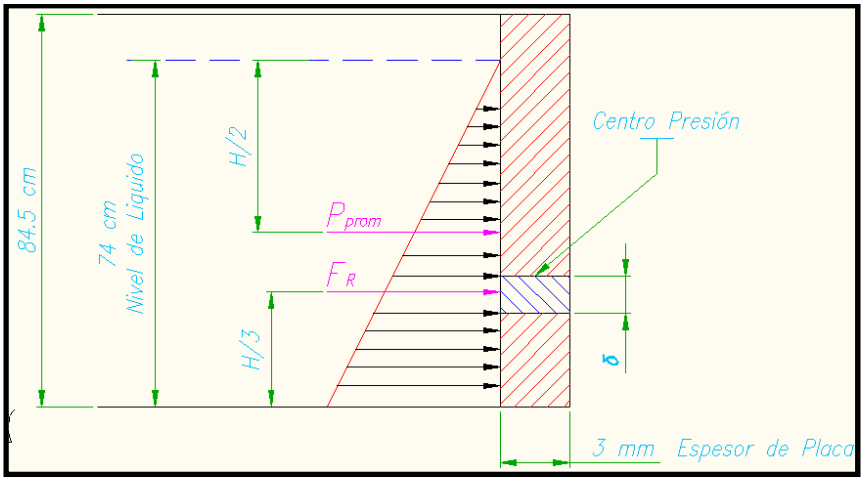
$$F_{R_2} = 2\ kN$$

e) Centro de presión va ser la misma para las 4 caras del tanque.

$$\frac{H}{3} = \frac{0.74\ m}{3} = 0.246\ m = 24.6\ cm$$

[121] Fuente: Autores
[122] Fuente: Mecánica de Fluidos Aplicada. 4ta. Edición. (Pág. 75)

f) Calculo de la deformación de las caras del tanque sin refuerzos laterales.



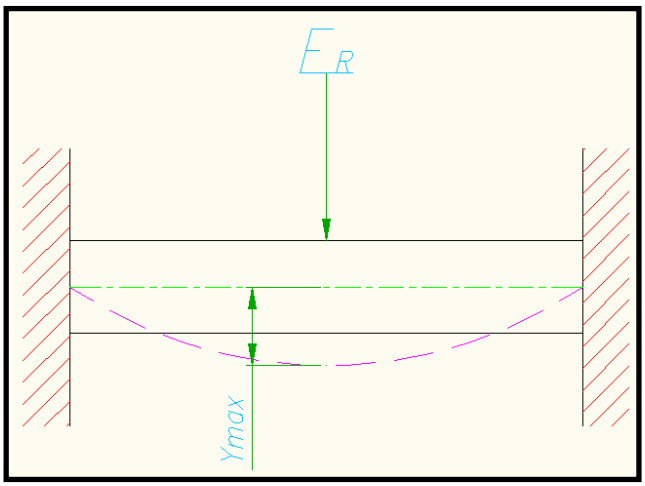


***Figura 3.42*: Distribución de Esfuerzos y Deformación[123].**

- La fuerza resultante [F_R] se encuentra 1/3 de la altura del líquido medido desde la base del tanque, para analizar la deformación se toma un diferencial [δ] ya que se ubica en el centro de presiones y se encuentra la deformación máxima de la pared del tanque.
- El diferencial [δ] se lo representara como una viga empotrada ya que los extremos de la placa del tanque son soldados.

[123] Fuente: Autores

$$y_{max} = \frac{PL^3}{192EI}$$

Donde:

y_{max}= deformación [m].

$P = F_R$= fuerza sobre la pared del tanque.

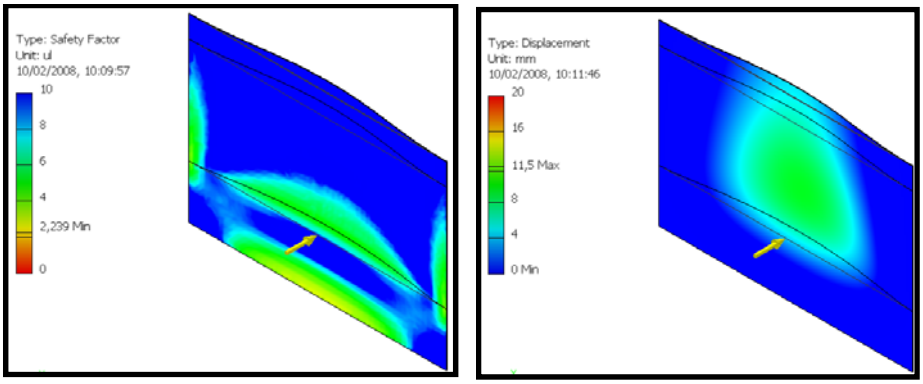
E= modulo de elasticidad del acero Inoxidable ***AISI 302*** de alta resistencia [200 GPa].

I= inercia de la placa. = $I = \frac{1}{12}bh^3 = 2.7\epsilon^{-8}\ m^4$

$$y_{max_1} = \frac{(3220\ [N]) \times (1.2\ [m])^3}{192 \times 200\epsilon^9 \times 2.7\epsilon^{-8}\ m^4} = 0.005366\ [m] = 5.36[mm]$$

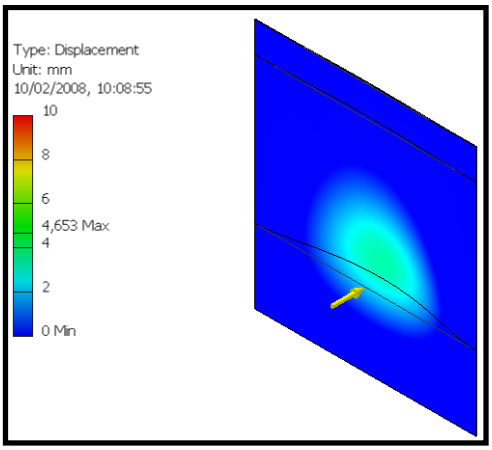
$$y_{max_2} = \frac{(2000\ [N]) \times (.745\ [m])^3}{192 \times 200\epsilon^9 \times 2.7\epsilon^{-8}\ m^4} = 0.00476\ [m] = 4.76[mm]$$

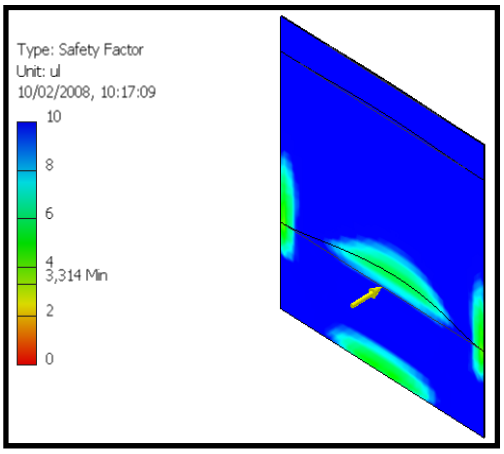
- El valor de 5.36 mm corresponde para la cara 1 y será igual para la cara 1.1 figura 3.40.
- El valor de 4.76 mm corresponde para la cara 2 y será igual para la cara 2.2 figura 3.40.
- Los valores encontrados de deformación en cada una de las caras del tanque son sin refuerzo laterales.
- Los datos obtenidos se analizaran utilizando un software de elementos finitos.
  - Análisis de la cara 1.1 del depósito de la figura 3.40.



En las graficas la placa metálica que corresponde la cara 1.1 tiene una deformación 11.5 mm y un factor de seguridad de 2.2, este análisis es sin refuerzos laterales.

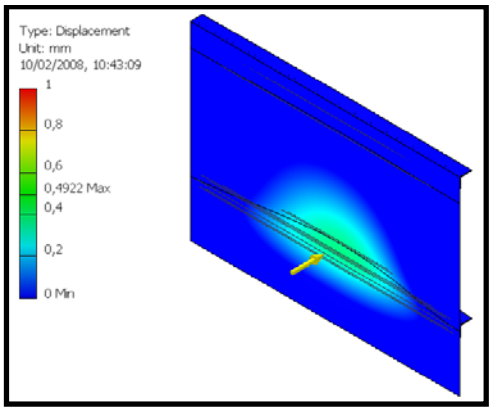
- Análisis de la cara 2 del depósito de la figura 3.40.

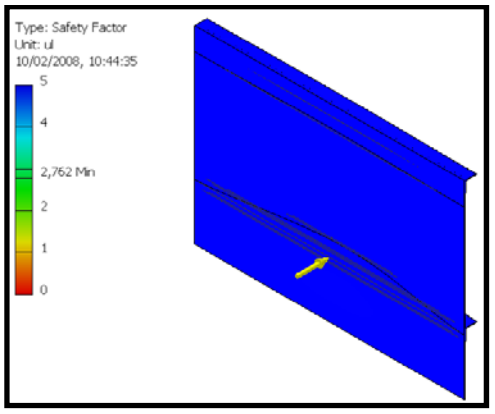




En las graficas la placa metálica que corresponde a la cara 2 tiene una deformación 4.65 mm y un factor de seguridad de 3.3, este análisis es sin refuerzos laterales.

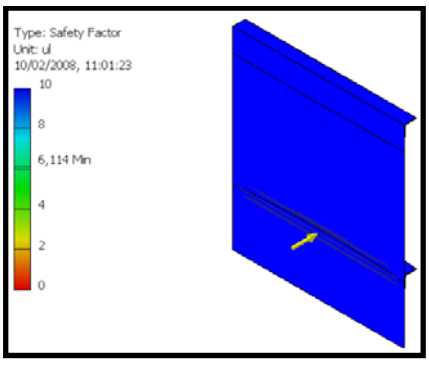
- Análisis de la cara 1.1 con refuerzos laterales de la figura 3.40.

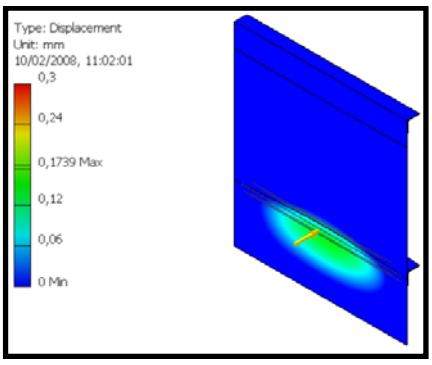




En las graficas la placa metálica que corresponde a la cara 1.1 tiene una deformación 0.5 mm y un factor de seguridad de 2.7, este análisis es con refuerzos laterales disminuyendo considerablemente la deformación en la pared del tanque.

- Análisis de la cara 2 con refuerzos laterales de la figura 3.40.

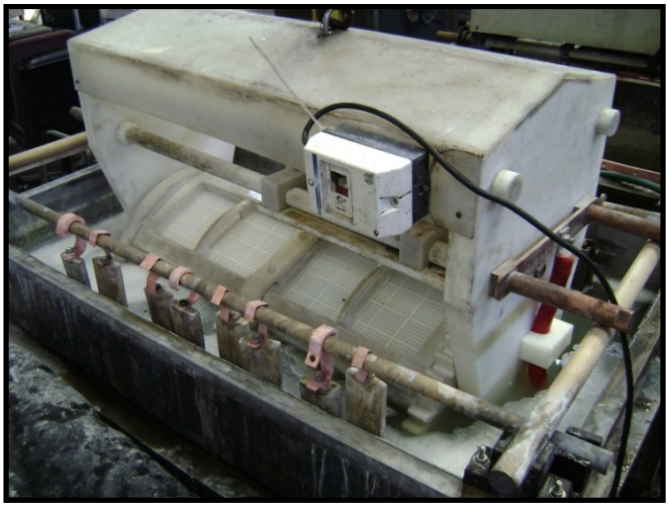




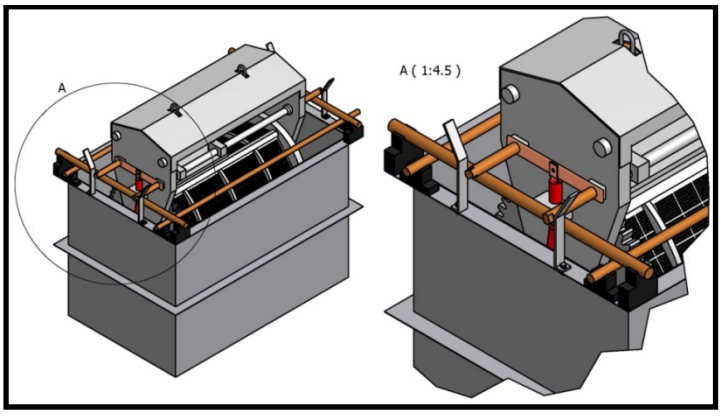
En las graficas la placa metálica que corresponde a la cara 2 tiene una deformación 0.17 mm y un factor de seguridad de 6,2 este análisis es con refuerzos laterales disminuyendo considerablemente la deformación en la pared del tanque.

ANÁLISIS DE LOS DEPÓSITOS DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS:

- Para el diseño del tanque de cada uno de los subprocesos de la línea 5 de recubrimientos metálicos se elegirá el recipiente analizado anteriormente ya que cumple todos requerimientos necesarios de trabajo.
- El tanque analizado anteriormente se encuentra trabajando en condiciones normales, su estructura no presenta ningún daño.



- A cada uno de los tanques se le hará algunas adaptaciones para que haya una buena sujeción entre el tambor y el tanque.



3.32. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL PUENTE GRÚA.

El transportador automático es diseñado de tal forma que el sistema resulte flexible para adaptarse a cualquier tipo de proceso, secuencia y a su vez que sea robusto ante los cambios y perturbaciones. En general, el proceso a ser aplicado está compuesto por "n" etapas, la mayoría de las veces las etapas críticas son la primera y la última. La primera, por ser la de reconocimiento y arranque del sistema, y la última por ser la de reinicio, para este caso. La forma de alimentación y la descarga, dependen tanto del peso y del tipo de producto a transportar, como del tipo de tratamiento que se quiera realizar.

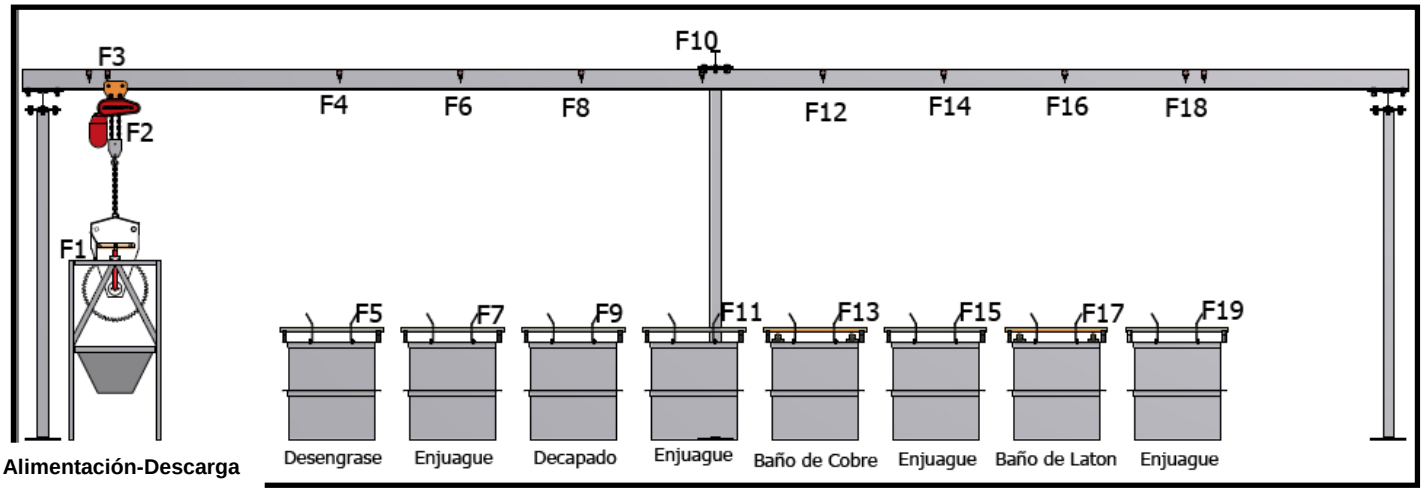


***Figura 3.43*: Esquema de las etapas de procesos secuenciales[124].**

En la figura 3.43, se observa el transporte, que inicia en la etapa Alimentación-Descarga va avanzando consecutivamente, deteniéndose un tiempo específico en cada una de las etapas. Finalmente, al llegar a la etapa (n), culmina el proceso y regresa a la posición inicial, donde se realiza la descarga y queda disponible para iniciar nuevamente. Para asegurar la posición y el avance del trole a lo largo de la viga, se fijaron los finales de carrera electromecánicos, que indican la presencia o ausencia del mismo.

