



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE
ALMACENAMIENTO VERTICAL PARA EL
MANEJO DE MATERIA PRIMA EMPLEADA
EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA.**

Autores:

López, Katherine

C.I. 26.804.752

kathelopez1998@gmail.com

Perrotta, Ricardo

C.I. 26.547.004

rperrotta07@gmail.com

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



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

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO VERTICAL
PARA EL MANEJO DE MATERIA PRIMA EMPLEADA EN LA
INDUSTRIA METALMECÁNICA**

Proyecto de Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autores:

López G. Katherine M.

C.I. V-26.804.752

Perrotta E. Ricardo A.

C.I. V-26.547.004

Tutor: Ing. Giovanni Pizzella Pierro

San Diego, Junio 2020



FI-M -007-2020-1CR (TG)

Valencia, 08 de junio de 2020

Ciudadano:
López G., Katherine M.
26.804.752
Perrotta E., Ricardo A.
26.547.004
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2020 de fecha 11-02-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado ***DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO VERTICAL PARA EL MANEJO DE MATERIA PRIMA EMPLEADA EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA*** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

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

Atentamente,



Prof. Luís Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

Ll/a.a.



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

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Giovanni Pizzella Pierro, portador de la cédula de identidad N° V-4.455.859, en nuestro carácter de tutor del Trabajo de Grado presentado por los ciudadanos López Gutiérrez Katherine Michelle, portadora de la Cédula de Identidad N° V-26.804.752, y Perrotta Edemburgo Ricardo Andrés, portador de la Cédula de Identidad N° V-26.547.004 titulado **DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO VERTICAL PARA EL MANEJO DE MATERIA PRIMA EMPLEADA EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA**. Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 23 días del mes de Junio del año dos mil veinte.

Ing. Giovanni Pizzella Pierro
C.I.: V- 4.455.859
Tutor Académico

AGRADECIMIENTOS

Katherine López

Gracias Dios porque eres bueno y tu amor perdura siempre, Gracias por ser pilar de mi vida y siempre mantener puertas abiertas para mí. Eres mi fuerza y mi escudo, Gracias porque me permites sonreír, Gracias porque cuando te llamé, me respondiste, y aumentaste mis fuerzas.

Especiales agradecimientos a nuestro tutor el Ing. Giovanni Pizzella, por su increíble apoyo, y por haberme acompañado en este camino desde mis primeros semestres. Realzo su digna labor, su paciencia, soporte y profesionalidad. Gracias por sus enseñanzas y su compromiso. ¡MUCHAS GRACIAS!

Agradezco a todos los profesores de mi ilustre casa de estudios, por prepararme para competir en este mundo. Gracias por ser guía y apoyo. Gracias por impulsar de generación en generación, sus valores y conocimientos. No hay palabras para expresar su noble labor. ¡GRACIAS!

Gracias a mis padres Yris y Fermín, por siempre apoyar mis metas y celebrar mis logros. Gracias a mi hermana Karen por siempre estar dispuesta a acompañarme en cada larga noche de estudios. Gracias a mis familiares y amigos por sus oraciones y por constantemente creer en mí.

Gracias a Ricardo, futuro colega, compañero de universidad y de caminatas. Gracias por tu valiosa compañía y amistad, por tus brillantes ideas, tu ingenio y por seguir a mi lado sin pedir nada a cambio. Doy gracias a Dios por haber cruzado mi camino con La Leyenda.

Cada momento vivido durante todos estos años, se volvió más valioso gracias a mis compañeros. José, Celso, Ricardo, Vito, Rakan y Rubén, ustedes se convirtieron en mis hermanos, los atesoro mucho. Gracias por su ayuda, su paciencia y su cariño.

Agradezco a mis queridos por acompañarme con sus voces todas esas noches en vela, darme ánimos y recordarme siempre:

*Never be late to do what you wanna do right now!
Because at one point of someday, everything you did
Would be exactly what you will be*

I purple you.

AGRADECIMIENTOS

Ricardo Perrotta

Primero que nada, le doy gracias a dios por acompañarme y permitirme llegar hasta el final de mi carrera, por darme fuerzas para continuar a lo largo de este gran trayecto como lo es la ingeniería mecánica.

A mis padres, Belkys Edemburgo y Richard Perrotta y mi hermano Santiago Perrotta, por estar allí presentes brindándome todo su apoyo en las buenas y en las malas, son mi motor de vida a seguir y sin ustedes no sabría dónde estaría hoy en día, gracias por todo, sé que siempre estarán para mí y yo para ustedes, los quiero.

A nuestro tutor académico Ing. Giovanni Pizzella por aceptarnos y apoyarnos en la elaboración de este proyecto como lo es el trabajo de grado, también agradezco poder tener el honor de haber recibido sus consejos y conocimientos a lo largo de mi preparación como ingeniero mecánico. ¡Agradecido!

A Katherine López, no tengo palabras para describirte, una persona de calidad como tú no se encuentra en cualquier lado, cabe destacar que eres una chica brillante, inteligente, honesta y buena persona, y gracias a dios tuve la oportunidad de cruzarme en esta vida contigo, mi compañera de tesis y futura colega. Eres y serás siempre una persona que voy a querer y apreciar mucho, nunca cambies. ¡Te quiero mucho!

Al Ing. Ramon Ramírez, por todos sus consejos profesionales en el ámbito de la ingeniería mecánica debido a su gran experiencia laboral en el tema, gracias por estar allí presente en todo momento y te agradezco como no tienes idea todas nuestras conversaciones pensando en grande, te mereces este espacio. ¡Mil gracias!

Por último a mis compañeros de ingeniería mecánica, Rubén Rivas, Vito Martinelli, José Alvarado, Rakan El Atrache y Celso Vázquez por acompañarme en el transcurso de la carrera desde 1er hasta el 10mo semestre, gracias a ustedes por ayudarme y por volverse parte de esta gran familia, ¡Éxitos muchachos!

ÍNDICE GENERAL CONTENIDO

	pp.
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I	
EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Justificación de la Investigación.....	4
1.5. Alcance de la Investigación.....	4
1.6. Limitaciones.....	5
II	
MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	6
2.2. Bases Teóricas.....	8
2.2.1. Manejo de Materiales.....	8
2.2.1.1. Elementos Claves a Considerar en el manejo de materiales.....	8
2.2.1.2. Clasificación de los Equipos de Manejo de Materiales.....	8
2.2.1.3. Manejo de Materiales en Almacenes.....	9
2.2.1.4. Equipos Elevadores Móviles de Áreas Extensas.....	9
2.2.2. Almacén.....	10
2.2.2.1. Almacenamiento.....	10
2.2.2.2. Estantería.....	11
2.2.2.3. Sistemas de Almacenamiento.....	11
2.2.2.4. Sistemas Automatizados de Almacenamiento	13
2.2.3. Equipos de Izamiento.....	18
2.2.3.1. Equipo Translevador.....	18
2.2.4. Consideraciones para el Diseño.....	19
2.2.4.1. Normativa.....	19
2.2.4.2. Factor de Diseño.....	19
2.2.4.3. Factor de Seguridad.....	19
2.2.4.4. Esfuerzos.....	21
2.2.4.5. Fuerza Cortante y Momentos Flexionantes	

	en Vigas.....	23
	2.2.4.6. Esfuerzos a compresión en Piezas Largas ..	24
	2.2.4.7. Tensiones de Contacto.....	27
	2.2.4.8. Uniones Permanentes.....	31
	2.2.4.9. Uniones no Permanentes.....	32
	2.2.4.10. Selección del Motor de Elevación.....	32
	2.2.4.11. Cables de Elevación.....	33
	2.2.4.12. Tambor de Arrollamiento.....	34
	2.2.4.13. Ruedas del Bastidor Inferior.....	36
	2.2.4.14. Selección del Motor de Traslación.....	38
	2.2.4.15. Rodamientos de la Rueda Motriz.....	39
	2.3. Definición de Términos Básicos.....	40
III	MARCO METODOLÓGICO	
	3.1. Tipo de Investigación.....	43
	3.2. Diseño de la Investigación.....	43
	3.3. Nivel de la Investigación.....	44
	3.4. Población y Muestra.....	45
	3.4.1. Población.....	45
	3.4.2. Muestra.....	45
	3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Dato.....	45
	3.6. Fases de la Investigación.....	46
IV	RESULTADOS	
	4.1. Evaluar los Diferentes Dispositivos Mecánicos de Almacenamiento Vertical y Manejo de Materiales Existentes en el Mercado.....	48
	4.2. Plantear y Seleccionar la Solución más Idónea.....	48
	4.2.1. Función Principal de la Solución.....	48
	4.2.2. Búsqueda de Soluciones.....	49
	4.2.2.1. Probable Solución No 1.....	50
	4.2.2.2. Probable Solución No 2.....	51
	4.2.2.3. Probable Solución No 3.....	53
	4.2.3. Criterios de Evaluación y Escogencia de la Propuesta.....	54
	4.2.3.1. Lista de Criterios y Restricciones.....	54
	4.2.3.2. Aplicación de Restricciones a Posibles Soluciones.....	55
	4.2.3.3. Ponderación de Criterios.....	56
	4.2.3.4. Ponderación de Soluciones Respecto a Cada Criterio.....	56
	4.2.3.5. Ponderación Final.....	58

4.3. Diseñar en Base a los Dispositivos Existentes un Nuevo Dispositivo de Almacenamiento.....	59
4.3.1. Estructura de la Estantería.....	62
4.3.1.1. Diseño de las Vigas de la Estantería.....	62
4.3.1.2. Diseño de las Columnas de la Estanterías.....	70
4.3.2. Estructura de Elevación.....	73
4.3.2.1. Horquillas Telescópicas.....	73
4.3.2.2. Diseño de la Cuna de Elevación.....	74
4.3.2.3. Diseño de las Ruedas de la Cuna de Elevación	88
4.3.2.4. Cálculo del Motor de Elevación.....	91
4.3.2.5. Cálculos de los Cables de Elevación.....	92
4.3.2.6. Cálculo y Dimensionamiento del Tambor de Arrollamiento.....	95
4.3.2.7. Diseño de la Columna de Elevación.....	96
4.3.3. Estructura Inferior.....	99
4.3.3.1. Diseño del Bastidor Inferior.....	99
4.3.3.2. Cálculo de las Ruedas del Bastidor Inferior...	103
4.3.3.3. Cálculo del Riel de Translación.....	104
4.3.3.4. Cálculo de las Soldaduras de los Soportes de las Ruedas del Bastidor Inferior.....	105
4.3.3.5. Cálculo del Motor de Translación.....	109
4.3.3.6. Cálculo de Rodamientos de la Rueda Motriz..	112
4.3.3.7. Cálculo de los Pernos de Unión de la Estructura del Bastidor Inferior con la Columna de Elevación.....	113
4.3.4. Estructura Superior.....	119
4.4. Simular el Modo de Funcionamiento del Sistema de Almacenamiento Vertical.....	120
4.4.1. Sistema Sometido al Estado de Cargas.....	120
4.4.2. Inicio del Proceso. Entrada de la Caja al Almacén	120
4.4.3. Salida de Cajas del Almacén para Preparación de pedidos.....	120
4.5. Elaborar el Manual de Operación y el Plan de Mantenimiento para el Nuevo Sistema Diseñado.....	122
4.6. Realizar el Estudio de Factibilidad Económica del Sistema Diseñado.....	123
CONCLUSIONES.....	128
RECOMENDACIONES.....	130
REFERENCIAS.....	131
APÉNDICES.....	136
ANEXOS.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

FIGURA		pp.
1	Estanterías y Estructuras.....	13
2	Sistema AS/RS con Diferentes Niveles de Entrada.....	15
3	Almacenamientos en Estanterías y Estructuras.....	16
4	Sistema Automatizado de Almacenamiento y Recuperación Utilizando la Tecnología <i>Highly Dynamic TWG Stingray Shuttle</i>	17
5	Factores de Seguridad.....	21
6	Diagrama de Cuerpo Libre de una Viga Simplemente apoyada que muestra a V y M en direcciones positivas.....	24
7	Representación Gráfica de los Criterios de Euler y Johnson para Elementos de Máquinas Largos Sometidos a Carga de Compresión.....	26
8		

	Viga.....	67
26	Diagrama de Corte y Momento producido por el Peso Propio de la Viga de Estantería.....	68
27	Condición de las Columnas de la Estantería. Fija.- Libre, bajo la Acción de una Carga que pasa por el Centro de su Sección Transversal.....	70
28	Dimensiones de Estanterías.....	72
29	Ejemplo de Montaje de Horquillas Telescópicas 2TZ WINKEL.....	74
30	Estructura de la Cuna de Elevación.....	75
31	Estado de Cargas sobre los Brazos de la Cuna de Elevación	76
32	Diagramas de Corte y Momento de los Brazos de la Cuna de Elevación.....	77
33	Distribución de Fuerzas producidas por el Peso Propio. UPN 120.....	78
34	Diagrama de Corte y Momento producidos por el Peso Propio de los Perfiles Seleccionados. UPN 120.....	79
35	Distribución de Fuerzas producidas por el Peso Propio. UPN 140.....	80
36	Diagrama de Corte y Momento producidos por el Peso Propio de los Perfiles Seleccionados. UPN 140.....	81
37	Geometría del Cordón de Soldadura.....	83
38	Factores de Geometría para el Análisis de Soldadura.....	83
39	Distancias para el Cálculo del Momento Flector sobre la Soldadura de los Brazos de la Cuna de Elevación.....	85
40	Localización del Punto más Esforzado en la Soldadura.....	86
41	Representación Gráfica de la Suma de las Componentes Vertical y Horizontal de la Fuerza de Torsión Ejercida sobre el Cordón de Soldadura	87
42	Diagrama de Cuerpo Libre de la Cuna de Elevación.....	89
43	Esquema del Sistema Motor-Reductor a Seleccionar.....	92
44	Diagrama de Cuerpo Libre de Sección del Cable.....	94
45	Representación de Elemento Sometido a Carga Axial de Compresión con un Extremo Empotrado y Otro Guiado.....	97
46	Diagrama de Cuerpo Libre de la Estructura Inferior.....	99
47	Diagrama de las Cargas sobre el Bastidor.....	100
48	Diagramas de Corte y Momento producto de las Cargas Aplicadas en la Estructura Inferior.....	100
49	Diagrama de Cuerpo Libre de la Estructura inferior producto de su Propio Peso.....	101
50	Diagramas de Corte y Momento del Bastidor Inferior producto de su Peso Propio.....	102
51	Estructura del Bastidor Superior.....	103