El transportador bidimensional, fue diseñado con una redundancia, con el fin de tener robustez, seguridad y confiabilidad en el sistema. Se ubicaron dos finales de carrera por cada una de las etapas.

[124] Fuente: Autores

La etapa inicial por ser una de las más críticas, debido a que funciona en las dos direcciones, es la etapa que contiene cuatro detectores de señal, uno para cada rueda como se muestra en la figura 3.44.

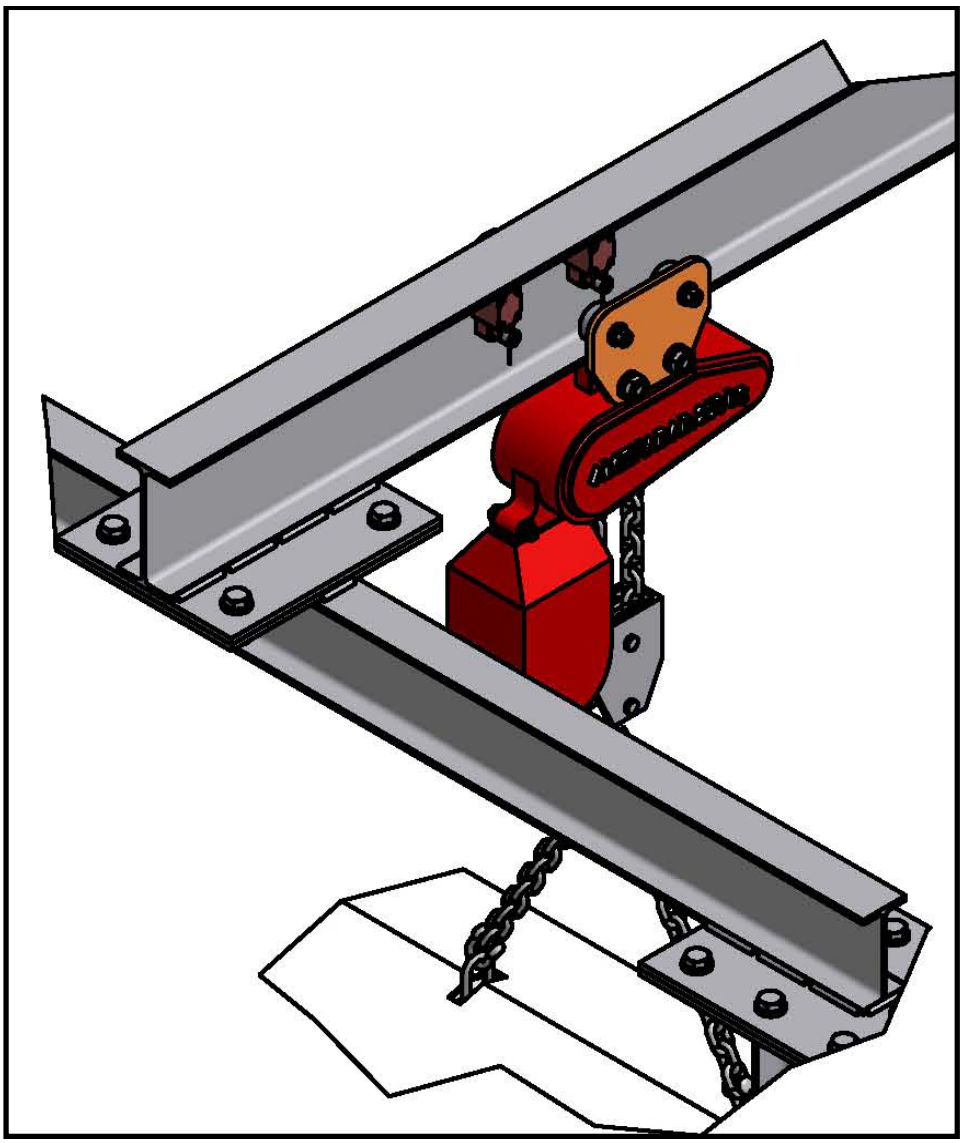


***Figura 3.44*: Ubicación de finales de carrera sobre la viga[125].**

[125] Fuente: Autores

3.32.1. ELEMENTOS DE GOBIERNO DEL PUENTE GRÚA MEDIANTE "PLC"

Se entiende por controlador lógico programable "PLC", a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales, también se lo conoce como una memoria programable que almacena instrucciones para implementar funciones especificas de control de maquinas.

Para el control del puente grúa se necesitara los siguientes elementos:

Finales de Cerrera:

Tipo: Bigote de gato-retorno por muelle.

Cantidad: 22.

Características Generales:

- Final de carrera de baja fuerza de operación.
- Fácil instalación, fácil respuesta de servicio, robustez, fiabilidad.

Características de empleo:

- Frecuencia máxima 3600 ciclos/h.
- Vida mecánica 10 millones de ciclos.
- Fusible de protección de corto circuito de 10 A.
- Temperatura de funcionamiento de -25º…..+75ºC
- Apto para ambientes agresivos.

***Figura 3.45*: Final de Carreta Tipo Bigote de Gato[126].**

[126] Fuente: Allen-Bradley

Finales de carrera:

Tipo: Interruptor de proximidad Inductivo.

Cantidad: 20.

Características Generales:

- Fácil instalación, fácil respuesta de servicio, robustez, fiabilidad.
- Detección de metales ferrosos y no ferrosos, polímeros, etc.
- Resistente a la corrosión.

Características de empleo:

- Rango de operación 0… 60 mm.
- Consumo nominal 0.8 ma.
- Tensión de operación 10-30 V CD.
- Temperatura de funcionamiento entre -25º…. + 55 ºC
- Apto para ambientes agresivos.

***Figura 3.46*: Interruptor de proximidad Inductivo [127].**

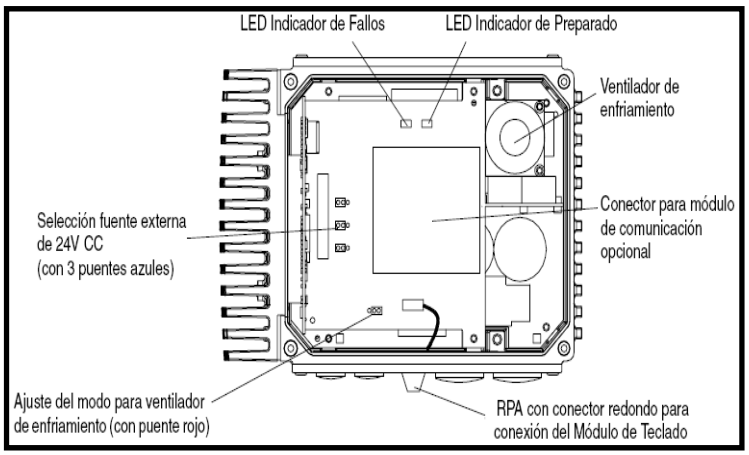
Variador de Frecuencia:

El siguiente variador de frecuencia controlara la velocidad de traslado y elevación del tambor de recubrimientos metálicos durante todo el proceso.

[127] Fuente: Allen-Bradley

Cantidad: 1.

Características Generales:



Características de Conexión:

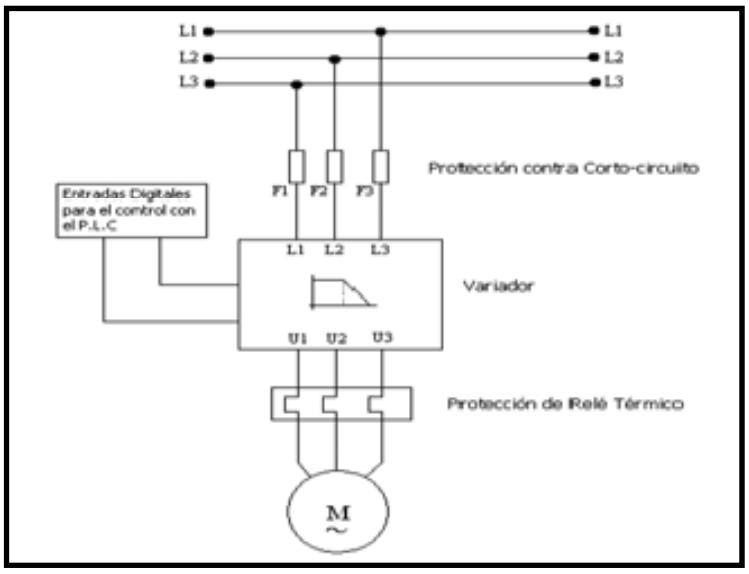


***Figura 3.47*: Variador de Frecuencia[128].**

Los elementos seleccionados ayudaran a un mejor control del puente grúa, aumentando considerablemente la eficiencia del mismo.

[128] Fuente: Allen-Bradley

3.32.2. CONTROL DEL PUENTE GRÚA POR MEDIO DEL PLC.

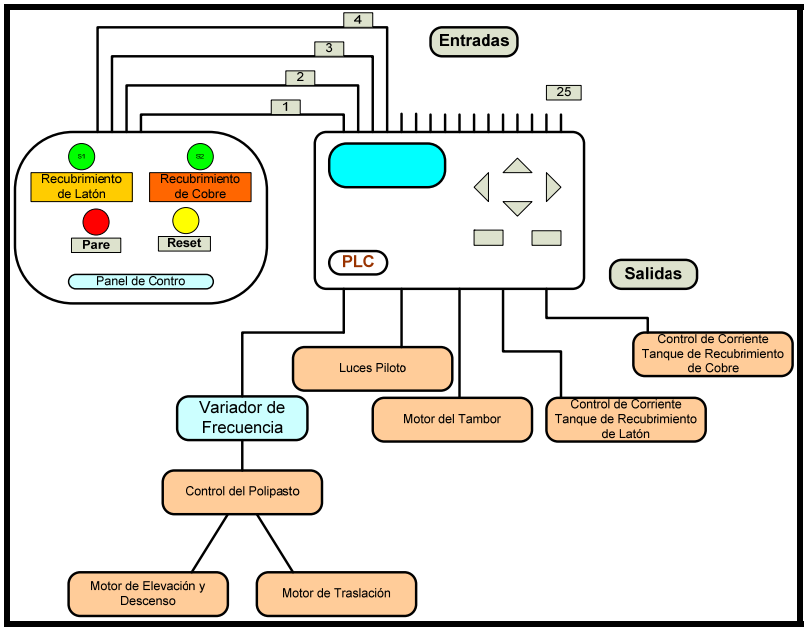


***Figura 3.48*: Esquema Simplificado del Control del Puente Grúa mediante PLC[129].**

Características del PLC a seleccionar.

- Una memoria RAM interna de seguridad que puede guardar toda la aplicación durante un corte de electricidad, y ampliarse mediante una tarjeta de memoria (RAM o Flash).
- Consola de programación que nos permite introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.
- Unidad central de proceso (CPU) encargada de procesar el programa de usuario que le introducimos.
- Fusible de circuito de alimentación.
- LED de visualización de presencia.
- Modulo de entradas y salidas, para nuestro control se necesita 25 entradas y 6 salidas, por una posible ampliación se necesitaría a 30 entradas y el doble de número de salidas.
- Dispositivos periféricos como nuevas unidades de E/S, Memoria y unidades de comunicación.

[129] Fuente: Autores

3.33. ANÁLISIS DEL DISEÑO:

- Con el presente diseño se mejorara el control de tiempos en cada uno de los depósitos, aumento de la producción y el ambiente de trabajo ya que el operador no tendrá contacto con los gases nocivos que emanan los depósitos.
- Todos los elementos que componen el puente grúa y depósitos están sobre dimensionados para una mayor seguridad y durabilidad del equipo.
- Para aumentar la velocidad de elevación y translación del polipasto se recomienda instalar un variador de frecuencia que este a subes es controlado por el PLC.

CAPITULO 4

ANÁLISIS ECONÓMICO.

4.1. INTRODUCCIÓN:

En el presente capitulo se realizara el análisis económico del proyecto que abarca las dos maquinas que corresponden a la línea 1 y línea 5 de producción de la empresa ***METAL PRINT "NARVÁEZ"***, con las cuales se pretende mejorar la productividad y las condiciones de trabajo, por lo tanto se realizara un desglose de los precios de cada una de las maquinas.

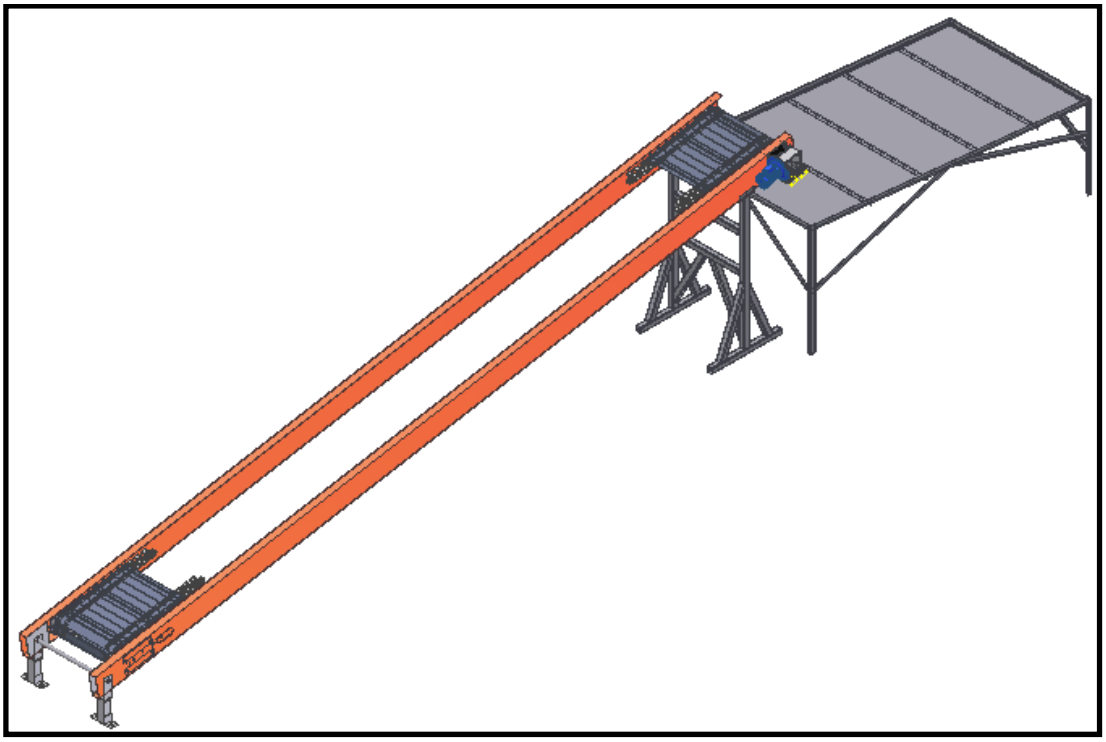
- Costo de materiales.
- Costo de hora maquina.
- Costo de mano de obra directa.
- Costo de mano de obra indirecta.
- Costo por imprevistos.
- Costo por indirectos de fabricación.

Hay que tener muy en cuenta que todos los materiales y elementos para la construcción de las dos maquinas se encuentran disponibles en el medio y en las diferentes casas comerciales, facilitando una rápida construcción e instalación.

Lo que corresponde a la mano de obra indirecta es el diseño de las dos maquinas (dibujos detallados) y la inspección del proyecto cuando se esté construyendo que estará a cargo de los diseñadores, el valor que se puede estimar es del 1,5% que se puede presentar en el momento de la realización del proyecto.

El valor por costos indirectos de fabricación será del 15%, este valor incluirá gastos administrativos y la ganancia prevista por la construcción de cada máquina.

4.2. COSTO DE LA BANDA TRANSPORTADORA Y MESA DE DESCARGA.



BANDA TRANSPORTADORA.

Costo de hora máquina.

MÁQUINA	COSTO/HORA	N° HORAS	PRECIO TOTAL
Taladro pedestal	4	6	24
Fresadora	8	16	128
Oxicorte	7	8	56
Torno	8	36	288
Rectificadora	15	18	270
Soldadora Eléctrica	10	90	900
Soldadora MIG	12	70	840
TOTAL			**2506**

Tabla 4.1: **Costo de maquinaria necesaria para la construcción de banda transportadora[1].**

[1] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.

Costo de mano de obra directa e indirecta y materiales de la banda transportadora.

Descripción del Trabajo	ESTRUCTURA DE LA BANDA TRANSPORTADORA			
N. DE HORAS	**MANO/OBRA DIRECTA**		**V. UNITARIO**	**V./TOTAL**
160,00	Tecnólogo en estructura		4,20	672,00
16,00	Eléctrico		5,00	80,00
160,00	Ayudante en estructura		2,10	336,00
32,00	Diseñador mecánico		4,80	153,60
			TOTAL:	**1.241,60**
N° HORAS	**MANO DE OBRA INDIRECTA**		**V. UNITARIO**	**V/TOTAL**
160	Ingeniero (Supervisor)		6	960
			TOTAL:	**960,00**
CANTIDAD	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**P. UNITARIO**	**TOTAL**
2,00	Tubo cuadrado 1 1/2" X 3mm	u	30,00	60,00
2,00	Chumacera de pared 1"	u	8,00	16,00
2,00	Chumacera Soporte tensor 1"	u	16,00	32,00
8,00	Perno cabeza hexagonal G3 M12 X 40	u	0,78	6,24
2,00	Perfil C 150 X 50 X 3	u	38,66	77,32
1,00	Plancha negra 2mm	u	53,22	53,22
1,00	Moto reductor	u	413,00	413,00
8,00	Perno cabeza avellanado G3 M8 X 16	u	0,62	4,96
0,45	metro eje ASSAB705 diámetro 40mm	m	44,50	20,03
0,13	Tubo cuadrado 2" X 3mm	u	34,50	4,31
0,60	Eje Asab 705 diámetro 30mm	m	31,00	18,60
0,13	Platina 2" X 1/4"	u	16,07	2,09
16,00	Arandela plana 8mm	u	0,05	0,80
8,00	Arandela de presión 8mm	u	0,05	0,40
16,00	Arandela plana 12mm	u	0,05	0,80
8,00	Arandela de presión 12mm	u	0,05	0,40
8,00	Tuerca M12	u	0,15	1,20
8,00	Tuerca M8	u	0,15	1,20
1,50	metro de Eje Asab 705 diámetro 19mm	m	14,30	21,45
0,25	Plancha negra 12mm	u	406,17	101,54
0,13	Metro Perfil L 50mm X 1/4"	m	28,65	3,72
0,10	metro Bronce fosfórico 1"	m	89,76	8,98
0,05	metro eje ASSAB705 diámetro 40mm	m	31,00	1,55
7,00	kilo de Electrodo 6011	kg	4,10	28,70
5,00	kilo de Electrodo 7018	kg	4,80	24,00
1,00	Variador de frecuencia	u	196,00	196,00
1,00	Costo de banda más instalación	u	4.708,80	4.708,80
2,00	Pintura anticorrosiva	gl	17,20	34,40
2,00	Fondo gris	gl	14,60	29,20
1,00	Disolvente laca	gl	4,10	4,10
			MATERIALES	**5.875,01**

Tabla 4.2: **Costo de elementos necesarios para la construcción de la banda transportadora[2].**

[2] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.

Costo total de la banda transportadora

MATERIALES	**5.875,01**
MANO/OBRA DIRECTA	**1.241,60**
MANO/OBRA INDIRECTA	**960,00**
COSTO HORA MÁQUINA	**2.506,00**
IMPREVISTOS 2%	**192,45**
INDIRECTOS FABRICACIÓN 15%	**1.587,39**
SUMA	**12.362,45**

MESA DE DESCARGA.

Costo de hora maquina.

MÁQUINA	COSTO/HORA	N° HORAS	PRECIO TOTAL
Taladro pedestal	4	2	8
Oxicorte	7	5	35
Soldadora Eléctrica	10	26	260
Dobladora de Tool	5	3	15
TOTAL			**318**

Tabla 4.3: **Costo de maquinaria necesaria para la construcción de la mesa de descarga[3].**

Costo de mano de obra directa e indirecta y materiales de la mesa de descarga.

Descripción del trabajo	**MESA DE DESCARGA PIEZAS**			
N. DE HORAS			**V. UNITARIO**	**V./TOTAL**
40,00	Soldador		4,00	160,00
40,00	Ayudante Estructura		2,50	100,00
160,00	Diseñador Mecánico		4,80	768,00
			TOTAL:	**1.028,00**
N° HORAS	**MANO DE OBRA INDIRECTA**		**V. UNITARIO**	**V/TOTAL**
40,00	Ingeniero (Supervisor)		6,00	240,00
			TOTAL:	**240,00**
CANTIDAD	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**P/UNITARIO**	**TOTAL**
3,00	Perfil L 30 X 20 X 3	u	8,47	25,41
1,00	Plancha negra 1.5mm	u	42,28	42,28
6,00	Electrodo 6011	kg	4,10	24,60
1,00	Pintura anticorrosiva	gl	17,20	17,20
1,00	Fondo gris	gl	14,60	14,60
0,50	Disolvente laca	gl	4,10	2,05
			MATERIALES	126,14

Tabla 4.4: **Costo de elementos necesarios para la construcción de la mesa de descarga[4].**

[3] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.
[4] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.

Costo total de la mesa de descarga de piezas.

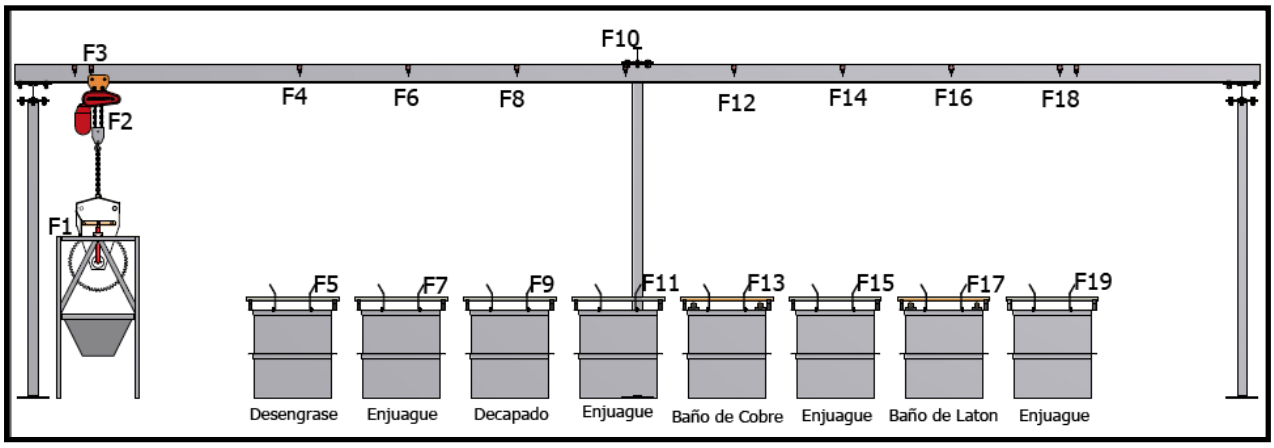
MATERIALES	**126,14**
MANO/OBRA DIRECTA	**1.028,00**
MANO/OBRA INDIRECTA	**240,00**
COSTO HORA MÁQUINA	**318,00**
IMPREVISTOS 2%	**34,24**
INDIRECTOS FABRICACIÓN 15%	**256,82**
SUMA	**2.003,20**

COSTO TOTAL DE LA BANDA TRANSPORTADORA Y MESA DE DESCARGA.

COSTO TOTAL DE LA BANDA TRANSPORTADORA		
Elementos	**Cantidad**	**Costo**
Banda transportadora	2	24724,91
Mesa de descarga	2	4006,41
	Total	**28731,31**

- Hay que tener presente que el valor de 14.365,65 corresponde a una sola banda transportadora por lo tanto hay que multiplicar por dos ya que se instalara en cada una de las maquinas de inyección como se muestra en las fotografías, dando un valor de ***28.731,31***.

4.3. COSTO DEL PUENTE GRÚA Y TANQUES DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.



ESTRUCTURA DEL PUENTE GRÚA

Costo de hora maquina.

MÁQUINA	COSTO/HORA	N° HORAS	PRECIO TOTAL
Taladro pedestal	4	8	32
Fresadora	8	16	128
Oxicorte	7	8	56
Suelda Eléctrica	10	90	900
TOTAL			**1116**

Tabla 4.5: **Costo de maquinaria necesaria para la construcción de la estructura del Puente[5].**

[5] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.

Costo de mano de obra directa e indirecta y materiales de la estructura del Puente Grúa.

Descripción del Trabajo	ESTRUCTURA PUENTE GRÚA			
N. DE HORAS	**MANO DE OBRA DIRECTA**		**V. UNITARIO**	**V./TOTAL**
240,00	Tecnólogo Estructura		4,20	1.440,00
24,00	Programador de PLC		50,00	1.200,00
120,00	Oficial Estructura		2,10	252,00
56,00	Electricista		5,00	280,00
32,00	Diseñador		4,80	153,60
			TOTAL:	**3.325,60**
N° HORAS	**MANO DE OBRA INDIRECTA**		**V. UNITARIO**	**V/TOTAL**
160,00	Ingeniero (Supervisor)		6,00	960,00
			TOTAL:	**960,00**
CANTIDAD	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**P. UNITARIO**	**TOTAL**
4,00	Perfil IPE 180	u	212,18	848,72
2,00	Perfil IPE 140	u	120,00	240,00
54,00	Perno G8 3/4" X 1/2"	u	1,20	64,80
1,00	Plancha negra 10 mm	u	338,50	338,50
8,00	kilo de Electrodo 6011	kg	4,10	32,80
22,00	Finales de carrera tipo bigote de gato	u	50,40	1.108,80
1,00	Polipasto	u	1.700,00	1.700,00
1,00	Variador de frecuencia	u	196,00	196,00
2,00	Disco de desbaste 7"	u	3,8	7,60
2,00	Disco de corte 7"	u	3,5	7,00
2,00	Pintura anticorrosiva	gl	17,2	34,40
1,00	Disolvente laca	gl	4,10	4,10
1,00	PLC de 25 entradas 6 Salidas	u	430,00	430,00
2,00	Fondo gris	gl	14,60	29,20
			MATERIALES	5.041,92

Tabla 4.6: **Costo de elementos necesarios para la construcción de la estructura del Puente Grúa[6].**

Costo total de la Estructura.

MATERIALES	**5.041,92**
MANO/OBRA DIRECTA	**3.325,60**
MANO/OBRA INDIRECTA	**960,00**
COSTO HORA MÁQUINA	**1.116,00**
IMPREVISTOS 2%	**190,15**
INDIRECTOS FABRICACIÓN 15%	**1.426,13**
SUMA	**12.218,92**

[6] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.

ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL TAMBOR.

Costo de hora maquina.

MÁQUINA	COSTO/HORA	N° HORAS	PRECIO TOTAL
Taladro pedestal	4	2	8
Oxicorte	7	4	28
Soldadora Eléctrica	10	36	360
Dobladora de Tool	5	5	25
TOTAL			**421**

Tabla 4.7: **Costo de maquinaria necesaria para la construcción de la estructura de soporte del tambor[7].**

Costo de mano de obra directa e indirecta y materiales de la estructura de soporte del tambor.

Descripción del Trabajo	ESTRUCTURA SOPORTE DEL TAMBOR			
N. DE HORAS			**V. UNITARIO**	**V./TOTAL**
60,00	Tecnólogo de Estructura		4,20	252,00
60,00	Ayudante de Estructura		2,10	126,00
25,00	Diseñador Mecánico		4,80	120,00
8,00	Eléctrico		5,00	40,00
			TOTAL:	**538,00**
N° HORAS	**MANO DE OBRA INDIRECTA**		**V. UNITARIO**	**V/TOTAL**
60,00	Ingeniero (Supervisor)		6,00	360,00
			TOTAL:	**360,00**
CANTIDAD	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**P. UNIT.**	**TOTAL**
3,00	Perfil L 1 1/2" X 1/4"	u	23,77	71,31
2,00	Interruptor de proximidad inductivo	u	60,00	120,00
2,00	Perno Hexagonal M8 X 25	u	0,37	0,74
1,00	Plancha Negra 1,5 mm	u	42,28	42,28
0,13	Platina 1 1/4" X 1/4"	u	9,64	1,21
15,00	Electrodo 6011	kg	4,10	61,50
15,00	Electrodo 7018	kg	4,80	72,00
1,00	Pintura anticorrosiva	gl	17,20	17,20
1,00	Fondo gris	gl	14,60	14,60
0,50	Disolvente laca	gl	4,10	2,05
			MATERIALES	**402,89**

Tabla 4.8: **Costo de elementos necesarios para la construcción de la estructura de soporte del tambor[8].**

Costo total de la estructura de soporte del tambor.

MATERIALES	**402,89**
MANO/OBRA DIRECTA	**538,00**
MANO/OBRA INDIRECTA	**360,00**
COSTO HORA MÁQUINA	**421,00**
IMPREVISTOS 2%	**34,44**
INDIRECTOS FABRICACIÓN 15%	**258,28**
SUMA	**2.014,61**

[7] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.
[8] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.

TANQUE DE PLANCHA NEGRA DE LA LÍNEA DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.

Costo de hora maquina.

MÁQUINA	COSTO/HORA	N° HORAS	PRECIO TOTAL
Taladro pedestal	4	4	16
Fresadora	8	4	32
Oxicorte	7	7	49
Torno	8	4	32
Soldadora Eléctrica	10	60	600
TOTAL			**729**

Tabla 4.9: **Costo de maquinaria necesaria para la construcción del tanque de recubrimiento metálico en plancha negra[9].**

Costo de mano de obra directa e indirecta y materiales del tanque de recubrimiento metálico en plancha negra.

Descripción de Trabajo	TANQUE PLANCHA NEGRA DE LA LÍNEA DE RECUBRIMIENTOS METÁLICO			
N. DE HORAS			**V. UNITARIO**	**V./TOTAL**
80,00	Tecnólogo de estructura		4,20	336,00
80,00	Ayudante de Estructura		2,10	168,00
8,00	Diseñador mecánico		4,80	38,40
8,00	Eléctrico		5,00	40,00
			TOTAL:	**582,40**
N° HORAS	**MANO DE OBRA INDIRECTA**		**V. UNITARIO**	**V/TOTAL**
160,00	**Ingeniero (Supervisor)**		6,00	960,00
			TOTAL:	**960,00**
CANTIDAD	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**P. UNITARIO**	**TOTAL**
2,00	PLATINA 50 mm X 6 mm	u	16,07	32,14
2,00	PLANCHA NEGRA 3mm	u	79,83	159,66
3,00	Acero transmisión 1"	m	8,00	24,00
0,13	Platina 1 1/4" X 1/4"	u	9,64	1,25
4,00	Perno Hexagonal M8 X 25mm	u	0,37	1,48
2,00	Interruptor de proximidad	u	60,00	120,00
4,00	Cauchos base bronce	u	0,95	3,80
5,00	Kilo Electrodo 6011	kg	4,10	20,50
8,00	Kilo Electrodo 7018	kg	4,80	38,40
1,00	Pintura Anticorrosiva	gl	17,20	17,20
0,50	Disolvente laca	gl	4,10	2,05
1,00	Fondo gris	gl	14,60	14,60
			MATERIALES	**435.08**

Tabla 4.10: **Costo de elementos necesarios para la construcción del tanque de recubrimiento metálico en plancha negra[10].**

[9] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.
[10] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.