52	Dimensiones del Rail CR-104.....	105
53	Factores de Geometría para el Análisis de Soldadura.....	105
54	Distancias para el Cálculo del Momento Flector sobre la Soldadura de la Columna de Elevación.....	107
55	Localización del Punto más Esforzado en la Soldadura.....	108
56	Diagrama de Fuerzas Ruedas del Bastidor Inferior.....	109
57	Motor Reductor Cónico Helicoidal Seleccionado.....	111
58	Dimensiones del Rodamiento Seleccionado.....	113
59	Esquema de la Unión Apernada.....	114
60	Vista de Planta, Unión Apernada.....	114
61	Análisis de la Fuerzas Primarias y Secundarias.....	116
62	Vista de Planta del Diagrama, Unión Apernada.....	117
63	Parámetros para la Longitud de la Roca en Milímetros.....	117
64	Tornillo Seleccionado para el Diseño.....	118
65	Tuerca Seleccionada para el Diseño.....	118
66	Estructura Superior a) Estructura superior colocada sobre la columna de elevación, (b) vista frontal de la estructura superior donde se pueden apreciar sus componentes.....	119
67	Simulación del Transelevador. Software SolidWorks 2019.	121
68	Transelevador.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO

TABLA		pp.
1	Fórmulas (y número de ecuación) para Fuerza/Pulgada de Soldadura	31
2	Limitaciones de las Variables Fundamentales.....	49
3	Aplicación de Restricciones a Probables Soluciones.....	55
4	Ponderación de Criterios.....	56
5	Ponderación de Soluciones de Acuerdo al Criterio C1.....	57
6	Ponderación de Soluciones de Acuerdo al Criterio C2.....	57
7	Ponderación de Soluciones de Acuerdo al Criterio C3.....	57
8	Ponderación de Soluciones de Acuerdo al Criterio C4.....	58
9	Ponderación de Soluciones de Acuerdo al Criterio C5.....	58
10	Ponderación Final para Establecer la Mejor Solución.....	59
11	Elementos del Sistema.....	61
12	Características Técnicas de las Horquillas Telescópicas Seleccionadas.....	71
13	Materiales y Precios para la Realización del Diseño.....	123



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

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO VERTICAL
PARA EL MANEJO DE MATERIA PRIMA EMPLEADA EN LA
INDUSTRIA METALMECÁNICA**

Autores: Katherine López
Ricardo Perrotta
Tutor: Ing. Giovanni Pizzella P.
Fecha: Junio, 2020

RESUMEN

La materia prima se almacena según la disponibilidad de espacio en estantes o tarimas que se limitan en altura, debido a que los métodos convencionales para su almacenamiento, como montacargas, tienen un alcance vertical restringido. Por esto, generalmente, los espacios destinados al almacenamiento ocupan grandes áreas donde se desprecian las alturas de los almacenes. La manipulación del mismo constituye entre el 5% hasta el 90% del costo total de la producción. Es por ello que la presente investigación tuvo como objetivo: Diseñar un dispositivo de almacenamiento vertical para el manejo de materia prima empleada en la industria metalmecánica, de manera que permita lograr un mejor aprovechamiento del espacio dentro de los almacenes. Finalmente, se determinó que es posible diseñar y construir un mecanismo de elevación vertical con tecnología nacional, que permite disminuir los tiempos de preparación de pedidos para las líneas de producción, y reducir los riesgos de accidentes en la industria. Además de satisfacer los requerimientos de seguridad y diseño exigidos por las normas COVENIN 3131:2000 y COVENIN 3174:2000, y cumplir con las expectativas de funcionamiento para una empresa metalmecánica.

Descriptor: Diseño, Investigación, Elementos de Máquina, Transelevador, Sistema de Almacenamiento Vertical.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, trata sobre el diseño de un sistema de almacenaje vertical para el manejo de materia prima, que permite mejorar la logística operacional dentro de los almacenes y que contribuye al ascenso de la productividad dentro de las empresas, se realizó en diferentes etapas que se adaptaron a los requerimientos de la metodología seleccionada. En el capítulo I, se establecieron los lineamientos de esta investigación. Se realizó un análisis sobre la situación problemática, y en función a esto se determinaron los objetivos de la investigación así como su alcance y limitaciones.

El estudio se dirige hacia una investigación dentro de la modalidad de proyecto factible y se apoya en la investigación de campo, a un nivel descriptivo. Esta investigación está estructurada en cuatro (4) capítulos distribuidos de la siguiente manera: En el capítulo II, se recopiló una serie de investigaciones asociadas con el problema, así como las normativas aplicables, las cuales se analizaron para luego extraer aquellos datos importantes para la realización del trabajo. Además se estructuró un marco conceptual donde se presentaron teorías y términos relacionados con los sistemas de almacenaje.

En el capítulo III, se estableció la metodología de trabajo presentando una serie de fases que ayudaron a obtener la solución que mejor satisfaga la situación problemática. Mientras que en el capítulo IV, primeramente se exponen los recursos a utilizar para la realización del proyecto de grado y posteriormente se desarrolló el diseño de los diversos componentes que conformaron el dispositivo de almacenaje, aplicando para ello las teorías y fórmulas del diseño de elementos de máquinas y de la resistencia de los materiales, todo esto con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento y la integridad estructural del dispositivo, además se realizaron simulaciones de sus componentes para verificar el correcto funcionamiento de sus partes antes de una posible construcción.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

La industria metalmecánica encargada de la fabricación de autopartes y piezas de reposición para el ensamblaje de vehículos, presenta inconvenientes a la hora de realizar el almacenamiento de materia prima puesto que, los estantes utilizados para este fin ocupan grandes áreas y en general se desprecian las alturas de los almacenes. El colocar la materia prima a través de métodos convencionales (montacargas por ejemplo), no permite el aprovechamiento óptimo del espacio productivo.

La materia prima se almacena según la disponibilidad de espacio en estantes o tarimas que se limitan en altura, por diferentes factores como por ejemplo; los montacargas de horquillas o de manos, remolques o carruchas, que son dispositivos cuyo alcance vertical no es el más apropiado para optimizar el volumen de almacenamiento. Por otro lado el aumentar la altura de la estantería podría ocasionar riesgos al personal que trabaja dentro de los almacenes ya que en sus labores tendrían que hacer uso de escaleras de mano y hasta tendrían que cargar las cajas hasta sus respectivas ubicaciones lo que es una actividad poco ergonómica.

En la actualidad, las industrias venezolanas se están viendo afectadas por los controles en la entrega de las divisas, lo que disminuye las posibilidades del sector industrial para adquirir tecnologías que le ayuden a mejorar sus procesos, y debido a que las empresas encargadas de la fabricación y distribución de modernos equipos de almacenaje, se encuentran ubicadas en el exterior se les ha dificultado el acceso a estos dispositivos.

El manejo de materiales es una actividad improductiva que dependiendo de la naturaleza de la industria, representa entre el 5% hasta 90% del costo total de la producción. Durante la manipulación se añade poco o ningún valor al producto, y de

acuerdo a las filosofías de calidad y productividad esto representa un “desperdicio” (Rachadell, 2.003), por eso deben realizarse todos los esfuerzos posibles para eliminarla, sin embargo esto no se alcanza en la mayoría de los casos, por lo que las acciones en ese sentido deben estar orientadas a reducirlas considerablemente al hacer uso de estrategias como: acortar las distancias entre operaciones, usar los equipos más adecuados y operarlos eficientemente.

Una vez analizado el proceso empleado en los almacenes, se puede concluir que el manejo, transporte y preparación es ineficiente, lo cual provoca la siguiente situación:

- Retardo en el tiempo de preparación y manejo de materia prima.
- Incapacidad de las industrias para ampliar sus líneas de producción
- Situación de riesgo por accidentes y propensión a lesiones en los trabajadores, por la mala ubicación de materia prima.
- Aumento de los costos de producción.

Debido a la importancia que se le ha dado al almacenamiento de materiales a grandes alturas, se propuso la implementación de un dispositivo mecánico que permita aprovechar la altura dentro de los almacenes y agilice las operaciones de preparación de los pedidos a las líneas de producción, con el que se evitan también una serie de inconvenientes técnicos como los retardos producidos al esperar que un montacargas realice las maniobras necesarias para la extracción o ingreso de materiales en las estanterías.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo se puede mejorar de forma eficiente el proceso de almacenaje y manejo de materiales en los depósitos de las industrias metalmecánicas, de manera que permita lograr un mejor aprovechamiento del espacio dentro de los almacenes, disminuya los tiempos de preparación de pedidos para las líneas de producción y reduzca los riesgos de accidentes en la industria?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un dispositivo de almacenamiento vertical para el manejo de materia prima empleada en la industria metalmecánica.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Evaluar los diferentes dispositivos mecánicos de almacenamiento vertical y manejo de materiales, existentes en el mercado.
2. Plantear y seleccionar la solución más idónea.
3. Diseñar en base a los dispositivos existentes un nuevo dispositivo de almacenamiento.
4. Simular el funcionamiento del sistema de almacenamiento vertical.
5. Elaborar el manual de operación y el plan de mantenimiento para el nuevo sistema diseñado.
6. Realizar el estudio de factibilidad económica del sistema diseñado.

1.4. Justificación

La tendencia de las empresas en la actualidad es mejorar o eliminar procesos que perjudiquen su productividad.

Con la implementación de un sistema de almacenamiento vertical, se pueden conseguir múltiples ventajas, entre las que se cuentan: aprovechar el espacio, ahorrar esfuerzos al trabajador al no tener que realizar la tarea ardua y laboriosa de buscar o colocar un producto en el almacén, subsanar las deficiencias producidas dentro de los almacenes al usar los sistemas tradicionales y ubicar la materia prima en menor tiempo, ya que se colocarán los componentes necesarios para la producción cerca de las máquinas o del usuario. Lo que reduce costes de personal y tiempos no productivos.

1.5. Alcance de la Investigación

La investigación solo abarcó, el diseño y simulación del dispositivo donde se mostró su funcionamiento bajo la aplicación de cargas.

1.6. Limitaciones

- El tiempo de realización del proyecto tiene un plazo máximo de dos semestres lectivos.
- Poco conocimiento de las características físicas de la materia prima, debido a la diversidad que está presente dentro de la industria metalmecánica y/o de servicios. Como punto de partida se tienen las dimensiones de la caja que se usará para el almacenaje y su peso a capacidad máxima.
- Poca existencia de tecnología nacional que pueda ser aplicada en el diseño del dispositivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En esta sección se exponen los conceptos, teorías e investigaciones para el desarrollo de la investigación, dando a conocer los términos y definiciones involucradas para su diseño. Según Arias (2012): “El marco teórico o marco referencial, es el producto de la revisión documental–bibliográfica, y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación por realizar.” (p. 106).

Dicho marco teórico generalmente se estructura en tres secciones, los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos básicos. Tomando en cuenta esto, a continuación, se presentan una serie de investigaciones realizadas por otros autores que guardan relación con el tema, contribuyendo con sus logros y conocimientos como precedentes o fuente de apoyo para fundamentar la investigación.

2.1. Antecedentes de la Investigación

Dentro de los estudios relacionados con el manejo de materiales y organización de almacenes, se encuentra el realizado por Araujo (2005), presentado ante la Universidad de Carabobo (UC), para optar al título de ingeniero industrial titulado: **Diseño del Sistema de Manejo de Materiales en una Empresa Automotriz. (Caso: Introducción de un Nuevo Modelo)**, trabajo donde se mejoró el sistema de manejo de materiales, en el ensamble de un nuevo modelo de vehículo, para solucionar el problema del almacenaje y del desorden provocado por la falta de espacio dentro del mismo, el autor decidió reubicar los estantes y la jaula de valor, que es el lugar donde se almacenan los llamados kits de valor, correspondiente a los motores y otras partes pequeñas de los vehículos.

Con la reubicación de la jaula de valor se ganó espacio dentro del almacén principal, en la nueva ubicación de la jaula se aprovechó la altura al aumentarla de 3.5 m a 6.5 m, incrementando la cantidad de productos que se podrían almacenar, en la nueva disposición el tamaño de la estantería o racks fue aumentado, añadiéndole tramos adicionales, logrando un mayor aprovechamiento del volumen del almacén, esto condujo a que mejoraran las condiciones de trabajo al permitir realizar pequeños recorridos dentro del almacén y mejorar la ergonomía en el traslado de las partes a las líneas de producción, finalmente realizó un estudio económico, donde se verificó la factibilidad del proyecto.