Costo total del tanque de plancha negra de la línea de recubrimiento metálico.

MATERIALES	**435,08**
MANO/OBRA DIRECTA	**582,40**
MANO/OBRA INDIRECTA	**960,00**
COSTO HORA MÁQUINA	**729,00**
IMPREVISTOS 2%	**54,13**
INDIRECTOS FABRICACIÓN 15%	**405,97**
SUMA	**3.166,59**

- Hay que tener en cuenta que los tanques de plancha negra se los recubrirá con bate piedra para reducir la corrosión, los cuales no van a tener contacto con químicos corrosivos.
- Los tanques de plancha negra van a trabajar con detergentes disueltos en agua, cuyos tanques son los de enjuague y desengrase.

TANQUE DE PLANCHA INOXIDABLE DE LA LÍNEA DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.

Costo de hora maquina.

MÁQUINA	COSTO/HORA	N° HORAS	PRECIO TOTAL
Taladro pedestal	4	4	16
Fresadora	8	4	32
Oxicorte	7	7	49
Torno	8	4	32
Soldadora Eléctrica	10	60	600
TOTAL			**729**

Tabla 4.11: **Costo de maquinaria necesaria para la construcción del tanque de recubrimiento metálico en acero inoxidable[11].**

Costo de mano de obra directa e indirecta y materiales del tanque de recubrimiento metálico en acero inoxidable.

Descripción del Trabajo	TANQUE DE ACERO INOXIDABLE DE LA LÍNEA DE RECUBRIMIENTOS METÁLICO			
N. DE HORAS			**V. UNITARIO**	**V./TOTAL**
90,00	Tecnólogo de estructura		4,20	378,00
90,00	Ayudante de Estructura		2,10	189,00
8,00	Diseñador mecánico		4,80	38,40
8,00	Eléctrico		5,00	40,00
			TOTAL:	**645,40**
N° HORAS	**MANO DE OBRA INDIRECTA**		**V. UNITARIO**	**V/TOTAL**
160,00	**Ingeniero (Supervisor)**		**6,00**	**960,00**
			TOTAL:	**960,00**
CANTIDAD	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**		**TOTAL**
2,00	PLATINA Inox. 50mm X 6mm	u	73,20	146,40
2,00	PLANCHA Inoxidable 3MM	u	480,00	960,00
3,00	BRONCE 1"	m	89,76	269,28
2,00	metro BRONCE 1 1/4"	m	176,00	352,00
0,13	Platina Inox. 1 1/4" X 1/4"	u	56,83	7,39
4,00	Perno Hex. Inox. M8 X 25mm	u	0,89	3,56
2,00	Interrutor de proximidad	u	60,00	120,00
4,00	Cauchos base bronce	u	0,95	3,80
6,00	Kilo Suelda Inoxidable 2.5mm	kg	20,00	120,00
			MATERIALES	**1.982,43**

Tabla 4.12: **Costo de elementos necesarios para la construcción del tanque de recubrimiento metálico en acero inoxidable[12].**

[11] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.
[12] Fuente: Talleres De La Universidad Politécnica Salesiana.

Costo total del tanque de acero inoxidable de línea recubrimiento metálico.

MATERIALES	**1.982,43**
MANO/OBRA DIRECTA	**645,40**
MANO/OBRA INDIRECTA	**960,00**
COSTO HORA MÁQUINA	**729,00**
IMPREVISTOS 2%	**86,34**
INDIRECTOS FABRICACIÓN 15%	**647,52**
SUMA	**5.050,69**

- Hay que tener en cuenta que los tanques de acero inoxidable va tener contacto con químicos durante el proceso de recubrimiento metálico lo cual no es afectado por la corrosión, cuyos tanques serian los de recubrimiento de latón y cobre y el tanque de decapado.

COSTO TOTAL DEL PUENTE GRÚA Y ELEMENTOS QUE LO COMPONEN.

COSTO TOTAL DEL PUENTE GRÚA		
Elementos	**Cantidad**	**Costo**
Estructura del puente grúa	1	12.218,92
Estructura de soporte de tambor	1	2.014,61
Tanque de Acero Inoxidable	3	15.152,07
Tanque de plancha Negra	5	15.832,93
	Total	**45.218,52**

4.4. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El costo total del proyecto involucra ambas maquinas y es la suma de todos los costos de materiales, mano de obra directa e indirecta, imprevistos y finalmente indirectos de fabricación dentro de los cuales se estima un 15% de utilidad y gastos administrativos con la implementación del proyecto.

Rubros	Cantidad.	Material	H. Maquina	Mano de Obra Directa	Mano de Obra Indirecta	Imprevistos	Indirectos de Fabricación	Costo Total
Banda Transportadora	2	11750,02	5012,00	2483,20	1920,00	384,90	3174,78	**24.724,91**
Mesa de Descarga	2	252,28	636,00	2056,00	480,00	68,49	513,64	**4.006,41**
Estructura del Puente Grúa	1	5041,92	1116,00	2389,60	960,00	190,15	1426,13	**12.218,92**
Estructura de Soporte de Tambor	1	402,89	421,00	538,00	360,00	34,44	258,28	**2.014,61**
Tanque de Acero Inoxidable	3	5947,28	2187,00	1936,20	2880,00	259,01	1942,57	**15.152,07**
Tanque de Plancha Negra	5	2175,42	3645,00	2912,00	4800,00	270,65	2029,86	**15.832,93**
TOTAL								**73.949,83**

Tabla 4.13: **Costo total del Proyecto[13].**

[13] Fuente: Autores

4.5. FLUJO DE CAJA

Todo proyecto en la actualidad es analizado por medio de un flujo de caja, es un estudio mediante el cual los resultados obtenidos se analizan y evalúan para ver si el proyecto es factible para su realización.

Al realizar el flujo de caja, es necesario, incorporar principalmente, efectos tributarios de la depreciación, amortización del activo normal, valor residual, utilidades y pérdidas.

Los elementos que conforman el flujo de caja son los siguientes:

EGRESO INICIAL DE FONDOS

Es la cantidad requerida para la realización del proyecto cuya inversión es de ***77.000,00$,*** esta cantidad se lo puede adquirir en una entidad financiera a una tasa de interés del 16% anual, el pago total de la deuda seria de ***89.320,00$*** a cinco años.

INGRESO MENSUAL ESTIMADO

- Para conocer el ingreso mensual de las dos bandas transportadoras se conoce el promedio mensual de producción de ambas maquinas inyectoras que es de 163132 piezas, actual mente la transportación de estas piezas se las realiza manualmente a un costo de 0,05 centavos de dólar, con la implementación de la banda transportadora en las maquinas inyectoras este preció se podría reducir a un costo de 0,04 centavos.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO. UNT.	PRECIO TOTAL
Producción Mensual	163132	0,04	6525,28

Tabla 4.14: **Ingreso Mensual Estimado de la Banda Transportadora[14].**

[14] Elaboración: Autores

- De igual manera para conocer el promedio mensual que generara el puente grúa automático en la línea de recubrimientos metálicos, se conoce que actual mente se produce un promedio 90000 piezas con recubrimiento metálico al mes a un costo de 0,08 centavos de dólar, con la implementación del sistema automático se aumentara la producción promedio de 144000 piezas mensuales a un costo de 0,05 centavos de dólar.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO. UNT.	PRECIO TOTAL
Producción Mensual	**144000**	**0,05**	**7200**

Tabla 4.15: **Ingreso Mensual Estimado del Puente Grúa Automático[15].**

COSTO DE OPERACIÓN MENSUAL DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Los gastos que generara al mes las dos bandas transportadoras se describen a continuación en la siguiente tabla.

DESCRIPCION	Unidad	Cant.	Cant. Manq.	Prec. Unit.	Prec. Total.
COSTO DE LA MANO DE OBRA					
Operadores: 4 personas trabajan en dos turnos rotativos de 8 horas	_	4	2	280	2240
ENERGIA ELECTRICA					
Consumo de energia electrica del motorreductor.	Kwh	143,23	2	0,12	34,38
MANTENIMIENTO					
Costo promedio mensual	_	1	2	350	700
GASTOS ADMINISTRATIVOS					
Personal y gastos de administracion	_	1	2	350	700
TOTAL					**3674,38**

[15] Elaboración: Autores

COSTO DE OPERACIÓN MENSUAL DEL PUENTE GRÚA AUTOMÁTICO

Los gastos que genera al mes el Puente Grúa Automático se describen a continuación en la siguiente tabla.

DESCRIPCION	Unidad	Cant.	Cant. Manq.	Prec. Unit.	PREC. TOTAL
COSTO DE LA MANO DE OBRA	_	1	1	350	350
Operadores: 1 personas					
ENERGIA ELECTRICA	Kwh	895,36	1	0,12	107,44
Consumo de energia electrica del Polipasto, Motor reductor del Tambor,					
MANTENIMIENTO	_	1	1	4600	4600
Costo promedio mensual (quinicos, barras de metal para el recubrimiento, equipo de					
GASTOS ADMINISTRATIVOS	_	1	1	350	350
Personal y gastos de administracion					
TOTAL					**5407,44**

4.6. FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO

Para conocer si es factible el proyecto, es necesario analizar los indicadores de inversión que es el valor neto ***(V.A.N.)*** y la tasa de retorno ***(T.I.R.)***.

El valor neto ***(V.A.N.)*** representa el interés de pagos a futuro a una tasa de interés del 16% anual, y que corresponde también a pagos adicionales a raíz de la inversión.

Por Valor Actual Neto de una inversión se entiende la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial, si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto. Un VAN nulo significa que la rentabilidad es cero ocasionando pérdidas por lo cual el proyecto no es aceptable.

Se denomina Tasa Interna de Rentabilidad ***(T.I.R.)*** a la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto ***(V.A.N.)*** de una inversión sea igual a cero. ***(V.A.N. =0)***.

Este método considera que una inversión es aconsejable si el T.I.R. resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una T.I.R. mayor.

A continuación se realizara el flujo de caja por separado tanto para la banda transportadora de la línea 1 de Inyección de Metal Caliente, como del Puente Grúa Automático para línea 5 de recubrimientos metálicos.

4.7. FLUJO DE CAJA DE LA BANDA TRANSPORTADORA.

FLUJO DE CAJA PARA LA BANDA TRANSPORTADORA						
DESCRIPCIÓN	**AÑO 0**	**AÑO 1**	**AÑO 2**	**AÑO 3**	**AÑO 4**	**AÑO 5**
INGRESOS		**78303,36**	**78303,36**	**78303,36**	**78303,36**	**78303,36**
Ventas		48303,36	77488,14	96042,11	104281,06	111605,18
EGRESOS AFECTADOS POR IMPUESTOS	**-30000,00**	**-51052,51**	**-51133,02**	**-56763,15**	**-53513,28**	**-54883,41**
Préstamo	30000,00	6960,00	6960,00	6960,00	6960,00	6960,00
Costo Mano de Obra	0,00	26880,00	14520,00	19800,00	15840,00	16500,00
Consumo Energético	0,00	412,51	13573,02	14163,15	14753,28	15343,41
Mantenimiento	0,00	8400,00	3120,00	2880,00	3000,00	3120,00
Gastos Administrativos	0,00	8400,00	12960,00	12960,00	12960,00	12960,00
GASTO NO DESEMBOLSABLE	**0,00**	**-2585,82**	**-2585,82**	**-2585,82**	**-2585,82**	**-2585,82**
Depreciación Banda Transportadora	0,00	2225,24	2225,24	2225,24	2225,24	2225,24
Depreciación Mesa de descarga	0,00	360,58	360,58	360,58	360,58	360,58
UTILIDAD ANTES DE PARTICIPACIÓN	**-30000,00**	**-5334,97**	**23769,30**	**36693,14**	**48181,96**	**54135,95**
Participación Trabajadores (15%)	0,00	800,24	-3565,40	-5503,97	-7227,29	-8120,39
UTILIDAD DESPUÉS DE PARTICIPACIÓN	**-30000,00**	**-4534,72**	**20203,91**	**31189,17**	**40954,66**	**46015,55**
Impuestos (25% Impusto a la Renta)	0,00	1133,68	-5050,98	-7797,29	-10238,67	-11503,89
UTILIDAD DESPUÉS DEL IMPUESTO	**-30000,00**	**-3401,04**	**15152,93**	**23391,88**	**30716,00**	**34511,67**
Ajuste por Gastos No Deseables	0,00	-2585,82	-2585,82	-2585,82	-2585,82	-2585,82
Egresos No Afectados por Impuestos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficios No Afectador por Impuestos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FLUJO DE CAJA	**-30000,00**	**-815,22**	**17738,75**	**25977,70**	**33301,82**	**37097,48**
INVERSIÓN	-30000,00					
TASA	12%					
VAN	**$ 44.117,8**					
TIR	**45%**					

Tabla 4.16: **Factibilidad Económica de la Banda Transportadora[16].**

Del balance se puede analizar que el ***(VAN)*** es de 44.117,8 a cinco años lo que indica que es viable el proyecto.

Analizando el ***(TIR)*** se puede observar que la tasa de retorno es mayor a la establecida con un porcentaje del 45% lo que es rentable el proyecto.

El porcentaje de rentabilidad que tendrá la banda transportadora será de:

$$Rent.(\%) = \frac{VAN}{PRESTAMO} * 100\% \qquad Rent.(\%) = \frac{44117.8}{30000} * 100\% = 147.\%$$

[16] Elaboración: Autores

4.8. FLUJO DE CAJA DEL PUENTE GRÚA AUTOMÁTICO.

FLUJO DE CAJA PARA EL PUENTE GRÚA AUTOMÁTICO						
DESCRIPCIÓN	**AÑO 0**	**AÑO 1**	**AÑO 2**	**AÑO 3**	**AÑO 4**	**AÑO 5**
INGRESOS		**95040,00**	**95040,00**	**95040,00**	**95040,00**	**95040,00**
Ventas		48040,00	78822,51	111653,01	128993,24	142119,43
EGRESOS AFECTADOS POR IMPUESTOS	**-47000,00**	**-75793,32**	**-55077,02**	**-60707,15**	**-57457,28**	**-58827,41**
Préstamo	47000,00	10904,00	10904,00	10904,00	10904,00	10904,00
Costo Mano de Obra	0,00	4200,00	14520,00	19800,00	15840,00	16500,00
Consumo Energético	0,00	1289,32	13573,02	14163,15	14753,28	15343,41
Mantenimiento	0,00	55200,00	3120,00	2880,00	3000,00	3120,00
Gastos Administrativos	0,00	4200,00	12960,00	12960,00	12960,00	12960,00
GASTO NO DESEMBOLSABLE	**0,00**	**-4069,67**	**-4069,67**	**-4069,67**	**-4069,67**	**-4069,67**
Depreciación Estructura del Puente Grúa	0,00	1099,70	1099,70	1099,70	1099,70	1099,70
Depreciación Estructura de Soporte de Tambor	0,00	181,31	181,31	181,31	181,31	181,31
Depreciación Tanque Inox.	0,00	1363,69	1363,69	1363,69	1363,69	1363,69
Depreciación Tanque de Plancha Negra.	0,00	1424,96	1424,96	1424,96	1424,96	1424,96
UTILIDAD ANTES DE PARTICIPACIÓN	**-47000,00**	**-31822,98**	**19675,83**	**46876,19**	**67466,29**	**79222,35**
Participación Trabajadores (15%)	0,00	4773,45	-2951,37	-7031,43	-10119,94	-11883,35
UTILIDAD DESPUÉS DE PARTICIPACIÓN	**-47000,00**	**-27049,54**	**16724,46**	**39844,76**	**57346,35**	**67339,00**
Impuestos (25% Impusto a la Renta)	0,00	6762,38	-4181,11	-9961,19	-14336,59	-16834,75
UTILIDAD DESPUÉS DEL IMPUESTO	**-47000,00**	**-20287,15**	**12543,34**	**29883,57**	**43009,76**	**50504,25**
Ajuste por Gastos No Deseables	0,00	-4069,67	-4069,67	-4069,67	-4069,67	-4069,67
Egresos No Afectados por Impuestos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficios No Afectador por Impuestos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FLUJO DE CAJA	**-47000,00**	**-16217,49**	**16613,01**	**33953,24**	**47079,43**	**54573,91**
INVERSIÓN	-47000,00					
TASA	12%					
VAN	**$ 36.817,7**					
TIR	**28%**					

Tabla 4.17: **Factibilidad Económica del Puente Grúa Automático[17].**

Del balance se puede analizar que el ***(VAN)*** es de 36.817,7 a cinco años lo que indica que es viable el proyecto.