Así mismo, Hernández J. (2009) presentó ante el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), una investigación titulada: **Diseño y Fabricación un Almacén de Tipo Vertical Controlado a Través de un Sistema de Electrónica Basado en Microcontroladores.** El principal objetivo de la investigación fue diseñar y fabricar un almacén de tipo vertical controlado a través de un sistema de electrónica basado en microcontroladores. El cual permitiría funciones de entrada y salida de productos por medio de un robot cartesiano de tres grados de libertad y una interfaz de monitoreo programada en *Visual Basic*. Con el fin de realizar prácticas enfocadas al control de procesos de almacenamiento automatizado de piezas como en los equipos utilizados en la industria. Al mismo tiempo pretende aportar solución a la falta de equipamiento en los laboratorios de los planteles de enseñanza tecnológica, que requieren de equipos para realizar prácticas en el área de mecatrónica y especialidades afines.

El diseño y fabricación de un dispositivo para un almacén vertical automatizado por medio de un robot cartesiano de tres grados es de suma importancia en el desarrollo de este trabajo de investigación ya que nos permite de una forma más práctica y fácil el almacenamiento de materia prima y el manejo de esta por medio del lenguaje de programación.

Por último, Lodewijks, G; Lei, L; Ning, Z y Saipeng, Z. (2016) presentaron un artículo para la revista *Simulation Modeling Practice and Theory*, vol. 67, 100-116.

Denominado: *An efficient simulation model for rack design in multi-elevator shuttle-based storage and retrieval system* (Un modelo de simulación eficiente para el diseño de estanterías en sistemas de almacenamiento y recuperación basados en lanzaderas de múltiples elevadores). El objetivo de este estudio fue desarrollar un modelo de simulación eficiente que permita modelar automáticamente para diferentes configuraciones de estanterías, con el que además obtuvieron una mejor comprensión de la relación entre el diseño de configuración de las estanterías y el rendimiento del sistema. Finalmente se identificaron las alternativas de estanterías eficaces para maximizar el rendimiento y minimizar el tiempo del ciclo de transacción.

Las estanterías de los sistemas de almacenamiento están definidas en términos de niveles, columnas, el número y la posición de los elevadores, lo cual afecta directamente al rendimiento del sistema. El modelo presentado facilita el proceso de diseño de almacenes, permitiendo probar una gran cantidad de opciones de configuración de estantes, en relación al tiempo de ciclo de intercambio.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Manejo de Materiales

Arte y ciencia del movimiento, empaclado y almacenamiento de sustancias en cualquiera de sus formas.

2.2.1.1. Elementos Claves a Considerar en el Manejo de Materiales

Cuando se hace un estudio de manejo de materiales se deben considerar los elementos claves que afectan el problema como lo son:

- El producto.
- La cantidad.
- La ruta o recorrido.
- El tiempo.
- Los servicios.

2.2.1.2. Clasificación de los Equipos de Manejo de Materiales

- Por la clase del aparato: tales como grúas, transportadores, elevadores montacargas.

- Por la naturaleza del servicio prestado: elevadores, transportadores, cargadores, alimentadores, entre otros.
- Por la naturaleza del material manejado: a granel, partes o piezas, paquetes, bultos, cajas, barriles, sacos, carboyas, entre otros.
- Por los sectores de la industria servidos: minería, fabricación, transporte, entre otros.
- Por la movilidad relativa de los aparatos: de trayectoria fija, movimientos en áreas limitadas y recorrido en áreas extensas.

2.2.1.3. Manejo de Materiales en Almacenes

Es una actividad que está presente en todas las etapas del proceso de fabricación, desde la adquisición, transporte y almacenamiento de las materias primas, materiales en proceso, hasta en el manejo del producto terminado al almacén y de allí al consumidor.

La selección del tipo de almacén debe basarse en las características de los materiales, sus empaques y recipientes que las contengan, que pueden ser de tres tipos:

- Almacenes completamente cubiertos.
- Parcialmente cubiertos (solamente techo).
- Totalmente descubiertos.

2.2.1.4. Equipos Elevadores Móviles de Áreas Extensas

Los equipos de este grupo no solamente pueden cargarse y descargarse por sí mismo, sino que son capaces de llevar su carga, descargarla o recogerla a un nivel elevado. Debido a la importancia que se le ha dado al almacenamiento de materiales a grandes alturas, para el aprovechamiento de la misma dentro de los almacenes, es necesario el uso de estos aparatos para lograr una mayor eficiencia en el almacenamiento de cargas embaladas.

Diferencias entre los diferentes tipos de equipos:

- Sistemas de accionamientos: unos son movidos por motores de gasolina, gas, diesel o eléctricamente, otros pueden ser movidos o arrastrados por el operador del equipo.
- Posición del operador: en unos equipos el operador se coloca en un sitio apropiado sobre la máquina y en otros casos junto con ésta guiándole y dirigiendo sus movimientos.
- Apoyo y estabilidad: en algunos equipos, la carga va colocada en unas plataformas, una horquilla o un brazo en voladizo lo cual obliga que sean contrapesados para evitar el volcamiento. En otros equipos las cargas son colocadas sobre las plataformas manteniendo su centro de gravedad dentro del área de sustentación.

2.2.2. Almacén

Son aquellos lugares donde se guardan diferentes tipos de materiales, materia prima, productos en procesos y productos terminados.

2.2.2.1. Almacenamiento

El almacenamiento incluye instalaciones, equipo, personal y técnicas requeridos para recibir, almacenar y embarcar materia prima, productos en proceso y productos terminados. Las instalaciones, equipo y técnicas para almacenamiento varían mucho según la naturaleza del material que se va a manejar. Existen distintos tipos de almacenamiento en estanterías y estructuras.

Almacenamiento Estático

Sistemas en los que el dispositivo de almacenamiento y las cargas permanecen inmóviles durante todo el proceso.

Almacenamiento Móvil

Sistemas en los que, si bien las cargas unitarias permanecen inmóviles sobre el dispositivo de almacenamiento, el conjunto de ambos experimenta movimiento durante todo el proceso.

2.2.2.2. Estantería

Las estanterías para tarimas son las de empleo más común y están disponibles en muchas configuraciones adaptadas para las características y rotación de los materiales (ver figura 1).

2.2.2.3. Sistemas de Almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento convencionales actuales generan condiciones de trabajo en las que el trabajador se encuentra en un riesgo potencial, además de que el tiempo de preparación de pedidos para líneas de producción que proporcionan no es el conveniente para un tráfico de material eficiente. Asimismo el factor humano provee de errores que atrasan un proceso de entrega o recepción de material y la incorporación de otros elementos como la ergonomía del proceso. A continuación se detallan los diferentes sistemas de almacenamiento y se describe más a fondo las condiciones de desventaja que generan.

Almacenamiento Convencional

Es el sistema de gestión de almacenes por excelencia para el acceso unitario a las mercancías paletizadas. Se caracteriza por la combinación de palés y artículos individuales del inventario del almacén, pudiéndose destinar los estantes más altos para los elementos paletizados y los más bajos para la preparación del *picking*.

Este sistema posee poca eficiencia en el reparto de la superficie y un volumen de mercancía limitado.

Sistema de Almacenamiento Compacto

Dentro de los sistemas de almacenamiento en logística, el compacto está pensado para la gestión de mercancías paletizadas que contengan unidades homogéneas. Permite una mayor rentabilidad del espacio disponible tanto a lo ancho como a lo alto. Su conjunto de estanterías está distribuido de tal forma que existan calles interiores, por donde las carretillas acceden a las mercancías. Estos a su vez se clasifican en dos:

Drive In: los estantes funcionan como almacén de depósito y tiene un único pasillo

Drive Through: los estantes hacen el papel de almacén regulador y contiene dos accesos, uno a cada lado del estante

Este sistema admite palés de una sola dimensión, una sola referencia por pasillo, clasificaciones limitadas y una difícil modificación del sistema una vez establecido.

Almacenamiento Dinámico

Entre los sistemas de almacenamiento en logística, es el ideal cuando se dispone de unidades de rotación perfecta. Está basado en un sistema de estanterías con rodillos que crean una pendiente ligeramente inclinada, por la que discurren las distintas mercancías paletizadas. Podrá encontrar también una variante para este sistema de almacenamiento logístico, donde un mecanismo gravitatorio sustituye a los rodillos. A su vez se clasifica en:

Tradicional: el palé introducido en el pasillo de carga llega a los rodillos por efecto gravitatorio hasta llegar al otro lado, donde se encuentra el pasillo de descarga. Es la opción más utilizada de las tres

Push-Back: la mercancía se carga y se descarga en un mismo pasillo donde la última caja va empujando siempre a la anterior

Combinado: es la unión de las dos anteriores

Este sistema requiere de una gran inversión, tiene riesgo de aplastamiento entre mercancías, limitación de referencias por cada rodillo y la modificación del sistema es difícil.

Sistema de Almacenamiento Móvil

El sistema de almacenamiento móvil es prácticamente igual que el convencional, con la diferencia de disponer de una estructura sobre raíles en lugar de anclada al suelo. Las estanterías se desplazan para unir las o separarlas en función de la posición a la que se desee acceder, lo que le permite ser uno de los sistemas de almacenamiento en logística que más rentabiliza el espacio existente.

Sin embargo este sistema tiene un alto coste de instalación, un difícil control de los inventarios, demoras en los procesos de apertura y cierre de pasillos, y bajos niveles de salidas y entradas.

2.2.2.4. Sistemas Automatizados de Almacenamiento

Estos sistemas se utilizan para almacenamiento de alta densidad, colocación y retiro eficientes de los materiales. La mecanización y automatización de las actividades en los almacenes requieren una fuerte inversión de capital y un estudio de factibilidad completo para justificar la inversión. Los sistemas mecanizados para almacenamiento estén o no automatizados, logran gran densidad porque se puede almacenar a mayores alturas que con estanterías convencionales. Se utilizan almacenamientos de gran altura, de 20 a 100 ft (6 a 30 m). A alturas mayores de 20 ft (6 m), el sistema se puede convertir en la estructura del edificio en la cual se montarán los muros y techo (ver figura 3).

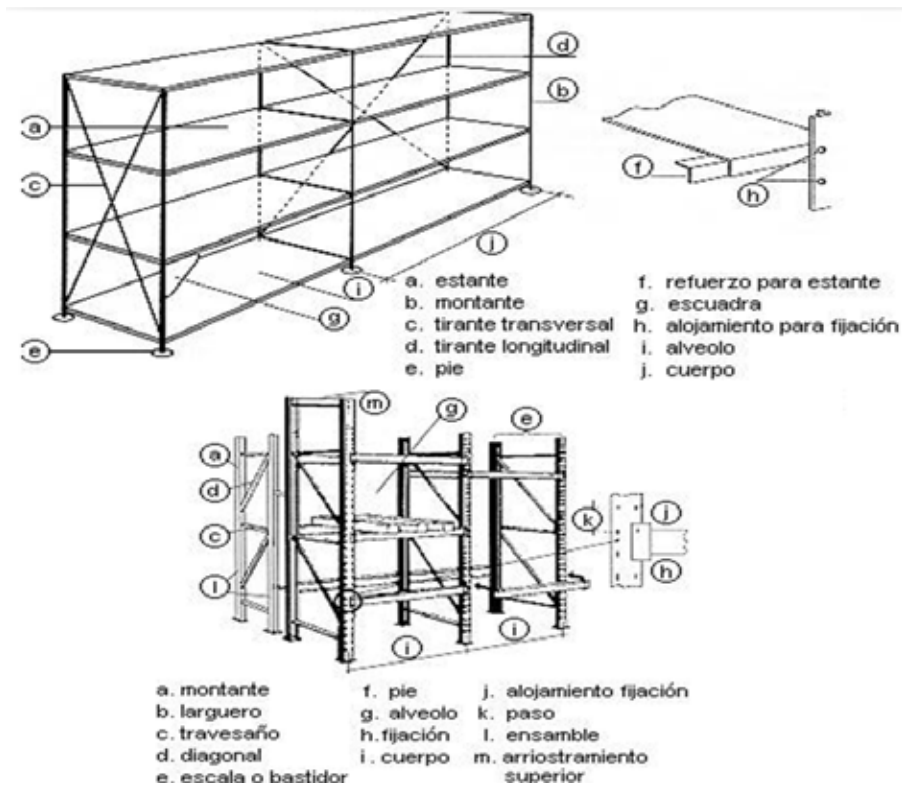


Figura 1. Estanterías y Estructuras.

Fuente: Tambolero, J. (2015). Almacenamiento en estanterías y estructuras.

Sistema AS/RS

Los sistemas AS/RS (*Automated Storage and Retrieval system*) operan bajo control computarizado, manteniendo un inventario de artículos almacenados. La recuperación de artículos se realiza especificando el tipo de artículo y la cantidad que se va a recuperar. La computadora determina en qué parte del área de almacenamiento se puede recuperar el artículo y programa la recuperación. Dirige la máquina de almacenamiento y recuperación automatizada (*SRM Storage and Retrieval Machine*) adecuada a la ubicación donde se almacena el artículo y ordena a la máquina que deposite el artículo en un lugar donde debe ser recogido (ver figura 2).

Un sistema de transportadores y / o vehículos guiados automatizados es a veces parte del sistema AS / RS. Estos llevan cargas dentro y fuera del área de almacenamiento y las mueven al piso de fabricación o muelles de carga. Para almacenar artículos, la paleta o bandeja se coloca en una estación de entrada para el sistema, la información para el inventario se ingresa en una terminal de computadora y el sistema AS / RS mueve la carga al área de almacenamiento, determina una ubicación adecuada para el artículo, y almacena la carga. A medida que los artículos se almacenan o se recuperan de los bastidores, la computadora actualiza su inventario en consecuencia.

Los beneficios de un sistema AS / RS incluyen mano de obra reducida para transportar artículos dentro y fuera del inventario, niveles reducidos de inventario, seguimiento más preciso del inventario y ahorro de espacio. Los artículos a menudo se almacenan más densamente que en los sistemas donde los artículos se almacenan y recuperan manualmente.



Figura 2. Sistema AS/RS con diferentes niveles de entrada.

Fuente: *Automated Storage and Retrieval System.* (s.f.).

Los sistemas AS/RS se clasifican según el tipo de sistema utilizado para desplazarse entre estantes, y el método de almacenamiento en los estantes, como *Unit-load AS/RS* de Carga Unitaria , *Mini-load AS/RS*, *Mid-Load AS/RS* de Carga Media, *Vertical Lift Modules (VLMs)* Módulos de Elevación Vertical, *Horizontal Carousels and Vertical Carousels* Carruseles Horizontales y Verticales.

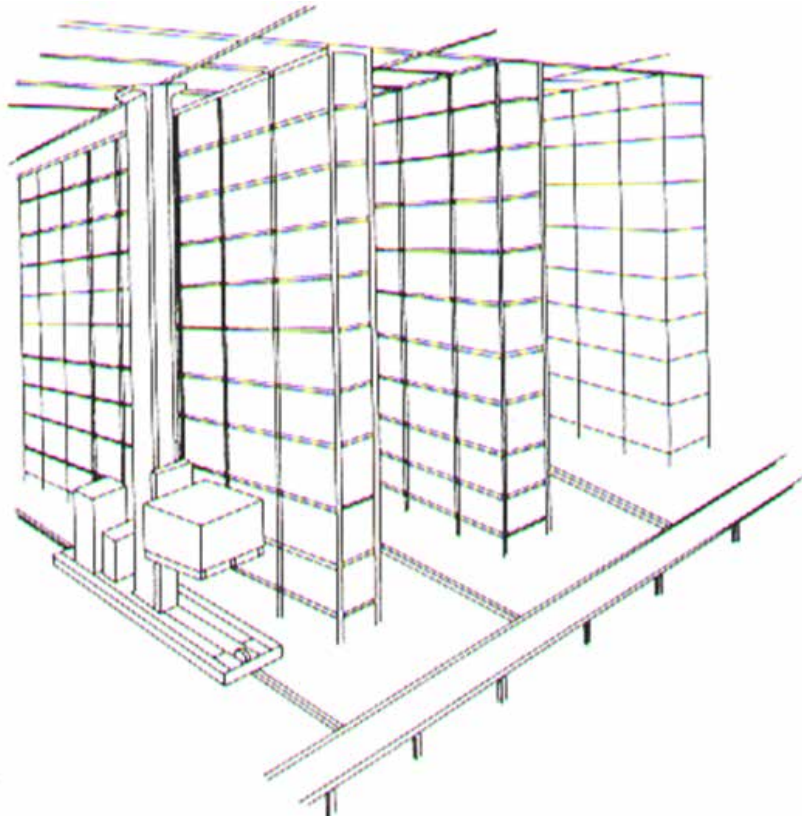


Figura 3. Almacenamientos en Estanterías y Estructuras.
Fuente: Tambolero, J. (2015). *Almacenamiento en estanterías y estructuras*.

Una máquina AS / R de pasillo fijo (grúa apiladora) es uno de los dos diseños principales: de un solo mástil o de doble mástil. La mayoría se apoya en una pista y techo guiados en la parte superior por rieles o canales de guía para garantizar una alineación vertical precisa, aunque algunos están suspendidos del techo. Los 'transbordadores' (*Shuttle*) que componen el sistema viajan entre estantes de almacenamiento fijos para depositar o recuperar una carga solicitada (desde un solo libro en un sistema de biblioteca hasta una paleta de mercancías de varias toneladas en un sistema de almacén). Toda la unidad se mueve horizontalmente dentro de un pasillo, mientras que los transbordadores pueden elevarse hasta la altura necesaria para alcanzar la carga, y pueden extenderse y retraerse para almacenar o recuperar cargas que se encuentran en varias posiciones en la estantería. Se puede lograr un

sistema semiautomático utilizando solo lanzaderas (*Shuttle*) especializadas dentro de un sistema de bastidor existente.

Otra tecnología AS/RS se conoce como tecnología de lanzadera (*Shuttle*). En esta tecnología, el movimiento horizontal se realiza mediante lanzaderas independientes (ver figura 4), cada una de las cuales opera en un nivel del bastidor, mientras que un elevador en una posición fija dentro del bastidor es responsable del movimiento vertical. Al usar dos máquinas separadas para estos dos ejes, la tecnología de lanzadera puede proporcionar mayores tasas de rendimiento que las grúas apiladoras.

Las máquinas de almacenamiento y recuperación recogen o dejan cargas al resto del sistema de transporte de apoyo en estaciones específicas, donde las cargas entrantes y salientes se colocan con precisión para un manejo adecuado.



Figura 4. Sistema automatizado de almacenamiento y recuperación utilizando la tecnología *Highly Dynamic TGW Stingray Shuttle*.

Fuente: *TGW Logistics Group*. (s.f.). *Sistema de Shuttle*.

2.2.3. Equipos de Izamiento

Los equipos de izamiento son máquinas formadas en lo fundamental por una superestructura, fuente de potencia y controles de operación montadas en una base fija transportable o portátil. Estos están diseñados para levantar, bajar, girar o transportar cargas en forma controlada.

2.2.3.1. Equipo Translevador

Un transelevador es una máquina de transporte y elevación utilizado para el almacenaje de mercancías en los compartimientos de una estantería. Las entradas y salidas de la carga o mercancía se efectúan por medio de dispositivos de toma de carga o manualmente por un operador.

Descripción de Forma de Trabajo

Realiza el transporte de cargas paletizadas a base de 3 movimientos principales lineales a través de un pasillo permitiendo su almacenamiento en una estructura de estantería determinada. Estos tres movimientos principales son:

- Traslación: Movimiento de toda la máquina en dirección longitudinal al pasillo.
- Elevación: Movimiento vertical del carro elevador.
- Entrada y salida: Movimiento lateral del dispositivo de entrada de carga.

Carro Elevador o Cuna: Subestructura del transelevador, en la cual se sustenta la unidad de carga, que dispone de un movimiento de elevación para situar la carga en la ubicación deseada de la estantería.

Columna: Elemento vertical de la estructura del transelevador que permite a la guía del carro elevador sus movimientos de elevación y descenso.

Bastidor Inferior: Elemento horizontal inferior de la estructura del transelevador que permite resistir el peso de todos los componentes necesarios para la translación, elevación y entrada o salida de carga.

Horquillas: Tablas que entran en el piso inferior de la paleta o caja. Se trata de elementos que están en contacto directo con la superficie en la cual reposa la paleta y realizan el movimiento lateral en dirección transversal con respecto al pasillo de esta.

2.2.4. Consideraciones para el Diseño

2.2.4.1. Normativa

Para el diseño del sistema se tendrán en consideración las diferentes normas venezolanas e internacionales relacionadas con el diseño de estructuras y sistema de izado o elevación de cargas, con la intención de establecer un criterio mínimo de diseño, requerimiento de los equipos, accesorios usados, y procedimientos operativos para el uso de los equipos para izar o elevar cargas.

2.2.4.2. Factor de Diseño

Para la selección del factor de diseño, se tomarán en cuenta las normas bajo los lineamientos de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) para sistemas de izado, y publicaciones relacionadas con los sistemas.

A veces la resistencia de un elemento en un sistema, es un asunto muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones de dicho elemento. En tal caso, se dice que la resistencia es un factor importante de diseño. Cuando se utiliza la expresión: consideración de diseño; se está refiriendo a una característica que influye en el diseño de un elemento, quizá, en todo el sistema.

Generalmente se tienen que tomar en cuenta varios de estos factores en un caso de diseño determinado. (Budynas R. y Nisbett J. 2008).

Algunos de los más importantes son los siguientes: Resistencia, confiabilidad, propiedades térmicas, corrosión, desgaste, fricción (o rozamiento), procesamiento, utilidad, costo, seguridad, peso, duración, ruido, estilización, forma, tamaño, flexibilidad, control, rigidez, acabado de superficies, lubricación, mantenimiento, volumen y responsabilidad legal.

Algunos de estos factores se refieren directamente a las dimensiones, al material, al procesamiento o proceso de fabricación, o bien a la unión o ensamble de los elementos del sistema. Otros se relacionan con la configuración total del sistema.

2.2.4.3. Factor de Seguridad

El coeficiente de seguridad también conocido como factor de seguridad N, es un número que se utiliza en ingeniería para los cálculos de diseño de elementos o

componentes de maquinaria, estructuras o dispositivos en general, proporcionando un margen extra de prestaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias. (Budynas R. y Nisbett J. 2008). Así, en los cálculos de resistencia mecánica, el factor de seguridad se designa por la letra N , y se define según la siguiente expresión:

$$\text{-----} \quad \text{(Ec. 1)}$$

El factor de seguridad se aplica principalmente de dos maneras:

1. Multiplicando la dimensión del elemento resultante de los cálculos teóricos.
2. Dividiendo las propiedades favorables del material que determinan el diseño.

Es por ello que, en ambos casos, resulta en un dimensionamiento adicional del componente. Este sobredimensionamiento se justifica por variadas causas, como por ejemplo: previsiones de desgaste o corrosión, posibles errores o desviaciones en las propiedades previstas de los materiales que se manejan, diferencias entre las propiedades tabuladas y las obtenibles en la realidad, tolerancias de fabricación o montaje, tolerancias por incertidumbre en las solicitaciones a que se someterá el elemento, la propia incertidumbre del método de cálculo, etc. Estos factores de seguridad por lo general provienen de la experiencia empírica o práctica, por lo cual están tabulados y contemplados en las normas o la literatura, o bien se aplican según la experiencia personal del diseñador. En general para el mismo tipo de elemento dependerá del tipo de uso o servicio que se le piense dar.

En la Figura 5 se muestran los factores de seguridad dependiendo del tipo de elemento que se va a diseñar.

Información	Calidad de la Información	Factor
		F1
	El material realmente utilizado fue probado	1.3
Datos del material disponibles de pruebas	Datos representativos del material disponibles a partir de pruebas	2
	Datos suficientemente representativos del material disponibles a partir de pruebas	3

Condiciones del entorno en el cual se utilizara	Datos pocos representativos del material disponibles a partir de pruebas	5+ F2
	Idénticas a las condiciones de prueba del material	1.3
	Esencialmente en un entorno de ambiente de habitación	2
	Entorno moderadamente agresivo	3
	Entorno extremadamente agresivo	5+ F3
Modelos analíticos para carga y esfuerzos	Los modelos han sido probados contra experimentos	1.3
	Los modelos representan al sistema con precisión	2
	Los modelos representan al sistema aproximadamente	3
	Los modelos son una burda aproximación	5+

Figura 5. Factores de Seguridad.

Fuente: Norton, R. (2011). *Diseño de Máquinas*.

2.2.4.4. Esfuerzos

En el diseño de cualquier dispositivo de elementos mecánicos, existen ciertas consideraciones a tomar en cuenta, todo esto debido a las múltiples situaciones a las que se encuentra sometido. **Budynas R. y Nisbett J. (2008)** enuncian que:

Los componentes de máquina transmiten fuerzas y movimiento de un punto a otro. La transmisión de fuerza logra entenderse como un flujo o distribución de fuerzas que puede visualizarse mediante el aislamiento de superficies internas del componente. La fuerza distribuida en una superficie conduce a los conceptos de esfuerzo, componentes del esfuerzo y transformaciones del esfuerzo (círculo de Mohr) de todas las superficies posibles en un punto. **(p. 68)**

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

cuerpo libre, separando los elementos que componen el mecanismo a diseñar, en pro de establecer un análisis lógico del problema y facilitar el estudio matemático.

Los esfuerzos que se originan en un cuerpo, pueden ser de tracción o compresión y de torsión dependiendo de la carga que lo ocasiona. La tracción o compresión pura se define como el cociente de la carga aplicada **P** y el área de sección transversal **A** perpendicular a la carga **P**.

Esfuerzos Uniformemente Distribuidos

Son aquellos esfuerzos donde las líneas de acción de los esfuerzos unitarios de la pieza son paralelas. Estos esfuerzos se dividen en *tensión pura*, *compresión pura* o *cortante puro*.

- **Tensión pura:** Dada una fuerza **F** que es aplicada por los pasadores en los extremos de una barra, se define que el esfuerzo está uniformemente distribuido a lo largo de la barra si cumple con las siguientes condiciones: La barra sea recta y de material homogéneo. La línea de acción de la fuerza pase por el centroide de la sección. La sección esté lo suficientemente alejada de los extremos y de cualquier discontinuidad o cambio brusco en la sección transversal. La ecuación de diseño es:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 2})$$

σ : Esfuerzo a compresión o flexión [Pa]

F : Carga [N]

A : Área transversal [m²]

- **Compresión pura:** Consiste en la misma definición que los esfuerzos de tensión pura, pero las fuerzas se orientan en sentido hacia el centroide de la pieza, provocando que se contraiga. Para el diseño se utiliza la misma Ec. 2.
- **Cortante puro:** Las fuerzas son tangenciales a la superficie, generan torque que produce una deformación angular de la pieza.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 3})$$

Dónde:

: Esfuerzo cortante [Pa]

: Carga [N]

: Área transversal [m²]

Cualquier vector momento que sea colineal con un eje de un elemento mecánico se llama vector de par de torsión, porque el momento causa que el elemento se tuerza respecto a ese eje. Una barra sometida a un momento de ese tipo se dice que está sometida a torsión. (**Budynas y Nisbett, 2008, p. 95**)

Para barras de secciones circulares en torsión:

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 4)}$$

Dónde:

T= Par torsor.