Analizando el ***(TIR)*** se puede observar que la tasa de retorno es mayor a la establecida con un porcentaje del 28% lo que es rentable el proyecto.

El porcentaje de rentabilidad que tendrá la banda transportadora será de:

$$Rent.(\%) = \frac{VAN}{PRESTAMO} * 100\% \qquad Rent.(\%) = \frac{36.817,7}{47000} * 100\% = 78,33\%$$

[17] Elaboración: Autores

4.9. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO:

- La realización de ambas maquinas tendría grandes beneficios para la fábrica ya que se reducirá los costos, aumento de producción y mejorara el ambiente de trabajo para los operarios.

CONCLUSIONES

- Los problemas más frecuentes que existen en la línea 1, son la interferencia piezas en el piso y la tarea de transportar las piezas realizada por el operario de la maquina, por lo cual ocasiona una pérdida de tiempo de 7 horas al mes, estos problemas se eliminaran y habrá una reducción considerable del tiempo del 70 % al momento de implementar la banda transportadora.

- En la línea 5 de recubrimientos metálicos las diferentes dimensiones que tienen los tanques, provoca que no haya una buena sujeción del tambor, este problema se solucionara construyendo tanques a una sola dimensión y adaptándole elementos guías para un buen acople del tambor.

- Los vapores que emanan cada uno de los tanques son tóxicos provocando daños en la salud del operario, esto se puede evitar implementando un sistema automático para el proceso de recubrimientos metálicos, el cual el operario no tendrá contacto con los gases ya que será controlado por un PLC.

- Al analizar los diferentes tipos de transportadores que existen en la actualidad se eligió el transportador de tablillas metálicas, tiene la capacidad de transportar piezas a una temperatura de 150 ºC a 1000 ºC sin que se presenten daños en los mecanismos, las piezas que son inyectadas en la línea 1 tiene una temperatura de 200 ºC a 250 ºC, además al motor de accionamiento del transportador se le incluirá un variador de frecuencia para la regulación de la velocidad de acuerdo a la velocidad de producción de la inyectora.

- En los elementos para el control automático se eligieron, un PLC de fácil programación, los finales de carrera son mecanismo sensible al tacto y serán ubicados en el riel del puente que controlara la posición del polipasto, el interruptor de proximidad resiste ambientes agresivos y su rango de operación es de 0-60 mm y se ubicaran en los tanques que controlaran la posición del tambor.

- Al diseñar cada una de las maquinas se escogió como marco de referencia los resultados obtenidos del análisis del capítulo uno, tanto los elementos y mecanismos fueron seleccionados de acuerdo al cálculo de esfuerzos que van a soportar en función de la capacidad de producción.

- En el análisis de flujo de caja para la banda transportadora se tiene una rentabilidad del 45% mientras que para el puente grúa automático hay una rentabilidad del 28% estos resultados son obtenidos en el transcurro de 5 años al momento de su implementación, durante este tiempo el costo que tiene ambos proyectos que sería de ***SETENTA Y SIETE MIL DÓLARES*** se financiaría sin ningún problema.

- El valor de ***SETENTA Y SIETE MIL DÓLARES*** que interviene para el desarrollo del proyecto fue analizado por el gerente de la empresa y observo que los valores obtenidos en el flujo caja presenta ganancias al segundo año de a ver implementado el proyecto por lo que vio factible el proyecto.

- La empresa **METAL PRINT NARVÁEZ** pretende implementar este proyecto a futuro por que pudo ver los beneficios que puede obtener tanto en la reducción de tiempos de producción y en las ganancias que pueden obtener, ya que son diseños aptos para sus instalaciones.

RECOMENDACIONES

- Al momento de realizar la construcción del sistema de transporte y del puente grúa automático de deberá contratar personal calificado en la rama de diseño y montaje mecánico, programador de PLC, para garantiza el éxito del proyecto.

- Los sensores se tendrán que conectar en paralelo ya que en cada posición existen dos por seguridad en caso de que uno de los dos falle, se tendrá que inspeccionar el sistema eléctrico y la programación en el PLC para evitar daño en los equipos e interferencias con los elementos.

- La estructura del puente y depósitos para la línea 5 de recubrimientos metálicos deberán estar protegidos por pintura anticorrosiva, para evitar oxidación y proteger de los gases corrosivos.

- En el momento que estén funcionamiento ambas maquinas efectuar inspecciones periódicas en las zonas donde hay desgaste, toda inspección deberá registrarse en un historial de averías, para realizar el respectivo mantenimiento.

- El supervisor de área tendrá que cumplir y hacer cumplir las normas básicas de seguridad industrial. colocando afiches en cada una de las maquinas visualizando limites de carga, velocidad, sirenas y luces de colores que indiquen maquina en funcionamiento, parada y realice la alimentación y descarga de la misma.

- Los costos de materiales para la construcción de ambas maquinas deberán ser actualizadas a la fecha actual ya que estos varían constantemente.

BIBLIOGRAFÍA:

BACA U. GABRIEL **INTRODUCCIÓN ING. INDUSTRIAL.** GRUPO EDITORIAL PATRIA MÉXICO 1 ED. 2007.

ERDMAN, ARTHUR G. ***DISEÑO DE MECANISMOS.*** PRENTICE HALL HISPANOAMÉRICA MEXICO 3 ED. 1998.

FERDINAND L. BEER. ***MECÁNICA DE MATERIALES.*** MC GRAW HILL 4 ED.

FERDINAND L. SINGER. ***INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SÓLIDOS.*** HARLA MEXICO.

GARCÍA MORENO. ***AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES.*** ALFAOMEGA GRUPO EDITORES MEXICO 2001.

R. C. HIBBELER. ***MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIERO.*** PEARSON EDUCACIÓN. 10 ED.

ROBERT L. MOTT. ***DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS.*** PEARSON EDUCACIÓN. 2 ED.

ROBERT L. NORTON. ***DISEÑO DE MAQUINAS.*** PEARSON EDUCACIÓN.

PIEDRAFITA MARCO RAMÓN. ***INGENIERÍA DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.*** ALFAOMEGA GRUPO EDITOR MEXICO 2001.

SULE DILEEP P. ***INSTALACIONES DE MANUFACTURA.*** INTERNACIONAL EDITORES MEXICO 2do ED. 2001.

PAGINAS DE INTERNET.

WWW.***AMENABAR.NET*** ***e-mail: amenabar@amenabar.net***

HTTP://WWW.***AMBIENTEPLASTICO.COM***/ARTMAN/PUBLISH/ARTICLE_487.PHP.

HTTP://WWW.CORTALAMINA.COM.MX/ESPANOL/MENU1/TRANSPORTE/HELICOIDALES.HTML.

HTTP://WWW.DEI.UC.EDU.PY/TAI2000/***AUTOMATIZACION***/AUTO.HTM.

HTTP://KEFAMARE.GALEON.COM/***AUTOMATA***.HTM.

HTTP://WWW.SC.EHU.ES/SBWEB/WEBCENTRO/***AUTOMATICA***/WEBCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/AUTOMATIZACION/AUTOMATIZACION.HTM.

HTTP://WWW.TARNOS.COM/ESPANOL/CATALOGOS/ELEVADORES_HELICOIDALES.PDF.

HTTP://WWW.GHIRRI.IT

ANEXOS

ANEXOS DEL CAPITULO 2

TABLAS PARA EL CÁLCULO DE TRANSPORTADOR DE BANDAS DE ACERO

Tabla. 2.1: Carga de los Transportadores con Banda Plana de Acero.

Cargas a transportar	Area de la carga F en m^2 con un ancho de la banda en *mm*			
	460	610	810	1 220
Con pedazos de ángulos agudos con una dimensión a' ⩾ 16 *mm* y con partículas pequeñas, secas	0,012	0,022	0,041	0,086
Lo mismo húmedas	0,013	0,025	0,045	0,095
Lo mismo con un tamaño a' < 16 *mm*, secas	0,013	0,025	0,045	0,095
Lo mismo húmedas	0,014	0,027	0,050	0,105
Lo mismo húmedas sin partículas pequeñas	0,010	0,020	0,036	0,076
Con pedazos redondeados con partículas pequeñas, secas	0,008	0,015	0,027	0,057
Lo mismo húmedas	0,013	0,025	0,045	0,095
Lo mismo sin partículas pequeñas	0,005	0,010	0,018	0,038
En polvo, secas	0,007	0,013	0,023	0,048
Lo mismo húmedas	0,018	0,03	0,054	0,114

Tabla. 2.2: Carga de los transportadores con Banda de Acero Acanalada.

Cargas a transportar	Área de la carga F en m^2 con un ancho de la banda en *mm*				
	510	610	815	1 020	1 220
Con pedazos redondeados y en polvo, secos	0,011	0,017	0,035	0,06	0,09
Con pedazos no redondeados con dimensión a' ⩾ 16 *mm*, secas	0,018	0,028	0,056	0,09	0,13
Con pedazos no redondeados con una dimensión a' < de 16 *mm*, secas y húmedas	0,024	0,035	0,070	0,12	0,17

Tabla. 2.3: Ángulos Admisibles de Inclinación para los Transportadores con Banda de Acero Lisa

cargas a transportar	Peso volumétrico en t/m^3	Ángulo máximo de inclinación en grados
Antracita	0,9	13
Cemento	1,2	16
Clinquer	1,5	6 - 7
Tiza triturada	0,9	15
Viruta de madera	0,3	14
Arcilla seca	1,0	15
Carbón triturado	0,8	14
Coque	0,5	13
Tierra de humedad natural	1,8	20
Grava seca	1,7 - 1,8	14 - 15
Mineral de hierro triturado	2,6	10
Caliza sin partículas pequeñas	1,4	14
Caliza con partículas pequeñas	1,5	15
Sal en piedra triturada	1,2	14
Cuarzo triturado sin partículas pequeñas	1,6	11

Tabla. 2.4: Coeficiente de Resistencia *w*

Elementos de apoyo de la banda	Valor de w para los transportadores	
	que trabajan en un local cerrado sin polvo	que trabajan en un local con polvo o al aire libre
Rodillos de apoyo planos:		
en cojinetes de rodamiento	0,02 ÷ 0,02	0,05 ÷ 0,05
en cojinetes de deslizamiento	0,1	0,2
Rodillos de apoyo de muelle en cojinetes de rodamiento	0,03 ÷ 0,05	0,07 ÷ 0,09
Apoyos de deslizamiento:		
Guías metálicas	0,3	0,4
Guías de madera	0,5	0,6

TABLAS PARA EL CÁLCULO DE TRANSPORTADOR DE TABLILLAS

Tabla. 2.5: Ancho del Entablillado y Altura de os bordes de los Trasportadores de Tablillas.

B Ancho del entablillado en *mm*	Altura de los bordes h en *mm*					
400	100	125	160	—	—	—
500	100	125	160	200	250	—
650	100	125	160	200	250	320
800	100	125	160	200	250	320
1 000	100	125	160	200	250	320
1 200	100	125	160	200	250	320
1 400	100	125	160	200	250	320
1 600	100	125	160	200	250	320

Tabla. 2.6: Pasos Recomendados de las Cadenas de Tracción de los Transportadores de Tablillas.

Ancho del entablillado en *mm*	Pasos de las cadenas en *mm* para el entablillado		
400	160; 200; 250	200; 250	
500	160; 200; 250	250; 320	320; 400
650	200; 250; 320	320; 400	320; 400
800	250; 320	320: 400	400; 500
1 000	250; 320	400; 500	500; 630
1 200	250; 320	400; 500	630

Tabla. 2.7: Dimensiones Principales de los Transportadores de Tablillas

Ancho de las tablillas (B), (mm)	Altura de los bordes (h), (mm)	Paso de las cadenas (t), (mm)	Numero de diente de las catalinas.
400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600.	80, 100, 125, 160, 200, 250 ,315, 355, 400, 450, 500	80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Tabla. 2.8: El Paso de Cadenas Recomendable.

Ancho de las tablillas (mm)	Paso de la cadena (mm)
400	250
500	320
650	400
800	400
1000	500
1200	500
1400	630
1600	630

Tabla. 2.9: La Velocidad del Desplazamiento Recomendable.

Ancho de las tablillas (mm)	Velocidad de desplazamiento (m/s)
400, 500	0,125…...0,4
650, 800	0,125…...0,5
1000, 1200	0,200…..0,63
1400, 1600	0,250…..0,63

Tabla. 2.10: Ángulos de Inclinación Recomendables.

$\alpha_{max.}$ (grados)	Tipo de tablillas					
	PLANO		ONDULADO		Con borde profundo	En forma de caja
	Sin bordes	Con bordes	Sin bordes	Con bordes		
$\alpha_{max.}$	ρ - 9°	ρ - 6°	ρ - 5°	ρ - 3°	35°	35°

- Pero tiene que cumplirse la condición: $\alpha < \varphi_2 - 5°$
- φ_2= ángulo de material en movimiento, (grados)

Tabla. 2.11: Valores del Coeficiente k_β.

Angulo de inclinación del transportador (grados)	Tipo de tablillas	
	SIN BORDES	CON BORDES
< 10	1,0	1,0
10…20	0,9	0,95
> 20	0,85	0,9

Tabla. 2.12: Valores del Coeficiente de Resistencia.

TIPO DE CADENAS	CONDICIONES DE TRABAJO DEL TRANSPORTADOR		
	LIGERAS	**MEDIAS**	**PESADAS**
Con bujes	0,2…..0,25	0,3…..0,35	0,4…..0,45
Con bujes y rodillos	0,2…..0,25	0,3…..0,35	0,4…..0,45
Con bujes y ruedas de apoyo.	0,06-0,07	0,08-0,09	0,10-0,11

Tabla. 2.13: Valores del Coeficiente *k*.

Densidad de la carga (δ t / m^3)	Ancho de las tablillas sin borde, (m)			Ancho de las tablillas con borde, (m)		
	0.4; 0.5	**0.65; 0.8**	**1 y >**	**0.4; 0.5**	**0.65; 0.8**	**1 y >**
δ < 1	35	45	60	40	50	70
δ= 1…..2	50	60	90	60	70	100
δ>2	70	100	130	80	110	150

Tabla. 2.14: Valores del Coeficiente de k_1.

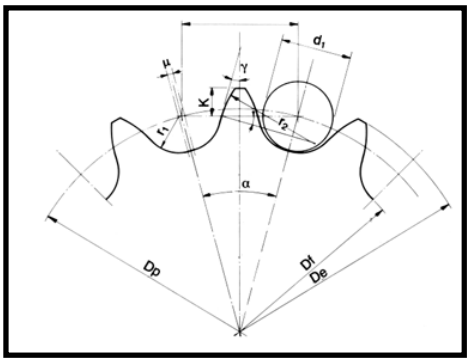
El largo del transportador, (m)	K_1
<25	2
25….60	1.5
>60	1

ANEXOS DEL CAPITULO 3

DISEÑO DE BANDA TRANSPORTADORA DE TABLILLAS.

Tabla. 3.1: Datos de la Catalina Calculada.

DENOMINACIÓN	DATOS TÉCNICO
Diámetro primitivo (Dp)	53,07 mm
Diámetro exterior(De)	57,32 mm
Diámetro interior(Df)	44,56 mm
Ancho de la base del diente (r2)	6,975 mm
Ancho del vértice del diente	5,022 mm
Número de dientes (Z)	13



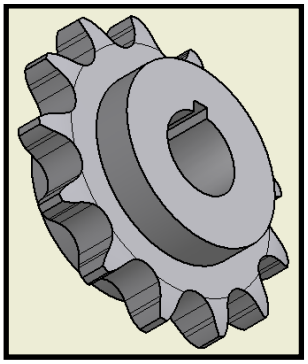


Tabla. 3.2: Esfuerzos Existentes en la Cadena Calculada.