J= Segundo momento polar del área.

Esfuerzos Normales por Flexión

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

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 5)}$$

Dónde:

2.2.4.5. Fuerza Cortante y Momentos Flexionantes en Vigas

Supóngase una viga que se apoya en las reacciones R1 y R2 cargadas con las fuerzas concentradas F1, F2, y F3 (ver figura 6a). Si la viga se corta en alguna

sección localizada en $x=x_1$ y se quita la parte izquierda como en un diagrama de cuerpo libre, se encuentra una fuerza cortante interna V y un momento flexionante M sobre la superficie cortada para asegurar el equilibrio (ver figura 6b).

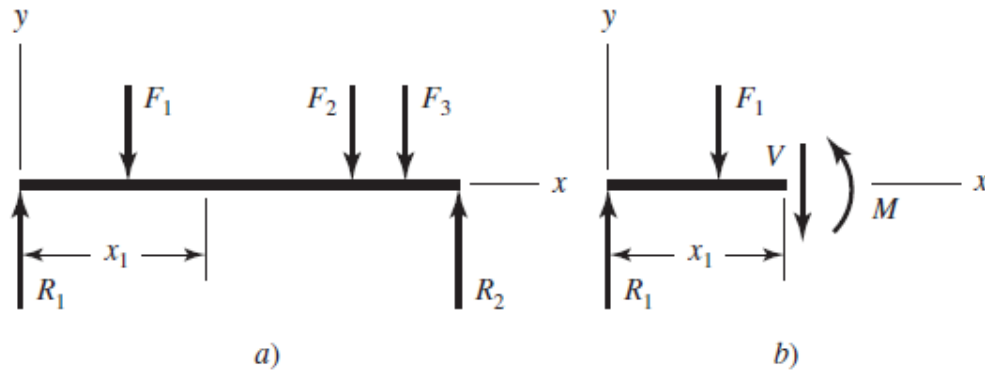


Figura 6. Diagrama de cuerpo libre de una viga simplemente apoyada que muestra a V y M en direcciones positivas.

Fuente: Budynas R. y Nisbett, J. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*.

La fuerza cortante se obtiene sumando las fuerzas a la izquierda de la sección cortada, mientras que el momento flexionante es la suma de los momentos de las fuerzas a la izquierda de la sección tomada respecto a un eje a través de la sección aislada.

2.2.4.6. Esfuerzos a Compresión en Piezas Largas (Pandeo por Compresión)

Si las piezas son cortas, la falla se presentará cuando la tensión calculada es por lo menos igual a la resistencia de fluencia σ_y y del material con el cual se fabrica el elemento de máquina. Pero igualmente, puede ser importante para efectos de diseño, el comparar el valor de σ con la resistencia última σ_u de ese material. De cualquier manera, se puede indicar que la condición de falla no se presentará, si se cumplen las desigualdades que se indican a continuación, en las cuales se ha incluido el factor de seguridad n para cada caso, que sea resistencia de fluencia o última (con los subíndices f o u respectivamente):

$$\sigma \leq \frac{\sigma_y}{n} \quad \text{—} \quad \text{(Ec. 6)}$$

— (Ec. 7)

Existen elementos de máquina, que no fallan cuando la tensión resultante aplicada se acerca a los valores de resistencia del material, sino mucho antes ¿A qué se debe este comportamiento? El mismo obedece a la existencia de un llamado *equilibrio inestable*. Un ejemplo típico de lo que aquí se dice, son las columnas. No hay que pensar que se refiere únicamente a las columnas de un edificio... Muchos elementos de máquina se comportan como si fueran columnas, sin serlo. Algunos ejemplos que se pueden citar son: la biela de un motor de combustión interna, el soporte central del tren de aterrizaje de un avión, el vástago del émbolo del cilindro hidráulico del freno de un vehículo de pasajeros, etc.

La primera vez que se escuchó este término fue en el año 1.744, en un tratado de Leonhard Euler (1.707-1.783), matemático, físico e ingeniero que paso largos años para tratar de explicar este problema, ya que la estabilidad elástica solo explica cuando la pieza se endereza, el verdadero problema es explicar cuando la pieza llegará a la “*inestabilidad elástica o geométrica*”, es decir, cuando el momento elástico interno ya no es capaz de contrarrestar el efecto de **P**, ¿y qué ocurre? Pues, la pieza falla (cede) abruptamente y se produce el colapso.

La ecuación de Euler se escribe como sigue:

— (Ec. 8)

Dónde:

: Módulo de Elasticidad del material que conforma la pieza

Inercia de la sección transversal dela pieza [**m⁴**]

Longitud de la pieza [**m**]

: Carga que lleva a la pieza a la inestabilidad elástica, en el instante de la falla
[**N**]

Es el factor de fijación de extremos.

(Ec. 9)

La ecuación o fórmula de Euler no predice la falla en todos los casos, existe otro criterio de diseño en los casos donde Euler no funciona, por su sencillez y por lo adecuadas y predecibles que son sus resultados, la más utilizada es la *fórmula empírica de Johnson*; J.B. Johnson entre 1.908 y 1.910 propuso lo siguiente.

(Ec. 10)

En la Ec. 10, fórmula empírica de Johnson, los parámetros a utilizar son los mismos que los de la Ec. 8, o fórmula de Euler, con la excepción de:

- C : Coeficiente de esbeltez, siendo L la longitud entre articulaciones de la pieza y R radio de giro de la misma, y
- S_{yc} : Límite de fluencia a compresión del material de la pieza.

La representación de ambos criterios se puede observar en la gráfica de la figura 7.



Figura 7. Representación gráfica de los criterios de Euler y Johnson para elementos de máquina largos sometidos a cargas de compresión.

Fuente: Tassoni, D. y Pizzella, G. (2006). *Elementos de Máquina*.

La ecuación 10, es una expresión parabólica tangente al punto — y a la parábola de Euler en —, en donde el valor de la esbeltez para la cual ambos criterios de diseño son válidos, igualando ambas ecuaciones es:

$$— = — (Ec. 11)$$

La Ec. 11 es el valor del coeficiente de esbeltez para el cual, las parábolas de EULER y de JOHNSON, son tangentes en el punto —, es decir, ambos criterios son válidos.

La parábola de Johnson es válida hasta los valores de esbeltez que igualan la expresión de la Ec.11. Para valores mayores a éste, debe utilizarse la fórmula de Euler. Para valores inferiores a una esbeltez de 20, se trata de elementos de máquina cortos, sometidos a compresión.

2.2.4.7. Tensiones de Contacto

Tassoni D. y Pizzella G. (2006) exponen que:

Se refiere a las tensiones que se producen cuando dos elementos de máquina transfieren carga entre ellos. No nos estamos refiriendo al sistema de carga que soporta un elemento de máquina durante su funcionamiento, sino a lo que ocurre cuando la carga es cedida de un elemento a otro. La transferencia de carga es en la superficie de contacto de las piezas donde los elementos de máquina se ajustan entre sí, y adquiere una distribución tridimensional en las adyacencias de la misma, internamente a cada elemento en contacto, por lo tanto las tensiones de contacto son tensiones superficiales que se generan en las zonas cercanas en las cuales se tocan las piezas. (2006, p.47)

Contacto Puntual

Para este tema se supone que dos cuerpos 1 y 2, entran en contacto, sin ninguna carga inicial, y que entre ellos poseen doble curvatura. La nomenclatura utilizada en este tipo de estudios son las siguientes magnitudes: r_1 y r_2 son los radios de menor curvatura de los cuerpos señalados, R_1 y R_2 son radios de mayor curvatura de los mismos cuerpos. Llamaremos al ángulo formado entre los planos que

contienen los radios de mayor curvatura de cada pieza: R_1 y R_2 de los dos elementos en cuestión.

En el momento que ambos cuerpos se exponen a una carga P , se origina una deformación y el punto de contacto cambia a un área de contacto. Sobre esta área de contacto, se produce una presión de tensión máxima en el centro de la misma, la distribución de estas tensiones puede representarse como un elipsoide con un máximo en su centro que denotaremos por P_0 . Siguiendo la nomenclatura, se puede decir que:

$$(Ec. 12)$$

Siendo:

$$- (Ec. 13)$$

$$(Ec. 14)$$

Con (Ec. 12) se señala el valor de la tensión de compresión en el centro del área de contacto. Los semiejes de la elipse se definen por las expresiones:

$$- (Ec. 15)$$

$$- (Ec. 16)$$

En estas expresiones para a y b, “eta” es un parámetro geométrico que depende de los radios de curvatura de los dos cuerpos considerados y está dado por la expresión:

$$\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} (Ec. 17)$$

En la ecuación (17), si alguna de las curvaturas de uno de los cuerpos, o de ambos, es cóncava su radio correspondiente es negativo. Si alguno de los elementos posee una superficie plana, su radio correspondiente es infinito.

Así mismo, en (15) y (16), ecuaciones de los semiejes de la elipse de contacto, el valor de **B**, el cual representa un factor de combinación de materiales, viene dado por la expresión:

$$\frac{1}{B} = \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \quad (\text{Ec. 18})$$

En (Ec. 18), E_i es el Módulo de Elasticidad y ν_i Módulo de Poisson ($i = 1$ ó 2), que oscila entre **0,25** y **0,35** en la zona de comportamiento elástico; solo para casos de deformación permanente $\nu_i = 0,35$.

De igual manera se puede indicar el acercamiento que sufren los dos cuerpos debido al acercamiento entre sus centros de curvatura, el cual viene dado por:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (\text{Ec. 19})$$

Los valores de α , β y γ de las expresiones (15), (16) y (19) se encuentran tabulados en función del ángulo de factor de forma θ el cual no es un ángulo real y viene dado por la ecuación:

$$\theta = \arccos \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (\text{Ec. 20})$$

En la expresión (20) los radios deben considerarse como para $R_1 > R_2$, cóncavos “-” y planos “0”, según lo indicado en la figura siguiente:

rad/	0,1745	0,5236	0,6981	0,8727	1,0472	1,2217	1,3463	1,5708
grados	10°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	6,60	2,73	2,14	1,75	1,50	1,287	1,13	1,00

0,32	0,50	0,57	0,64	0,72	0,80	0,90	1,00
0,85	1,45	1,64	1,78	1,88	1,95	1,99	2,00

Figura 8. Valores de σ , τ y ρ en función del ángulo α de la ecuación 21. Para valores distintos de α se puede interpolar entre los valores indicados.

Fuente: Tassoni, D. y Pizzella, G. (2006). *Elementos de Máquina*.

La máxima tensión de compresión, como ya se indicó, se presenta en el centro del área de contacto y es igual a $\sigma_{MAX\ COMP} = P_0$, simultáneamente, a una profundidad igual a $0,3 b$ en el material de cada uno de los cuerpos, se obtiene una tensión de corte máxima igual a:

$$\tau_{MAX} = 0,3 P_0 \quad (Ec. 21)$$

Al producirse las tensiones expresadas en (12) y (21) se hace presente una tensión máxima a tracción, en la superficie de contacto entre los dos elementos:

$$\sigma_{MAX} = 0,3 P_0 \quad (Ec. 22)$$

Cuando los elementos en contacto son cuerpos de geometría particular, tal y como se puede definir en este caso los planos conjuntamente con los cilindros o los cono acostados, o cuando los ejes de ambos cuerpos están alineados: dos cilindros rodando juntos, de diferentes o iguales diámetros; levas con seguidores de rodillo, rodillos de presión de una laminadora, dos engranajes rectos o helicoidales, los rodillos de un rodamiento cónico, el contacto ya no es puntual, aquí el área de contacto no es una elipse o una circunferencia, sino, como en la mayoría de los casos del contacto lineal, un rectángulo, o un trapecio cuando se involucra en ello un cono, esto es, uno de los cuerpos es de forma cónica, como en los rodamientos de rodillo cónico.

En casos como los indicados o considerando dos conos acostados, hay que considerar el radio medio al aplicar la carga P , es decir al entrar en contacto las superficies de las dos piezas y haber transmisión de carga, la zona de contacto se transforma en un rectángulo o en un trapecio para el caso del cono.

Considerando lo dicho, la expresión (13) se transforma en:

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 23)}$$

P_o en el centro del área, es la máxima tensión de Compresión. Si $P_o > SY_{comp}$ hay deformación permanente, si los materiales son diferentes, se considera el de menor SY_{comp} . Con esta tensión solo se comprueba que no hay deformación y no determina ninguna sección transversal.

Para poder estimar el ancho del área se debe calcular apartir de:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \quad \text{(Ec. 24)}$$

2.2.4.8. Uniones Permanentes

El termino unión se utiliza generalmente para definir métodos de acoplamiento, los cuales usualmente forman entre la piezas una unión que no puede separarse con facilidad. “La *soldadura* es un proceso de unión de materiales en el cual se funden las superficies de contacto de dos o más piezas mediante la aplicación conveniente de calor y/o presión. ” (Groover, 2007, p. 689)

Método para Considerar la Soldadura como una Línea

Se analiza la soldadura por separado, para cada tipo de carga, y se determina la fuerza por pulgada de lado de la soldadura, debido a cada tipo de carga. Entonces, se combinan las cargas vectorialmente para calcular la fuerza máxima. Donde las cuatro formas de aplicar las cargas son:

Tabla 1. Fórmulas (y número de ecuación) para fuerza/pulgada de soldadura.