DENOMINACIÓN	DATOS TÉCNICO
Fuerza de tracción	4 kN
Tracción de trabajo de la cadena	6,40 kN
Carga de tracción por cadena	3,84 kN

Tabla. 3.3: Datos para Elección de Motorreductores.

DENOMINACIÓN	DATOS TÉCNICO
Número De revoluciones por min	9,09 rpm
Velocidad máxima de la cadena	0,025 m/s
Velocidad mínima de la cadena	0,0245 m/s
Potencia a instalar	1,34 HP

Tabla. 3.4: Datos para Elección del Eje para la Catalina Calculada.

DENOMINACIÓN	DATOS TÉCNICO
Fuerza de flexión mínima	103 N
Momento flector máximo	412 N.cm
Diámetro del eje	23,7 mm = 25,4mm

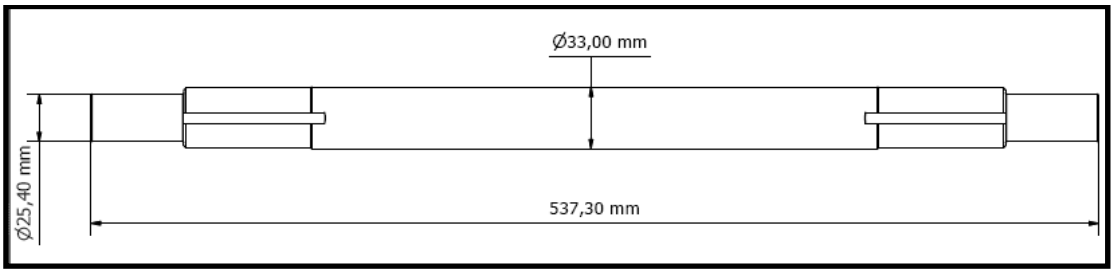


Tabla. 3.5: Datos de la Banda Transportadora Calculada.

DENOMINACIÓN	DATOS TÉCNICO
Ancho de la banda	52,79 cm
Productividad	0,0374 t/h

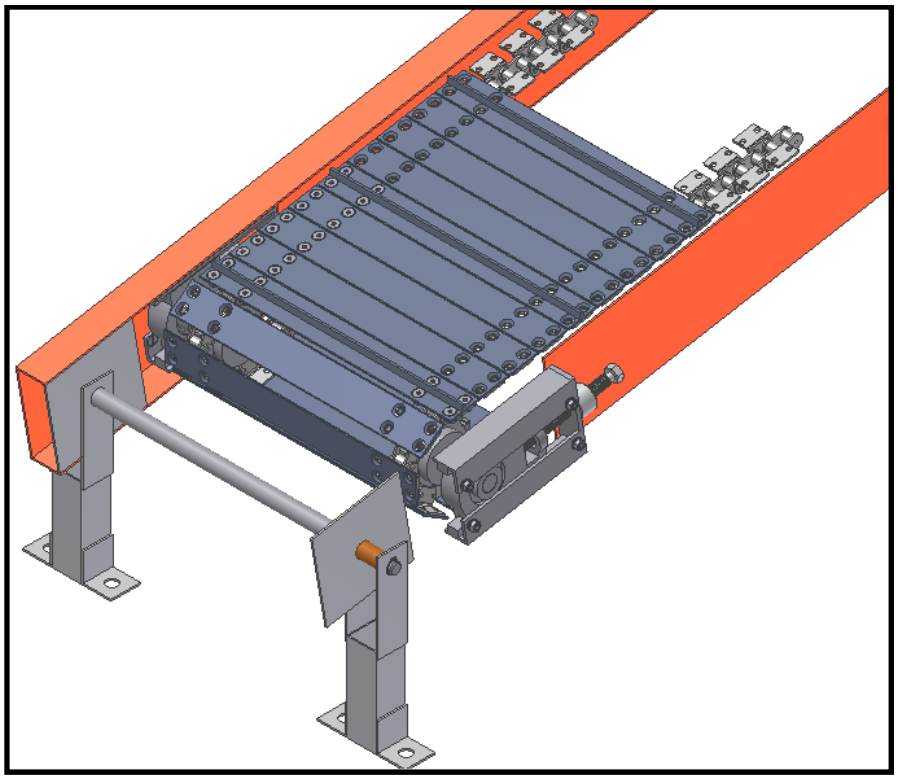


Tabla. 3.6: Mecanismo de Tensión

DENOMINACIÓN	DATOS TÉCNICO
Diámetro del cojinete	1” (25,4mm)
Desplazamiento de la corredera	82,7 mm
Tornillo Trapezoidal	Tr 16mm X 4
Diámetro medio	13,75mm
Número de espiras tuerca	3,2

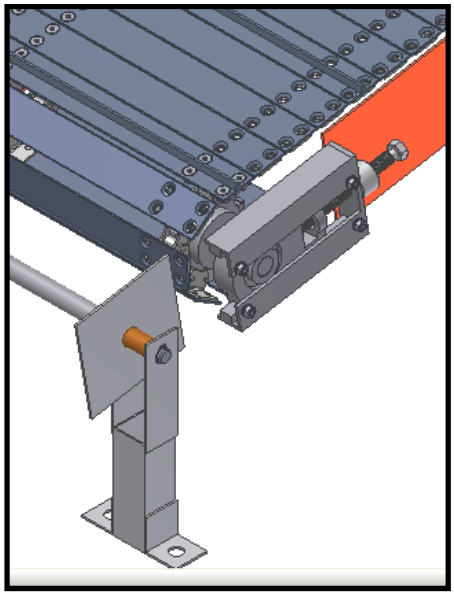


Tabla. 3.7: Esfuerzos Existentes Mecanismo de Tensión

DENOMINACIÓN	DATOS TÉCNICO
Fuerza en el tensor	236 N
Fuerza del tornillo	212,4 N
Esfuerzo al aplastamiento	558,75 N/cm2
Esfuerzo admisible de aplastamiento	660 N/cm2

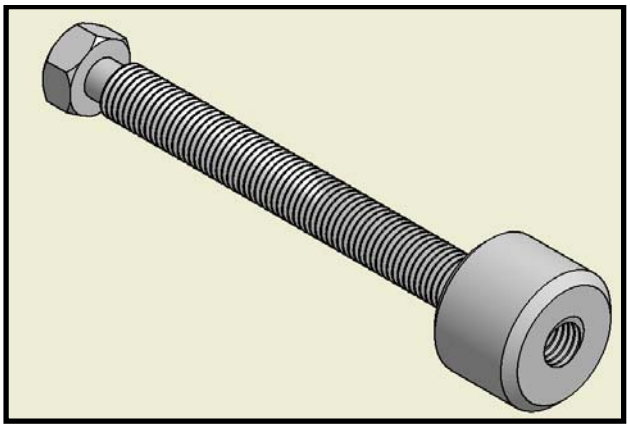
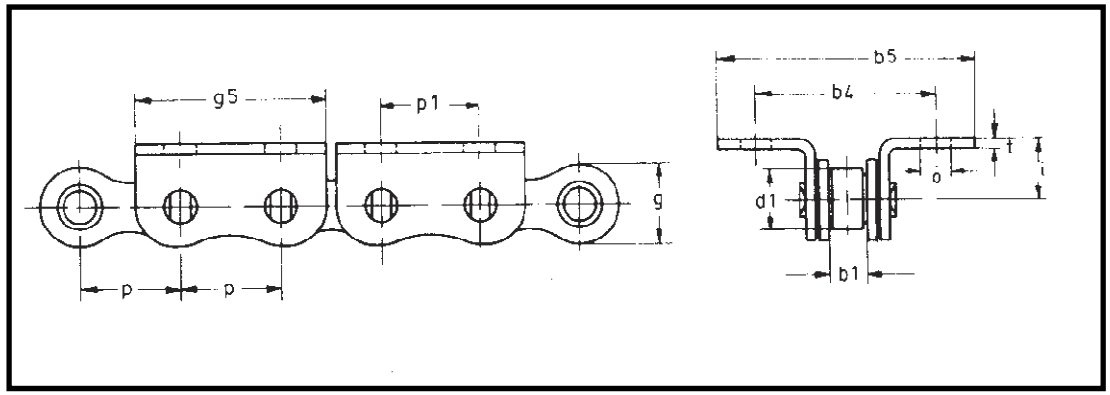


Tabla. 3.8: Pasos de Cadena Normalizada

Cadena- N°	p	b1 min.	d1 max.	b3 min.	g5	o	h3	h4	t
06 B-1	9,525	5,72	6,35	8,66	8	3	10	14,5	1,25
081-1	12,7	3,3	7,75	5,93	16	3,7	11,2	17,6	0,9
083-1	12,7	4,88	7,75	8,03	16	3,7	11,2	17,6	0,9
084-1	12,7	4,88	7,75	8,93	15	5,2	12,3	18,5	1,62
08 B-1	12,7	7,75	8,51	11,43	13	4	14,2	20,5	1,62
10 B-1	15,875	9,65	10,16	13,41	15	5,3	17	26,8	1,62
12 B-1	19,05	11,68	12,07	15,75	18	6	18,2	26	1,82
16 B-1	25,4	17,02	15,88	25,88	19	6,7	23,8	34,2	3
16 B-1	25,4	17,02	15,88	25,88	24	9	27,2	40	3
20 B-1	31,75	19,56	19,05	29,14	24	10,5	30,5	45,3	4



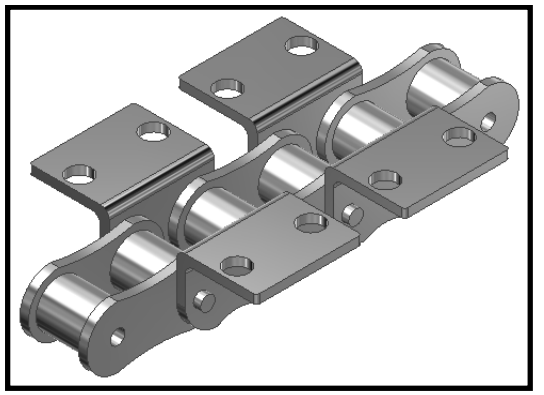


Tabla. 3.9: Valor de la constante *x*.

Nº de dientes Z	primitivo para P=1m/m X	Nº de dientes Z	primitivo para P=1m/m X	Nº de dientes Z	primitivo para P=1m/m X	Nº de dientes Z	primitivo para P=1m/m X	Nº de dientes Z	primitivo para P=1m/m X
6	2	**34**	10,838	**62**	19,7436	**90**	28,6537	**118**	37,565
7	2,3047	**35**	11,1558	**63**	20,0619	**91**	28,9719	**119**	37,8833
8	2,6131	**36**	11,4737	**64**	20,38	**92**	29,2902	**120**	38,2016
9	2,9237	**37**	11,7916	**65**	20,6982	**93**	29,6084	**121**	38,5198
10	3,2361	**38**	12,1096	**66**	21,0164	**94**	29,9267	**122**	38,8381
11	3,5494	**39**	12,4257	**67**	21,3346	**95**	30,245	**123**	39,1564
12	3,8637	**40**	12,7455	**68**	21,6528	**96**	30,5632	**124**	39,4746
13	4,1786	**41**	13,0635	**69**	21,971	**97**	30,8815	**125**	39,7929
14	4,494	**42**	13,3815	**70**	22,2892	**98**	31,1997	**126**	40,1112
15	4,8097	**43**	13,6995	**71**	22,6074	**99**	31,518	**127**	40,4295
18	5,7588	**46**	14,6537	**74**	23,562	**102**	32,4727	**130**	41,3843
19	6,0755	**47**	14,9717	**75**	23,8802	**103**	32,791	**131**	41,7026
20	6,3925	**48**	15,2898	**76**	24,1985	**104**	33,1093	**132**	42,0009
21	6,7095	**49**	15,6079	**77**	24,5167	**105**	33,4275	**133**	42,3391
22	7,0267	**50**	15,926	**78**	24,8349	**106**	33,7458	**134**	42,6574
23	7,3439	**51**	16,2441	**79**	25,1531	**107**	34,064	**135**	42,9757
24	7,6613	**52**	16,5622	**80**	25,4713	**108**	34,3823	**136**	43,294
25	7,9787	**53**	16,8803	**81**	25,7896	**109**	34,7006	**137**	43,6123
26	8,2962	**54**	17,1984	**82**	26,1078	**110**	35,0188	**138**	43,9306
27	8,6138	**55**	17,5166	**83**	26,426	**111**	35,3371	**139**	44,2489
28	8,9314	**56**	17,8347	**84**	26,7443	**112**	35,6554	**140**	44,5671
29	9,2491	**57**	18,1529	**85**	27,0625	**113**	35,9737	**141**	
30	9,5668	**58**	18,471	**86**	27,3807	**114**	36,2919	**142**	45,2037
31	9,8845	**59**	18,7892	**87**	27,699	**115**	36,6102	**143**	45,522
32	10,2023	**60**	19,9073	**88**	28,0172	**116**	36,9285	**144**	45,8403
33	10,5201	**61**	19,4255	**89**	28,3355	**117**	37,2468	**145**	46,1585

Tabla. 3.10: Constante *k*.

Z	6	7	8	9	10	11	13	15	19
k	0,866	0,9	0,924	0,94	0,951	0,959	0,971	0,978	0,986

Tabla. 3.11: Coeficiente de Rozamiento con las Guías.

Coeficiente ud		
Material de la guía	Guide material	μ_d
Acero dulce sin lubricar	Soft non lubricated steel	0,4
Acero duro sin lubricar	Haid non lubricated steel	0,3
Acero lubricado	Lubricated steel	0,2
Madera	Wood	0,4
Poliamido o Polietileno A.D.	Polyamide or Polyethylene H.D.	0,15

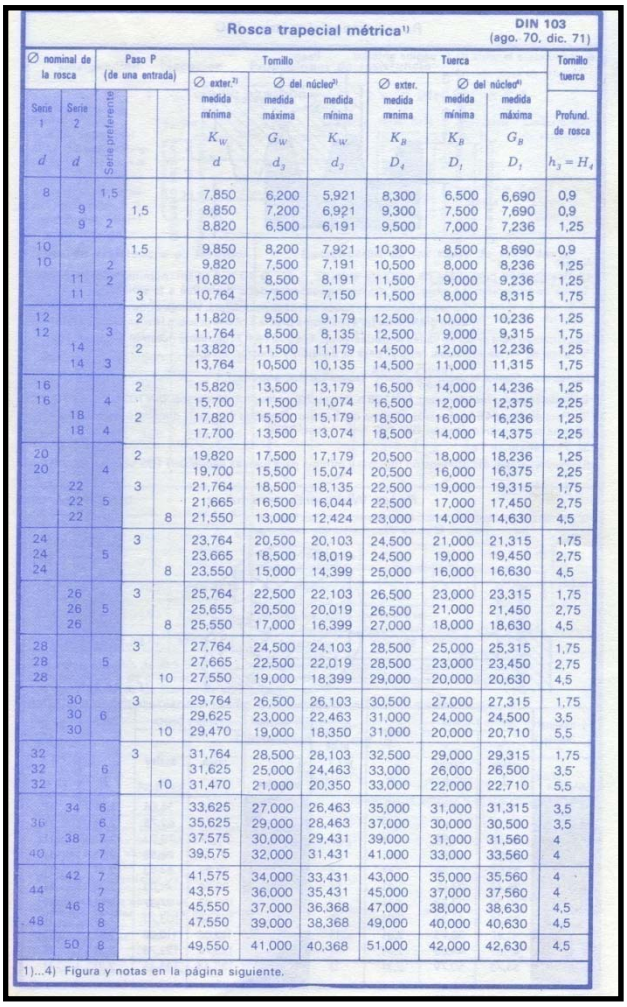
Tabla. 3.12: Tipo de Trabajo de las Cadena.

		Horas de trabajo diarias					
		Nº arranques por hora					
Tipo de Funcionamiento	Tipo de Engrase	8 h/día		16 h/día		24 h/día	
		hasta 2	de 2 a 10	hasta 2	de 2 a 10	hasta 2	de 2 a 10
Funcionamiento Uni- formal (sobrecargas inferiores al 5%)	Normal	1	1,2	1,2	1,4	1,6	1,8
	Irregular	1,3	1,5	1,5	1,8	2	2,3
	Sin engrase	1,7	2	2	2,4	2,7	3
Funcionamiento irregu- lar (sobrecargas entre el 5% y el 20%)	Normal	1,2	1,4	1,4	1,6	1,8	2
	Irregular	1,5	1,8	1,8	2	2,3	2,6
	Sin engrase	2	2,4	2,4	2,7	3	3,4
Funcionamiento a golpes (sobrecargas entre el 20% y el 40%)	Normal	1,4	1,6	1,6	1,8	2	2,2
	Irregular	1,8	2	2	2,3	2,6	3
	Sin engrase	2,4	2,7	2,7	3	3,4	3,8

Tabla. 3.13: Velocidad recomendado para cadenas.

Nº dientes Rueda	Velocidad cadena m/seg					
	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2
6	1,4	2	2,9	4,4	-	-
7	1,1	1,4	1,8	2,3	4	-
8	1	1,3	1,5	1,8	2,5	3,6
9	1	1,2	1,4	1,6	2	2,6
10	0,9	1,1	1,2	1,4	1,7	2
11	0,9	1	1,2	1,3	1,5	1,8
13	0,8	1	1,1	1,2	1,4	1,5
15	0,8	0,9	1	1	1,2	1,3
19	0,8	0,9	1	1	1,1	1,2

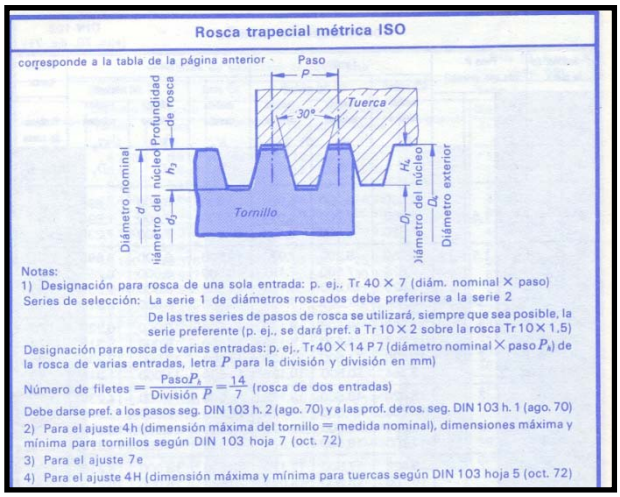
Tabla. 3.14: Tipos de Roscas Trapezoidales Métrica[1]



Rosca trapecial métrica[1] — DIN 103 (ago. 70, dic. 71)

∅ nominal de la rosca			Paso P (de una entrada)		Tornillo			Tuerca			Tornillo tuerca
					∅ exter.[3] medida mínima	∅ del núcleo[3] medida máxima	∅ del núcleo[3] medida mínima	∅ exter. medida mínima	∅ del núcleo[4] medida mínima	∅ del núcleo[4] medida máxima	
Serie 1	Serie 2	Serie preferente			K_W	G_W	K_W	K_B	K_B	G_B	Profund. de rosca
d	d				d	d_3	d_3	D_4	D_1	D_1	$h_3 = H_4$
8		1,5			7,850	6,200	5,921	8,300	6,500	6,690	0,9
	9		1,5		8,850	7,200	6,921	9,300	7,500	7,690	0,9
	9	2			8,820	6,500	6,191	9,500	7,000	7,236	1,25
10			1,5		9,850	8,200	7,921	10,300	8,500	8,690	0,9
10		2			9,820	7,500	7,191	10,500	8,000	8,236	1,25
	11	2			10,820	8,500	8,191	11,500	9,000	9,236	1,25
	11		3		10,764	7,500	7,150	11,500	8,000	8,315	1,75
12			2		11,820	9,500	9,179	12,500	10,000	10,236	1,25
12		3			11,764	8,500	8,135	12,500	9,000	9,315	1,75
	14		2		13,820	11,500	11,179	14,500	12,000	12,236	1,25
	14	3			13,764	10,500	10,135	14,500	11,000	11,315	1,75
16			2		15,820	13,500	13,179	16,500	14,000	14,236	1,25
16		4			15,700	11,500	11,074	16,500	12,000	12,375	2,25
	18		2		17,820	15,500	15,179	18,500	16,000	16,236	1,25
	18	4			17,700	13,500	13,074	18,500	14,000	14,375	2,25
20			2		19,820	17,500	17,179	20,500	18,000	18,236	1,25
20		4			19,700	15,500	15,074	20,500	16,000	16,375	2,25
	22		3		21,764	18,500	18,135	22,500	19,000	19,315	1,75
	22	5			21,665	16,500	16,044	22,500	17,000	17,450	2,75
	22			8	21,550	13,000	12,424	23,000	14,000	14,630	4,5
24			3		23,764	20,500	20,103	24,500	21,000	21,315	1,75
24		5			23,665	18,500	18,019	24,500	19,000	19,450	2,75
24				8	23,550	15,000	14,399	25,000	16,000	16,630	4,5
	26		3		25,764	22,500	22,103	26,500	23,000	23,315	1,75
	26	5			25,655	20,500	20,019	26,500	21,000	21,450	2,75
	26			8	25,550	17,000	16,399	27,000	18,000	18,630	4,5
28			3		27,764	24,500	24,103	28,500	25,000	25,315	1,75
28		5			27,665	22,500	22,019	28,500	23,000	23,450	2,75
28				10	27,550	19,000	18,399	29,000	20,000	20,630	4,5
	30		3		29,764	26,500	26,103	30,500	27,000	27,315	1,75
	30	6			29,625	23,000	22,463	31,000	24,000	24,500	3,5
	30			10	29,470	19,000	18,350	31,000	20,000	20,710	5,5
32			3		31,764	28,500	28,103	32,500	29,000	29,315	1,75
32		6			31,625	25,000	24,463	33,000	26,000	26,500	3,5
32				10	31,470	21,000	20,350	33,000	22,000	22,710	5,5
	34	6			33,625	27,000	26,463	35,000	31,000	31,315	3,5
36		6			35,625	29,000	28,463	37,000	30,000	30,500	3,5
	38	7			37,575	30,000	29,431	39,000	31,000	31,560	4
40		7			39,575	32,000	31,431	41,000	33,000	33,560	4
	42	7			41,575	34,000	33,431	43,000	35,000	35,560	4
44		7			43,575	36,000	35,431	45,000	37,000	37,560	4
	46	8			45,550	37,000	36,368	47,000	38,000	38,630	4,5
48		8			47,550	39,000	38,368	49,000	40,000	40,630	4,5
	50	8			49,550	41,000	40,368	51,000	42,000	42,630	4,5

1)...4) Figura y notas en la página siguiente.



Rosca trapecial métrica ISO

corresponde a la tabla de la página anterior

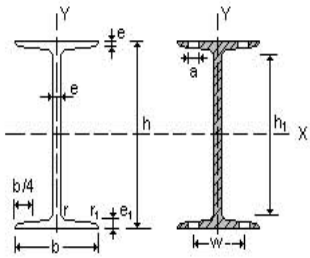
Notas:
1) Designación para rosca de una sola entrada: p. ej., Tr 40 × 7 (diám. nominal × paso)
Series de selección: La serie 1 de diámetros roscados debe preferirse a la serie 2
De las tres series de pasos de rosca se utilizará, siempre que sea posible, la serie preferente (p. ej., se dará pref. a Tr 10 × 2 sobre la rosca Tr 10 × 1,5)
Designación para rosca de varias entradas: p. ej., Tr 40 × 14 P 7 (diámetro nominal × paso P_h) de la rosca de varias entradas, letra P para la división y división en mm)
Número de filetes = $\frac{\text{Paso } P_h}{\text{División } P} = \frac{14}{7}$ (rosca de dos entradas)
Debe darse pref. a los pasos seg. DIN 103 h. 2 (ago. 70) y a las prof. de ros. seg. DIN 103 h. 1 (ago. 70)
2) Para el ajuste 4h (dimensión máxima del tornillo = medida nominal), dimensiones máxima y mínima para tornillos según DIN 103 hoja 7 (oct. 72)
3) Para el ajuste 7e
4) Para el ajuste 4H (dimensión máxima y mínima para tuercas según DIN 103 hoja 5 (oct. 72)

[1] Tabla para la industria metalúrgica, gtz.

ANEXOS DEL CAPITULO 3

DISEÑO DE PUENTE GRÚA.

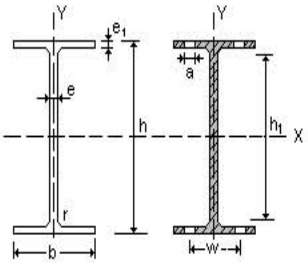
Tabla. 3.15: Perfiles IPN



A = Area de la sección
S_x = Momento estático de media sección, respecto a X.
I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X.
$W_x = 2I_x : h$. Módulo resistente de la sección, respecto a X.
$i_x = (I_x : A)^{1/2}$. Radio de giro de la sección, respecto a X.
I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y.
$W_y = 2I_y : b$. Módulo resistente de la sección, respecto a Y.
$i_y = (I_y : A)^{1/2}$. Radio de giro de la sección, respecto a Y
I_t = Módulo de torsión de la sección.
I_a = Módulo de alabeo de la sección.
u = Perímetro de la sección.
a = Diámetro del agujero del roblón normal.
w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros.
h_1 = Altura de la parte plana del alma.
e_2 =Espesor del ala en el eje del agujero.
p = Peso por metro.

	Dimensiones							Términos de sección										Agujeros			
Perfil	h mm	b mm	e = r mm	e_1 mm	r_1 mm	h_1 mm	u mm	A cm2	S_x cm^3	I_x cm^4	W_x cm^3	i_x cm	I_y cm^4	W_y cm3	i_y cm	I_t cm4	I_a cm^6	w mm	a mm	e_2 mm	Peso p kp/m
IPN 80	80	42	3,9	5,9	2,3	59	304	7,58	11,4	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	0,93	87,5	22	-	4,43	5,95
IPN 100	100	50	4,5	6,8	2,7	75	370	10,6	19,9	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	1,72	268	28	-	5,05	8,32
IPN 120	120	58	5,1	7,7	3,1	92	439	14,2	31,8	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	2,92	685	32	-	5,67	11,2
IPN 140	140	66	5,7	8,6	3,4	109	502	18,3	47,7	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	4,66	1540	34	11	6,29	14,4
IPN 160	160	74	6,3	9,5	3,8	125	575	22,8	68,0	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	7,08	3138	40	11	6,91	17,9
IPN 180	180	82	6,9	10,4	4,1	142	640	27,9	93,4	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	10,3	5924	44	13	7,53	21,9
IPN 200	200	90	7,5	11,3	4,5	159	709	33,5	125	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	14,6	10520	48	13	8,15	26,3
IPN 220	220	98	8,1	12,2	4,9	175	775	39,6	162	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	20,1	17760	52	13	8,77	31,1
IPN 240	240	106	8,7	13,1	5,2	192	844	46,1	206	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	27,0	28730	56	17	9,39	36,2
IPN 260	260	113	9,4	14,1	5,6	208	906	53,4	257	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	36,1	44070	60	17	10,15	41,9
IPN 280	280	119	10,1	15,2	6,1	225	966	61,1	316	7590	542	11,1	364	61,2	2,45	47,8	64580	62	17	11,04	48,0
IPN 300	300	125	10,8	16,2	6,5	241	1030	69,1	381	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	61,2	91850	64	21	11,83	54,2
IPN 320	320	131	11,5	17,3	6,9	257	1090	77,8	457	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	78,2	128800	70	21	12,72	61,1
IPN 340	340	137	12,2	18,3	7,3	274	1150	86,8	540	15700	923	13,5	674	98,4	2,80	97,5	176300	74	21	13,51	68,1
IPN 360	360	143	13,0	19,5	7,8	290	1210	97,1	638	19610	1090	14,2	818	114	2,90	123	240100	76	23	14,50	76,2
IPN 380	380	149	13,7	20,5	8,2	306	1270	107	741	24010	1260	15,0	975	131	3,02	150	318700	82	23	15,29	84,0
IPN 400	400	155	14,4	21,6	8,6	323	1330	118	857	29210	1460	15,7	1160	149	3,13	183	419600	86	23	16,18	92,6
IPN 450	450	170	16,2	24,3	9,7	363	1478	147	1200	45850	2040	17,7	1730	203	3,43	288	791100	94	25	18,35	115
IPN 500	500	185	18,0	27	10,8	404	1626	180	1620	68740	2750	19,6	2480	268	3,72	449	1403000	100	28	20,53	141
IPN 550	550	200	19,0	30	11,9	445	1787	213	2120	99180	3610	21,6	3490	349	4,02	618	2389000	110	28	23,0	167
IPN 600	600	215	21,6	32,4	13	485	1924	254	2730	139000	4630	23,4	4670	443	4,30	875	3821000	120	28	24,88	199

Tabla. 3.16: Perfiles IPE



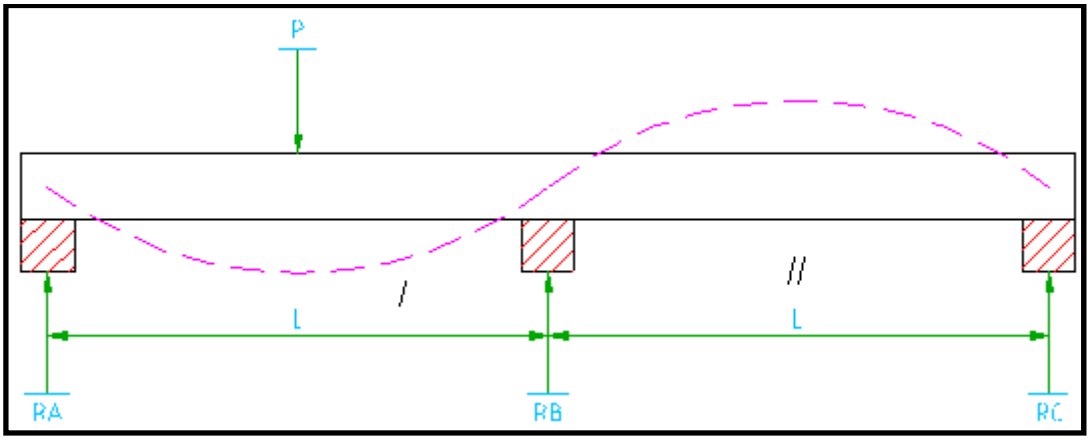
A = Area de la de la sección
S_x = Momento estático de media sección, respecto a X.
I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X.
$W_x = 2I_x$: h. Módulo resistente de la sección, respecto a X.
$i_x = (I_x : A)^{1/2}$. Radio de giro de la sección, respecto a X.
I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y.
$W_y = 2I_y$: b. Módulo resistente de la sección, respecto a Y.
$I_y = (I_y : A)^{1/2}$. Radio de giro de la sección, respecto a Y

I_t = Módulo de torsión de la sección.
I_a = Módulo de alabeo de la sección.
u = Perímetro de la sección.
a = Diámetro del agujero del roblón normal.
w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros.
h_1 = Altura de la parte plana del alma.
p = Peso por metro.