<i>Tipo de Carga</i>	<i>Fórmula</i>
Tensión o compresión directa	(Ec. 25)
Cortante vertical directo	(Ec. 26)
Flexión	(Ec. 27)
Torsión	(Ec. 28)

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

Para calcular el diámetro del electrodo se hace uso de la siguiente ecuación

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

2.2.4.9. Uniones no Permanentes

Este tipo de unión permite montar y desmontar cuantas veces se desee, sin que se modifique el tipo de unión. Se pueden realizar por medio de elementos roscados y no roscados.

Para soportes atornillados, el efecto directo de la carga P, será soportado homogéneamente por cada uno de los pernos, siendo n= número de pernos, se tiene que sobre cada uno actuará una carga directa,

$$\text{-----} \quad (\text{Ec. 30})$$

Adicionalmente se presenta un efecto secundario a la carga directa denominado momento al centroide de gravedad, el cual viene dado por la siguiente ecuación:

$$\text{-----} \quad (\text{Ec. 31})$$

Dónde:

V: Carga ejercida

e: Distancia hacia el centroide

2.2.4.10. Selección del Motor de Elevación

Para determinar el tamaño del sistema en la tabla de selección. Se emplea la potencia de selección.

$$\text{-----} \quad (\text{Ec. 32})$$

Dónde:

Pn: Potencia de selección

Pr: Potencia requerida

Fs: Factor de servicio.

El Torque y la potencia se relacionan de la siguiente manera:

$$\text{-----} \quad (\text{Ec. 33})$$

Dónde:

(Ec. 34)

La potencia requerida será:

(Ec. 35)

Dónde:

Pr: potencia requerida (HP).

Q: peso en kilogramos de la cabina más la carga útil.

V: velocidad de desplazamiento vertical.

El factor de servicio se selecciona dependiendo del tipo de motor que acciona el reductor, (ver figura 9)

FACTORES DE SERVICIO				
TIPO DE MOTOR QUE ACCIONA EL REDUCTOR	HORAS / DIA	TIPO DE CARGA		
		UNIFORME	MEDIA	CON CHOQUES
MOTOR ELECTRICO ENTRADA CONSTANTE	2	0.9	1.1	1.5
	10	1.0	1.25	2.75
	24	1.25	1.50	2.00
MEDIANAMENTE IMPULSIVA	2	1.0	1.35	1.75
	10	1.25	1.50	2.00
	24	1.50	1.75	2.50

Figura 9. Factores de Servicio.

Fuente: Compañía Levantina de reductores S.L. (s.f.). *Factores de Servicio.*

2.2.4.11. Cables de Elevación

Los cables de elevación están constituidos por alambres de acero, usualmente trenzados de manera helicoidal, esto forma lo que se conoce como torones, los cuales son cableados en torno a un centro de acero o de fibra.

El factor de seguridad en estos varía dependiendo del fin de la maquina a diseñar.

(Ec. 36)

Dónde:

F.S = factor de seguridad requerido

C_1 = (carga de rotura) (número de cables)

C_2 = (peso de la cuna de elevación) + (carga útil) + (peso cables) (número de cables)

C_3 = (tensión máxima generada por la aceleración de la cuna de elevación)

Carga mínima de rotura, está dada por la Ec. 37:

(Ec. 37)

Dónde:

d: diámetro nominal del cable

R_0 : grado de tensión del alambre

K' : Factor empírico correspondiente a la mínima fuerza de rotura para un cable de construcción dada= 0,293

El Peso del cable, viene dado por la Ec. 38

(Ec. 38)

Dónde:

K: Peso del cable por unidad de longitud

L: Longitud del cable

n: Número de cables

2.2.4.12. Tambores de Arrollamiento

Los tambores de cables deben ser suficientemente grandes para permitir el arrollamiento total del cable en una única capa. Por normas de diseño se tiene que el diámetro del tambor debe ser 35 veces el diámetro del cable. (Hellmut, p. 29)

(Ec. 39)

Las dimensiones de las ranuras se eligen a partir de la figura 10.

Diámetro del cable	10.	13.	16.	19.	22.	27.	33.	40.	44.
s	12	15	18	22	25	31	37	45	49
r	5,5	7	9	10,5	12	15	18	22	24
a	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6

Figura 10. Dimensiones de las ranuras de los tambores según figura 11.
Fuente: Hellmut, E. (1970). *Aparatos de Elevación y Transporte. Principios y elementos constructivos. Tomo I.*

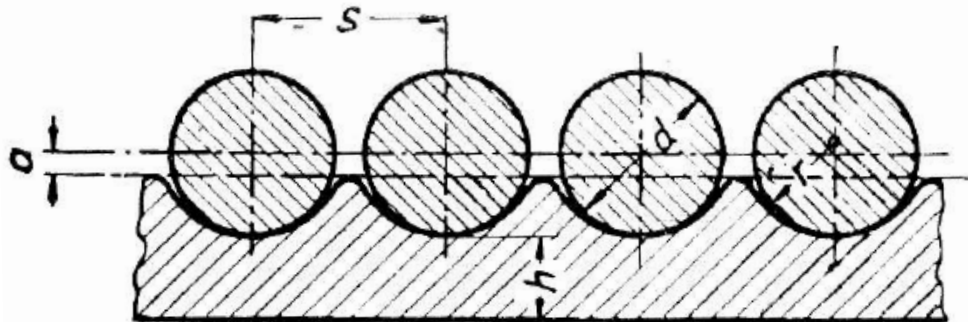


Figura 11. Dimensiones de las ranuras de los tambores de cables.
Fuente: Hellmut, E. (1970). *Aparatos de Elevación y Transporte. Principios y elementos constructivos. Tomo I.*

Según DIN 4130 (2009), el número de espiras necesarias para arrollar el cable del elevador es:

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 40)}$$

Dónde:

n_e = Numero de espiras

L = Longitud que arrolla el sistema

L = (longitud total del cable) – (longitud mínima de cable entre la plataforma y el tambor)

Luego la longitud axial el tambor viene dada por:

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 41)}$$

Los espesores del tambor en el fondo de la garganta están tabulados en función de las tracciones y los diámetros del cable, tanto para tambores de fundición como soldados en acero.

Tracción del cable (kg)	Diámetro del cable (mm)	Paso (mm)	Diámetro del tambor (mm)						
			250	300	400	500	600	700	800
500	8	9,5	4 (6)	4 (6)	—	—	—	—	—
1 000	10	12	6 (9)	6 (9)	—	—	—	—	—
1 500	13	15	—	8 (12)	7 (11)	—	—	—	—
2 000	16	18	—	9 (14)	8 (13)	—	—	—	—
2 500	16	18	—	—	10 (15)	10 (12)	—	—	—
3 000	19	22	—	—	11 (16)	11 (16)	—	—	—
4 000	22	25	—	—	—	12 (18)	—	—	—
5 000	24	27	—	—	—	14 (20)	14 (20)	—	—
6 000	27	31	—	—	—	—	15 (22)	14 (22)	—
7 000	29	33	—	—	—	—	16 (24)	16 (24)	—
8 000	31	35	—	—	—	—	—	17 (26)	—
9 000	31	35	—	—	—	—	—	19 (27)	18 (26)
10 000	33	37	—	—	—	—	—	20 (28)	19 (27)

Figura 12. Espesor h en milímetros de los tambores soldados en acero de 37kg y de tambores de fundición de 18kg. (Los valores entre paréntesis se entienden para tambores de fundición. Servicio normal)

Fuente: Hellmut, E. (1970). *Aparatos de Elevación y Transporte. Principios y elementos constructivos. Tomo I.*

2.2.4.13. Ruedas del Bastidor Inferior

El cálculo de la rueda de un aparato de elevación se lleva a cabo mediante la norma DIN 15070 (1977). El diámetro de la rueda sigue a la expresión:

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 42)}$$

Dónde:

R: reacción en la rueda (N)

Padm: presión admisible entre rueda-carril (N/mm²)

C2: coeficiente de velocidad

C3: coeficiente de duración

k, r1: parámetros de la sección del carril

El coeficiente de material C1 se obtiene según los parámetros escogidos para la la rueda y el carril, (ver figura 13)

Material		P _{adm} N/mm ²	C ₁
Resistencia a la tracción mínima N/mm ²			
carril	Rueda portadora		
590	≤ 330	2,8	0,5
	410	3,6	0,63
	490	4,5	0,8
	590	5,6	1,0
≥ 690	740	7,0	1,25

Figura 13. Coeficiente del material.

Fuente: DIN 15070 (1977).Cranes; basic calculation of crane rail wheels.

El coeficiente C2 se obtiene de la figura 14.

Diámetro de la rueda de portadora d ₁ mm	C ₂ para v en m/min														
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250
200	1,09	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,82	0,77	0,72	0,66	-	-	-
250	1,11	1,09	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,82	0,77	0,72	0,56	-	-
315	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,82	0,77	0,72	0,66	-
400	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,82	0,77	0,72	0,66
500	1,15	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,82	0,72	0,72
630	1,17	1,15	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,82	0,77
710	-	1,16	1,14	1,13	1,12	1,1	1,07	1,04	1,02	0,99	0,96	0,92	0,89	0,84	0,79
800	-	1,17	1,15	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,82
900	-	-	1,16	1,14	1,13	1,12	1,1	1,07	1,04	1,02	0,99	0,96	0,92	0,89	0,84
1000	-	-	1,17	1,15	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87
1120	-	-	-	1,16	1,14	1,13	1,12	1,1	1,07	1,04	1,02	0,99	0,96	0,92	0,89
1250	-	-	-	1,17	1,15	1,14	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91

Figura 14. Coeficiente del número de revoluciones.

Fuente: DIN 15070 (1977).Cranes; basic calculation of crane rail wheels.

El coeficiente C3, con respecto a la duración de funcionamiento del mecanismo de rodadura (referido a una hora), ver figura 15.

Duración de funcionamiento del mecanismo de rodadura (referida a 1 hora)	c_3
hasta 16 %	1,25
más de 16 a 25 %	1,12
más de 25 a 40 %	1
más de 40 a 63 %	0,9
más de 63 %	0,8

Figura 15. Coeficiente de vida de la rueda.

Fuente: DIN 15070 (1977). *Cranes; basic calculation of crane rail wheels.*

2.2.4.14. Selección del Motor de Translación

Resistencia a la Rodadura

Entre la rueda y el carril de acero se produce una fuerza de fricción, la cual se calcula a partir de la siguiente ecuación.

$$F_r = \frac{M \cdot g}{D} \cdot (M_r \cdot f + c) \quad (\text{Ec. 43})$$

Dónde:

Fr: Fuerza de fricción por rodadura (N)

M: masa total de la máquina (Kg)

D: diámetro de la rueda (mm)

Mr, f, c = valores para ruedas con rodamientos

Potencia Continua en el Eje del Motor

$$P_c = \frac{M \cdot g \cdot v}{\eta} \quad (\text{Ec. 44})$$

El par resistente en el eje del motor en funcionamiento a velocidad constante, se calcula de la siguiente ecuación.

$$T_r = \frac{M \cdot g \cdot r}{\eta} \quad (\text{Ec. 45})$$

Dónde:

Mx: Par resistente (Nm)

Px: Potencia (kW)

Nmot, velocidad de giro del eje motor (rev/min)

Mientras que el par de arranque con carga y de frenado se calcula por medio de la norma UNE 58-132-94, donde:

$$\text{-----} \quad (\text{Ec. 46})$$

Dónde:

a: aceleración (m/s²)

m: masa de la máquina (Kg)

mL: masa de la carga útil (Kg)

V: velocidad lineal (m/s)

Nmot: velocidad de giro (rev/min)

La potencia media se obtiene a partir de

$$\text{-----} \quad (\text{Ec. 47})$$

2.2.4.15. Rodamientos de la Rueda Motriz

Siguiendo el estándar de diseño para rodamientos de *ZKL GROUP*, factor de duración se calcula a partir de la Ec. 48.

$$\begin{aligned} &\text{-----} \\ &\text{-----} \end{aligned} \quad (\text{Ec. 48})$$

El factor de velocidad, se calcula a partir de Ec. 49, donde n es la velocidad de giro en el eje en rev/min

$$\begin{aligned} &\text{-----} \\ &\text{-----} \end{aligned} \quad (\text{Ec. 49})$$

Y la carga dinámica, siendo P la carga sobre cada rodamiento. Ec. 50

$$\text{-----} \quad (\text{Ec. 50})$$

2.3. Definición de Términos Básicos

Almacén: Espacio físico destinado para el almacenaje de recursos dentro de la cadena de suministro.

ASTM: *American Society for Testing and Materials*. Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

Bastidor inferior: Elemento inferior de la estructura del dispositivo que permite resistir el peso de todos los componentes necesarios para la translación, elevación y toma/salida de carga.

Carro Elevador o Cuna de elevación: Subestructura del dispositivo, que proporciona el movimiento elevador para situar la carga en el nivel de estantería deseado.

Columna de elevación: Elemento del dispositivo que permite a la cuna de elevación realizar movimientos de elevación y descenso.