Perfil	Dimensiones							Términos de la sección										Agujeros			Peso p kp/m
	h mm	b mm	e mm	e_1 mm	r mm	h_1 mm	u mm	A cm	S_x cm^3	I_x cm^4	W_x cm^3	i_x cm	I_y cm^4	W_y cm 3	i_y cm	I_t cm^4	I_a cm^6	w mm	a mm	e_2 mm	
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	60	328	7,64	11,6	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	0,721	118	-	-	3,8	6,00
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	75	400	10,3	19,7	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	1,140	351	-	-	4,1	8,10
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	93	475	13,2	30,4	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	1,770	890	35	-	4,4	10,4
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	112	551	16,4	44,2	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	2,630	1981	40	11	4,7	12,9
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	127	623	20,1	61,9	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	3,640	3959	44	13	5	15,8
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	146	698	23,9	83,2	1320	146	7,42	101	22,2	2,05	5,060	7431	48	13	5,3	18,8
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	159	788	28,5	110	1940	194	8,26	142	28,5	2,24	6,670	12990	52	13	5,6	22,4
IPE 220	220	110	5,9	9,2	12	178	848	33,4	143	2770	252	9,11	205	37,3	2,48	9,150	22670	58	17	5,9	26,2
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	190	922	39,1	183	3890	324	9,97	284	47,3	2,69	12,00	37390	65	17	6,2	30,7
IPE 270	270	135	6,6	10,2	15	220	1040	45,9	242	5790	429	11,2	420	62,2	3,02	15,40	70580	72	21	6,6	36,1
IPE 300	300	150	7,1	10,7	15	249	1160	53,8	314	8360	557	12,5	604	80,5	3,35	20,10	125900	80	23	7,1	42,2
IPE 330	330	160	7,5	11,5	18	271	1250	62,6	402	11770	713	13,7	788	98,5	3,55	26,50	199100	85	25	7,5	49,1
IPE 360	360	170	8,0	12,7	18	299	1350	72,7	510	16270	904	15,0	1040	123	3,79	37,30	313600	90	25	8	57,1
IPE 400	400	180	8,6	13,5	21	331	1470	84,5	654	23130	1160	16,5	1320	146	3,95	48,30	490000	95	28	8,6	66,3
IPE 450	450	190	9,4	14,6	21	379	1610	98,8	851	33740	1500	18,5	1680	176	4,12	65,90	791000	100	28	9,4	77,6
IPE 500	500	200	10,2	16,0	21	426	1740	116	1100	48200	1930	20,4	2140	214	4,31	91,80	1249000	110	28	10,2	90,7
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	468	1880	134	1390	67120	2440	22,3	2670	254	4,45	122,0	1884000	115	28	11,1	106
IPE 600	600	220	12,0	19,0	24	514	2010	155	1760	92080	3070	24,3	3390	308	4,66	172,0	2846000	120	28	12,0	122

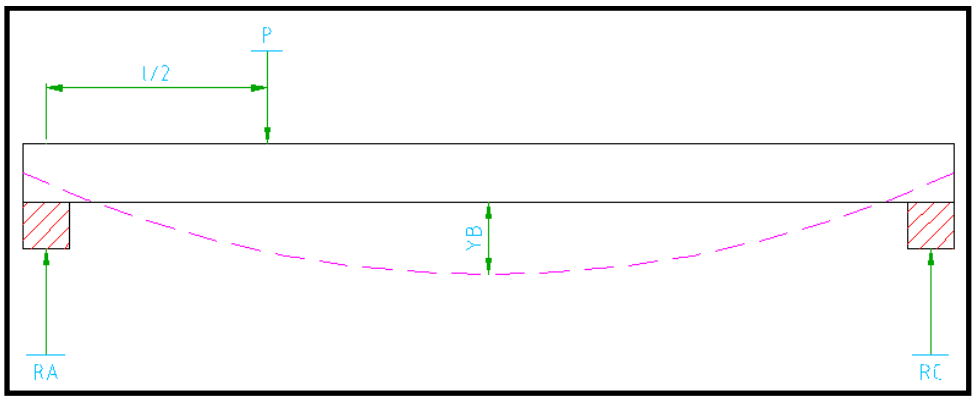
DEDUCCIÓN DE LAS REACCIONES Y MOMENTOS DE LA CARGA PUNTUAL EN LA VIGA INDETERMINADA

Para la viga y carga mostrada se hallara las reacciones en cada apoyo y momento.



Para encontrar las reacciones en cada apoyo se utiliza el teorema de superposición, donde la reacción ***RB*** se escoge como redundante y se considera como carga desconocida. Las deflexiones debidas a la carga puntual y a la reacción ***RB*** se examinan separadamente, como se indica en la figura.

- Para la carga ***P*** la deflación se halla usando la ecuación de deflexión.



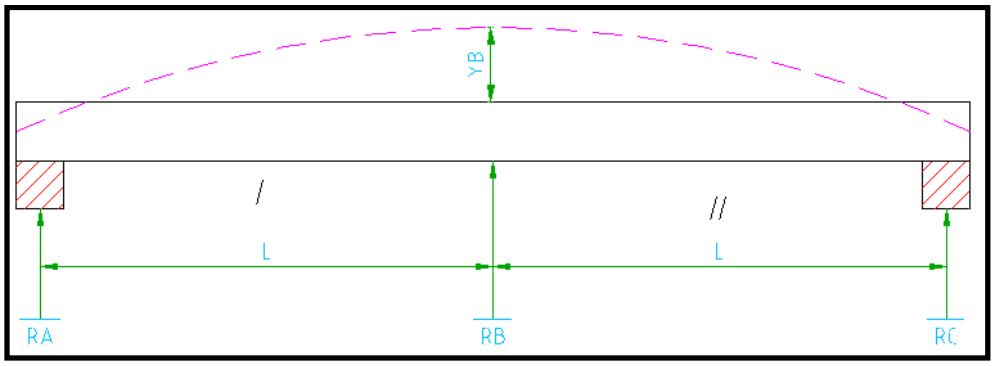
$$Y_{B_P} = -\frac{Pa^2b^2}{3EIL}$$

Donde:

$$a = \frac{1}{2}l \qquad b = \frac{3}{2}l$$

$$Y_{B_P} = -\frac{3}{16}\frac{Pl^3}{EI}$$

- Para la reacción en ***B*** la deflación se halla usando la ecuación de deflexión.



$$Y_{B_{RB}} = \frac{R_B a^2 b^2}{3EIL}$$

Donde:

$$a = l \qquad b = l$$

$$Y_{B_{RB}} = \frac{R_B l^3}{3EI}$$

- Relaciones de los apoyos, recordando que $\boldsymbol{Y_B = 0}$ se tiene:

$$Y_B = Y_{B_p} + Y_{B_{RB}}$$

$$0 = -\frac{Pa^2b^2}{3EIL} + \frac{R_B l^3}{3EI}$$

$$R_B = \frac{9}{16}P$$

- Utilizando el método de la estática para determinar las otras reacciones.

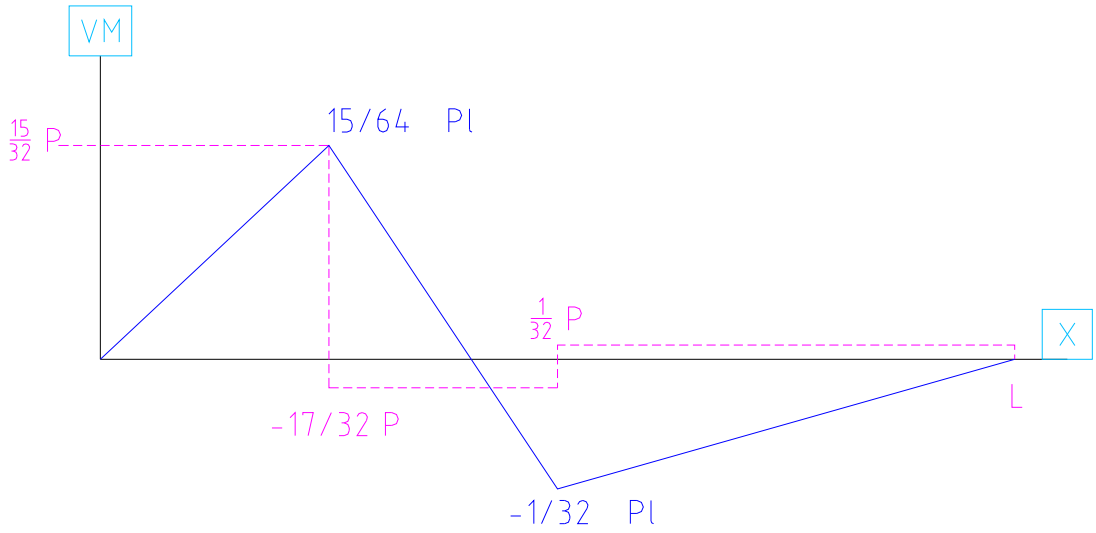
$$R_A = \frac{15}{32}P \qquad R_C = -\frac{1}{32}P$$

- Para hallar el momento máximo se procederá a graficar los diagramas de esfuerzo cortante y momento.
  - La línea entrecortada de color rosado representa el diagrama de esfuerzo cortante

- La línea continua de color azul representa el diagrama de momentos, cuyo momento máximo es:

$$M_{max} = \frac{15}{64} PL$$

- Hay que tener en cuenta que la viga se divide en dos tramos y el momento máximo se ubica a la mitad de la viga del primer tramo y será igual para el segundo tramo.



Grafica de esfuerzos cortantes y momentos

Tabla. 3.17: Clasificación de los Aparatos de Elevación.[1]

Denominación	Clase de utilización	Estado de carga	Grupo
Puente grúa de central	A	0-1	1-2
Puente grúa de montaje y desmontaje para sala de máquinas	A	1-2	2-3
Puente grúa de almacén	B-C	1-2	3-4-5
Puente grúa de taller con gancho	B	1-2	3-4
Puente grúa con cuchara	B-C-D	3	5-6
*Puente grúa para parque de chatarra o puente con electroimán	B-C	3	5-6
*Puente de colada	B	3	5
*Puente rompe-fundición	B-C	3	5-6
*Puente para deslingotar	C-D	3	6
*Puente para hornos de fosa	B-C	3	5-6
*Puente cargador de hornos	C-D	3	5-6
*Puente para forja	C-D	3	5-6
Pórtico con gancho para servicio de parque de material	B-C	2	4-5
Pórtico con cuchara	B-C-D	3	5-6
Pórtico con gancho para descarga o carga sobre vehículo	B-C	2	4-5
Pórtico para almacén	B-C-D	3	5-6
Pórtico para desmontaje de material	A-B	1-2	2-3-4
Grúa para desmontaje y montaje de material	A-B	1-2	2-3-4
Grúa con gancho	B-C	2	4-5
Grúa con cuchara	B-C-D	3	5-6
Grúa de dique	B	2-3	4-5
Grúa de puerto con gancho	B-C	2	4-5
Grúa de puerto con cuchara	B-C	3	5-6
Grúa para servicio excepcional	A	0-1	1-2
Grúa flotante con gancho	A-B	2	3-4
Grúa flotante con cuchara	A-B	3	4-5
Grúa de asfillero	A-B	2	3-4
Grúa de reparación sobre vía férrea	A	1-2	2-3
Grúa de a bordo	B	2-3	4-5
Grúa velocípeda automóvil	B-C	2	4-5
Grúa derrick	A-B	2	3
Monocarril (según utilización)			4-5-6
Pórtico y puente para contenedores	B-C	2	4-5

Estado de carga.

Para definir el estado de carga se precisará en cuál de estos grupos puede clasificarse:

- **Muy ligero:** Si levantan excepcionalmente la carga nominal y manejan corrientemente cargas **más ligeras.**
- **Ligero:** Si levantan rara vez la carga nominal y manejan corrientemente cargas del orden de 1/3 de la nominal.
- **Medio:** Si levantan normalmente cargas que varían entre 1/3 y 2/3 de lo carga nominal.
- **Pesado:** Si levantan normalmente cargas próximas o la carga nominal.

Condiciones de utilización.

Por la duración efectiva de la utilización, puede establecerse la siguiente clasificación:

A. Utilización ocasional no regular, seguida de largos períodos de descanso.

B. Utilización regular en servicio intermitente, con numerosos períodos de paro estando casi constátenme utilizado.

C. Utilización regular en servicio intensivo, con pocos y Cortos períodos de paro estando constantemente utilizado.

D. Utilización en servicio intensivo continuado, durante más de un turno al día.

[1] Fuente: Manual de cálculo de estructuras metálicas {pág. 972}**[PRONTUARIO]**

Tabla. 3.18: Coeficiente dinámico φ.

Grupo	Viga carrilera		Soportes	
	φ máx	φ red	φ máx	φ red
1-2	1,1	1,1	1,0	1,0
3-4	1,15	1,1	1,0	1,0
5	1,25	1,1	1,1	1,0
6	1,35	1,1	1,2	1,0

Tabla. 3.19: Valores Medios de Aceleraciones y desaceleraciones.

Velocidad	1. Velocidad lenta y media con gran recorrido		2. Velocidad media y rápida (aplicaciones corrientes)		3. Velocidad rápida con fuertes aceleraciones	
	Duración de la aceleración	Aceleración media	Duración de la aceleración	Aceleración media	Duración de la aceleración	Aceleración media
m/s	*s*	m/s^2	*s*	m/s^2	*s*	m/s^2
4,00			8,0	0,50	6,0	0,67
3,15			7,1	0,44	5,4	0,58
2,50			6,3	0,39	4,8	0,52
2,00	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,60	8,3	0,19	5,0	0,32	3,7	0,45
1,00	6,6	0,15	4,0	0,25	3,0	0,33
0,63	5,2	0,12	3,2	0,19		
0,40	4,1	0,098	2,5	0,16		
0,25	3,2	0,078				
0,16	2,5	0,064				

Tabla. 3.20: Coeficiente de Factor de Corrección Y_c.

Tipo de grúa	Y_c
Grúa viajera con cabina	*2*
Grúa operada por control remoto	*1.5*
Grúa operada a mano, monorriel, pescante o trole	*1.2*

Tabla. 3.21: Propiedades mecánicas de elementos roscados.

Propiedades mecánicas de elementos roscados de clase métrica					
Clase	Rango del diámetro	Carga de prueba [MPa]	Esfuerzo de ruptura [MPa]	Material	Marcado de la cabeza
4.6	M5 - M36	225	400	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
4.8	M1.6 - M16	310	420	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
5.8	M5 - M24	380	520	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
8.8	M16 - M36	600	830	Acero al carbono, Templado y Revenido	
9.8	M1.6 - M16	650	900	Acero al carbono, Templado y Revenido	
10.9	M5 - M36	830	1040	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
12.9	M1.6 - M36	970	1220	Acero aleado, Templado y Revenido	

Tabla. 3.22: Aéreas de Tornillos Resistentes a Corte y Tensión.

Tamaño de tornillos *	Area transversal nominal, pulg.²	Area en la raíz de la cuerda, pulg.²	Cortante, lb.			Tensión, lb.	
			EUT 55,000 lb/pulg.²	EUT 100,000 lb/pulg.²	EUT 125,000 lb/pulg.²	EUT 55,000 lb/pulg.²	EUT 125,000 lb/pulg.²
3/16	0.0276		966	1,794	2,070		
1/4	0.0491	0.0326	1,717	3,190	3,680	1,795	4,080
5/16	0.0767	0.0520	2,684	4,984	5,750	2,860	6,500
3/8	0.1105	0.0808	3,868	7,183	8,280	4,450	10,100
7/16	0.1503	0.1088	5,261	9,770	11,250	5,980	13,600
1/2	0.1963	0.1480	6,871	12,760	14,700	8,150	18,500
9/16	0.2485	0.1889	8,697	16,152	18,700	10,390	23,600
5/8	0.3068	0.241	10,740	19,940	23,000	13,270	30,100
3/4	0.4418	0.352	15,460	28,720	33,150	19,400	44,000
7/8	0.6013	0.480	21,050	39,080	45,050	26,400	60,000
1	0.7854	0.645	27,490	51,050	58,900	35,500	80,700
1 1/8	0.994	0.693	34,800	64,600	74,600	38,200	86,600
1 1/4	1.227	0.890	42,900	79,800	92,100	49,000	111,200
1 3/8	1.485	1.054	52,000	96,600	111,500	58,000	131,800
1 1/2	1.767	1.294	61,800	114,900	132,500	71,300	161,800
1 5/8	2.074	1.515	72,600	135,000	155,500	83,300	189,300
1 3/4	2.405	1.745	84,100	156,500	180,500	96,000	218,000
1 7/8	2.761	2.049	96,700	179,700	207,000	112,800	256,000
2	3.142	2.300	110,000	204,500	236,000	126,500	288,000
2 1/4	3.976	3.021	139,100	258,000	298,000	166,000	378,000
2 1/2	4.909	3.716	171,900	319,000	368,000	204,000	463,000
2 3/4	5.940	4.620	208,000	386,000	446,000	254,000	577,000
3	7.069	5.428	247,000	460,000	530,000	298,000	678,000