COVENIN: Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Deformación: Cambio de dimensión por unidad de longitud, atribuidos a cargas o esfuerzos dinámicos.

DIN: *Deutsches Institut für Normung*, Instituto Alemán para la Normalización.

Electrodo: Extremo de un conductor en contacto con un medio, al que lleva o del que recibe una corriente eléctrica.

Elevación: Movimiento vertical de la cuna e elevación en dirección Y.

Eje X del Sistema: Dirección longitudinal con respecto al pasillo.

Eje Y del Sistema: Dirección vertical.

Eje Z del Sistema: Dirección transversal con respecto al pasillo.

Esfuerzo: Cantidad de fuerza ejercida en un cuerpo por unidad de área.

Guaya: Un cable de acero es un tipo de cable mecánico formado un conjunto de alambres de acero que forman un cuerpo único como elemento de trabajo.

Horquillas: Elemento que se introduce en la parte inferior de la paleta y realiza el movimiento transversal (eje Z).

Mecanismo: Es una parte de una máquina la cual contiene dos o más piezas, estas disponen el movimiento una de la otra, de modo que siguen el orden prescrito por la naturaleza de la combinación.

Motor Reductor: Un motorreductor es un reductor de velocidad con un motor directamente conectado.

Paleta: Plataformas horizontales utilizadas como base para apilar, almacenar manipular y trasladar cargas en general, todo esto haciendo uso de montacargas o cualquier otro mecanismo adecuado.

Paletización: Almacenaje, colocación y transporte de bienes sobre palets.

Pandeo: Fenómeno llamado inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos.

Polea: Mecanismo para mover o levantar cosas pesadas que consiste en una rueda suspendida, que gira alrededor de un eje, con un canal o garganta en su borde por donde se hace pasar una cuerda o cadena.

Potencia: Es la rapidez con que se realiza un trabajo.

Rack: Estructura metálica para almacenamiento de cargas paletizadas.

Rieles: Son barras metálicas sobre las que se desplazan las ruedas.

Rodadura: El desplazamiento horizontal del cilindro es igual a la longitud del arco

Rodamiento: Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de una rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

Tambor de Arrollamiento: Elemento en el que se enrollan los cables, estos pueden ser ranurados o lisos.

Tensión: fuerza que es ejercida mediante la acción de un cable.

Tornillo: Es un operador que deriva directamente del plano inclinado y siempre trabaja asociado a un orificio roscado.

Transelevador: Dispositivo de elevación y transporte destinado para el manejo de materiales y su almacenamiento.

Translación: Movimiento de todo el dispositivo en dirección X.

UNE: Asociación Española de Normalización.

Viga: Elemento arquitectónico rígido, generalmente horizontal, proyectado para soportar y transmitir las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Es fundamental fijar la metodología a seguir para lograr las metas señaladas anteriormente en los objetivos, por lo que este capítulo describe cómo se realizó el estudio para responder al problema planteado, así como también se estableció una serie de fases que ayudaron a alcanzar la solución que mejor compensó la situación problemática.

3.1. Tipo de Investigación

En este sentido se comprende, que es un proyecto factible por dar una solución viable a cierta problemática. Arias (2012), “Se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización” (p.134).

La naturaleza de la investigación se basa en proponer un dispositivo de almacenamiento vertical, que permita lograr un mejor aprovechamiento del espacio dentro de los almacenes, disminuya los tiempos de preparación de pedidos para las líneas de producción y reduzca los riesgos de accidentes en la industria.

3.2. Diseño de la Investigación

De acuerdo a Hernández, R; Fernández, C. y Baptista, P. (2014) “El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema. ” (p. 128).

Arias (2012), clasifica la investigación, con respecto al diseño, como: documental, de campo y experimental; siendo la investigación de campo definida como:

La Investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. (Arias, 2012, p. 32).

El plan mencionado incluye procedimientos y actividades tendientes a encontrar la respuesta a la pregunta de investigación; en este orden de ideas, se dio una explicación detallada del desglose de cada fase ejecutado durante la ejecución de la investigación.

3.3. Nivel de la Investigación

La presente investigación es en esencia descriptiva, porque se observa y describe el comportamiento de un sujeto u objeto. Arias la describe como:

Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (Arias, 2012, p.24).

Es un proyecto de nivel descriptivo, porque permite poner de manifiesto conocimientos teóricos en el diseño de máquinas (Sabino, 1994), además permitió llevar a cabo la definición de diferentes aspectos que constituyen la situación problemática actual, sirve para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes.

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

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

En lo que respecta a población, se establece que:

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuáles serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (Arias, 2012, p.81)

3.4.2. Muestra

“La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias, 2012, p. 83). Tomando esto de referencia se tiene que la muestra es un grupo que es seleccionado en la zona de estudio del proyecto que representara a la población.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Bostwick y Kyte (2.005), citados por Hernández, et al. (2014) señalan que:

La función del instrumento de medición es establecer una relación entre el mundo real y el mundo conceptual. El primero provee evidencia empírica y el segundo proporciona modelos teóricos para encontrar sentido al segmento del mundo real que se trata de describir. (Hernández, et al, 2014, p. 199).

En la presente investigación, se planteó utilizar técnicas de análisis documental, para conocer, entender y aplicar los conocimientos necesarios para realizar un diseño de un sistema de transporte de acumulación de envases mediante bandas transportadoras.

Dentro de las técnicas de recolección de datos se tiene la observación cuantitativa la cual está comprendida por la observación directa e indirecta de lo observado en el área de estudio. Bostwick y Kyte (2.005), citados por Hernández, et al, (2014), afirman que la observación directa, es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación. Mientras que la observación indirecta es aquella en la cual es investigador corrobora los datos que han

sido adquiridos durante el experimento. En virtud de lo mencionado, las técnicas utilizadas para obtener datos fueron:

Técnicas de observación: consiste en la recolección de información en forma de datos, inspección visual del área, anotación y descripción de los procesos y equipos de estudio, para seleccionar, organizar y relacionar los datos presentes.

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

3.6. Fases de la Investigación

En este apartado se describe el procedimiento que fue ejecutado durante el desarrollo de la investigación, la misma está desplegada en cinco fases las cuales proporcionan el cumplimiento a los objetivos específicos ya mencionados. En este orden de ideas, se da una explicación detallada del desglose de cada fase que se llevó a cabo durante la ejecución de la investigación.

Fase I: Evaluar los diferentes dispositivos mecánicos de almacenamiento vertical y manejo de materiales, existentes en el mercado.

Se reunió información preliminar acerca de dispositivos de almacenaje vertical, que se encuentran en el mercado y los que se utilizan en la actualidad, así como también, se realizó un estudio de las condiciones de trabajo actuales de sistemas de almacenamiento convencionales (estanterías, montacargas, escaleras de mano, entre otros).

Se recopilaron datos a través de información obtenida por estudios anteriores, por parte de expertos e información de dominio público o la realización de visitas directas a industrias metalmecánicas.

Fase II: Diseñar en base a los dispositivos existentes un nuevo dispositivo de almacenamiento.

En esta etapa, primero se establecieron especificaciones de funcionamiento del sistema, con el propósito de definir cuidadosamente el modo en que se pueda resolver el problema, basado en soluciones técnicas aportadas por la

fase previa de investigación y recopilación de información. Como criterio de selección se tiene que el dispositivo debe mejorar el espacio dentro de los almacenes al aprovechar la altura de los mismos, disminuir el tiempo de preparación de pedidos para las líneas de producción, ser ergonómico y de fácil ejecución del diseño.

Posteriormente, en esta fase, se procedió al diseño de los elementos y selección de los dispositivos que conforman la alternativa seleccionada como la mejor solución, según las diferentes teorías, leyes y herramientas del diseño. Se describió detalladamente la solución seleccionada, se definieron los parámetros de los diferentes mecanismos involucrados y se seleccionaron los distintos componentes comerciales que se requieran para el diseño.

Fase III: Simular el funcionamiento del sistema de almacenamiento vertical.

En esta etapa se realizó una simulación del sistema diseñado, por medio del software computacional SolidWorks, donde se hizo una y cada una de las piezas que la conformaron, también se plasmó los planos con sus respectivas medidas y por último se verificó el correcto funcionamiento del sistema sometido a un estado de cargas, las cuales se presentan por los diferentes elementos que actúan en el sistema.

Fase IV: Elaborar el manual de operación y el plan de mantenimiento para el nuevo sistema diseñado.

Se elaboró un manual de usuarios que permite conocer algunas características importantes del funcionamiento del sistema.

Así mismo, se realizó un manual de mantenimiento del equipo dirigido a usuarios, que establece los parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de: reemplazar algún elemento necesario para el funcionamiento del sistema, realizar inspección, limpieza, lubricación y ajustes.

Fase V: Realizar el estudio de factibilidad económica del sistema diseñado.

En esta etapa se elaboró un listado de materiales y equipos necesarios para implementar el diseño, las cotizaciones se obtuvieron por medio de asesorías con proveedores y mediante consultas en la web, con esta información se evaluó la factibilidad económica del proyecto aplicando un modelo básico de rentabilidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente trabajo de investigación se trazó una serie de fases, con las cuales se determinó el plan a seguir para la conclusión del mismo. A continuación se expresan los datos encontrados en cada una de las fases planteadas.

4.1. Evaluar los Diferentes Dispositivos Mecánicos de Almacenamiento Vertical y Manejo de Materiales, Existentes en el Mercado.

En esta fase se compiló información preliminar acerca de dispositivos de almacenaje vertical, que se encuentran en el mercado y los que se utilizan en la actualidad, además se evaluaron las condiciones de trabajo actuales de sistemas de almacenamientos convencionales.

4.2 Plantear y Seleccionar la Solución más Idónea.

Antes de generar posibles soluciones se deben conocer las variables que se presentan en el proceso de almacenamiento, además el sistema a diseñar debe cumplir con una serie de especificaciones:

- Especificaciones del material a transportar (Dimensiones, peso, ...)
- Dimensiones estimadas del almacén
- Grado de rotación de los materiales a almacenar

4.2.1. Función Principal de la Solución

Gestión de entradas y salidas de manera automatizada, de material de almacén de materia prima de empresa metalmecánica, con tiempos de preparación de pedidos para líneas de producción cortos.

Los espacios dentro de una planta o en cualquier almacén de una empresa tienen que ser aprovechados al máximo, y uno de los principales inconvenientes es el área que se emplea solo para el almacenaje, la cual deben reducir para así alcanzar niveles óptimos. Por lo que se requiere la implementación de un sistema de almacenaje que

les permita aprovechar al máximo el espacio dentro de la planta, y facilite el surtido de la materia prima del almacén hacia las líneas de producción.

4.2.2. Búsqueda de Soluciones

Para la correcta solución de una problemática, se necesita de las diferentes perspectivas, y cada uno de estos ángulos ofrece recursos diferentes, todos estos con el fin de satisfacer la misma necesidad, pero con enfoques diferentes. Este recurso ayuda a que se pueda dar una solución al problema más efectiva y eficaz. A continuación, se describen las variables fundamentales (V.F.) y sus respectivas limitaciones (Tabla 2), en orden de definir la estructura y establecer las bases del problema descrito, tal como se enuncia Vilchez, N. (1982). El cual define como variables fundamentales:

- El sistema básico (S.B.)
- El estado inicial del sistema básico (E.I.S.B.)
- El estado final del sistema básico (E.F.S.B.)
- El sistema a diseñar (S. a D.)
- El sistema ambiental (S.A.), en el cual se desarrolló el procesos entre el sistema a diseñar y el sistema básico.

Tabla 2. Limitaciones de las Variables Fundamentales

V.F.	Limitaciones
S.B.	Materia Prima
E.I.S.B.	Sin Almacenar
E.F.S.B.	Almacenado
S. a D.	Dispositivo
S.A.	Industria Metalmeccánica

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

Seguidamente, se procederá a la exposición de las diferentes soluciones a la problemática que se está planteando en el proceso de diseño.

4.2.2.1. Probable Solución No 1 (PS₁):

La solución es en base a un tipo de almacenaje como lo es el de las estanterías gravitatorias, la cual cumple con un factor muy importante que es la del ahorro en gastos eléctricos excesivos debido a que las cajas por gravedad se moverán en dirección al dispositivo y estas luego serán desplazadas por medio de este, logrando alcanzar el punto de entrega de la mercancía. (Ver figura 16)

Luego de haber hecho la entrega este se ubicará en un espacio donde por medio de un conjunto de transporte por bandas o rieles, volverá a dejar la caja en su punto de inicio y así sucesivamente con las demás cajas en la estantería.

El dispositivo contará con una plataforma de recepción y estará fijo a un sistema de rieles por el cual se moverá por el almacén en busca de los materiales en los pasillos, esta será totalmente automática, por lo que, es que no es necesario la mano de obra y con ella se reduce los gastos, solo cuenta con un operador.

En cuanto al sistema que manejara la automatización de del dispositivo, tendrá sensores de posición, contadores para las cajas en cada cubículo, una bobina que energizara cada pasillo y actúe el mecanismo, actuadores que estarán posicionados en cada entrada de cubículo, pulsadores de emergencia y de arranque y parada del sistema por precaución.

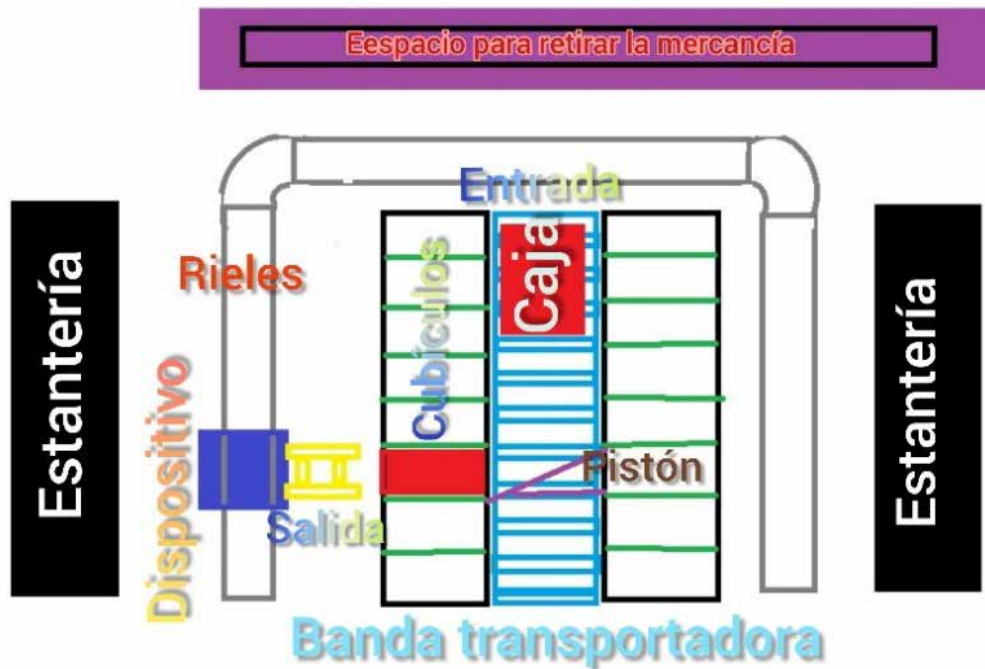


Figura 16. Esquema posible Solución No 1 (PS₁)

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

4.2.2.2. Probable Solución No 2: Sistema de almacenamiento vertical, automatizado transelevador de cajas (PS₂)

Como se puede observar en la figura 17, este sistema está constituido por un pasillo por el cual circula el transelevador (3), sobre rieles (5) por medio de ruedas (6), a ambos lados del pasillo se encuentran ubicadas las estanterías (1), donde se almacenarán las cajas llenas de materiales. El transelevador estará conformado por tres estructuras, la primera la columna de elevación (9), el cual es el soporte principal y guía de la cuna de elevación (7), en esta parte de la estructura se colocará un dispositivo de extracción de las cajas de las estanterías (10), para el movimiento de elevación se empleara un motorreductor (2), la segunda estructura es el bastidor inferior donde se encuentra el conjunto motor que se encarga del movimiento a través del pasillo y sirve de guía para el transelevador (4), la tercera estructura denominada bastidor superior (8), se encarga también de guiar al dispositivo evitando que este vuelque, por medio de un riel guía.

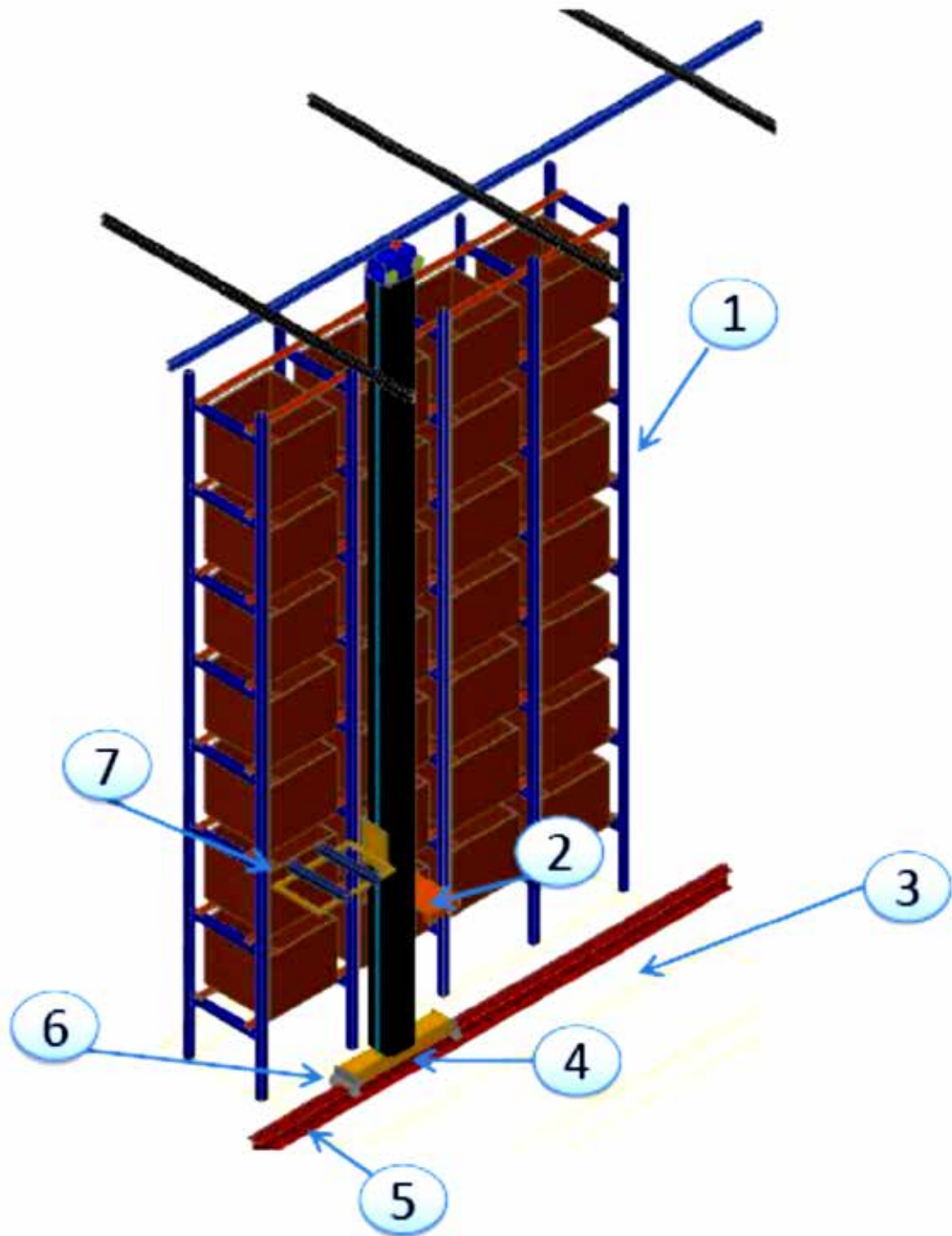


Figura 17. Sistema de almacenamiento vertical, automatizado transelevador de cajas (PS₂).

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

4.2.2.3. Probable Solución No 3 (PS₃):

Consta de rieles con ruedas horizontales que están unidas en conjunto para desplazarse por el almacén y a cada una de las estanterías en busca del producto seleccionado por el sistema automatizado, la cual cumplirá con la función de un obrero y reducirá el costo en mano de obras. (Ver figura 18)

No es necesario que haya personal en el almacén, porque con tener a un operador que controle los movimientos de pedido y descarga de la mercancía es más que suficiente.

El dispositivo tendrá una especie de mecanismo muy parecido a un transelevador con una altura determinada a las dimensiones de la estantería y poder lograr alcanzar la mercancía, este a su vez tendrá un sistema de seguridad en frenos para permitir buscar y bajar la mercancía sin ningún riesgo, la plataforma tendrá un pistón que se accionará en el momento que se encuentre en la posición deseada para recoger el producto y luego se retrae para obtenerlo y así poder descender.

El sistema automatizado ocupará sensores de posición para la ubicación de la mercancía, contadores para saber el control de los productos, bobinas para colocar en movimiento el motor que mueve al carrito y haga que se desplace por el almacén, sensores de inicio y final de carrera para el pistón.

Al salir de los pasillos donde se encuentran las estanterías, se dispondrá de una banda transportadora donde se va a depositar la mercancía que fue ubicada en el almacén y esta se llevará a otra línea de producción.

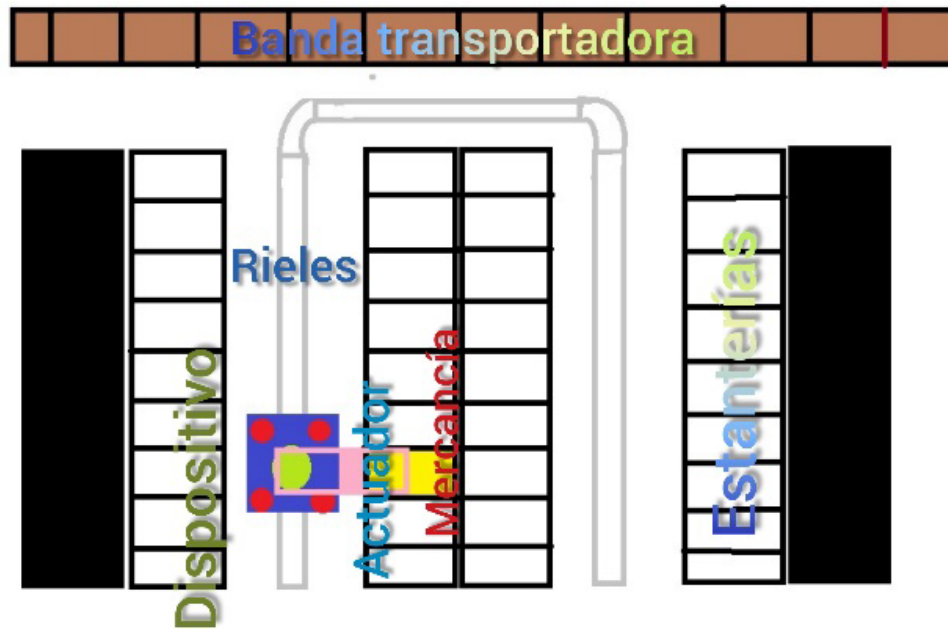


Figura 18. Esquema posible Solución No 3.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

4.2.3. Criterios de Evaluación y Escogencia de la Propuesta

A continuación una lista de criterios y restricciones, a tomar en cuenta para el diseño de las posibles soluciones, los cuales pretenden:

- Eliminar las formulaciones que se alejen de la definición operativa del problema de diseño mecánico.
- Seleccionar la propuesta más idónea que resuelva la problemática.

4.2.3.1. Lista de Criterios y Restricciones

Se han presentado tres soluciones del sistema que se quiere diseñar, pero es importante saber que unos diseños son más convenientes que otros, basados en algunos criterios claves. A continuación, se procederá a la selección de la mejor solución de acuerdo a la ponderación obtenida por los criterios empleados para el diseño.

Lista de Restricciones:

Las restricciones son especificaciones que permiten rechazar algunas de las probables alternativas de solución sin necesidad de compararlas con las restantes. Se han considerado las mencionadas a continuación:

1. El sistema no debe abarcar un área mayor a 64 m² (R₁).
2. El sistema debe poseer una altura mayor a 8 metros (R₂).
3. El dispositivo debe soportar cargas con un peso máximo de 400 kg (R₃).
4. El dispositivo almacenará cargas colocadas en paletas o cajas de área 113 x 113 mm. (R₄).

Lista de Criterios:

Los criterios son especificaciones que van a ser usados para comparar soluciones y eventualmente decir cuál de estas son viables. Se han considerado los mencionados a continuación:

1. Menor costo de fabricación (C₁).
2. Facilidad de diseño y construcción (C₂).
3. Menor costo de mantenimiento (C₃).
4. Mayor rapidez de almacenaje y despacho (C₄).
5. Mayor capacidad de almacenamiento (C₅).

4.2.3.2. Aplicación de Restricciones a Posibles Soluciones:

En este procedimiento se aplicaron restricciones a todas las probables soluciones, de esta manera la posible solución (PS), que no cumpliera con alguna de las restricciones, se desechó, y aquella que cumplió con todas las restricciones se convirtió en una solución.

Tabla 3. Aplicación de Restricciones a Probables Soluciones.

	PS1	PS2	PS3
R1	Si	Si	Si
R2	Si	Si	Si
R3	Si	Si	Si
R4	Si	Si	Si

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Utilizando la tabla 3, se verificó que todas cumplen con las restricciones, por lo tanto, se convierten en soluciones, representadas por la letra S, como se menciona a continuación:

La PS₁ se convierte en la S₁.

La PS₂ se convierte en la S₂.

La PS₃ se convierte en la S₃.

4.2.3.3. Ponderación de Criterios

Para establecer la prioridad de los criterios al momento de realizar la selección de la mejor solución, los mismos se compararon entre sí, en la tabla 4, y se le colocaron un número a cada uno, que representa el nivel de importancia, siendo el de mayor valor el más relevante.

Tabla 4. Ponderación de Criterios.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	N° de veces	PC _x
C ₁						4	PC ₁ = 5
C ₂	C ₁					2	PC ₂ = 3
C ₃	C ₁	C ₂				1	PC ₃ = 2
C ₄	C ₁	C ₄	C ₄			3	PC ₄ = 4
C ₅	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄		0	PC ₅ = 1
Orden de importancia	1er o.	3ro.	4to.	2do.	4to.		

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

4.2.3.4. Ponderación de Soluciones Respecto a Cada Criterio

En la tabla 5, se estableció la jerarquía de las soluciones, verificando las que cumplen con el criterio uno, estableciendo comparaciones entre ellas, para asignarle un número de acuerdo a la cantidad de veces que se repite una misma solución, obteniendo el mayor valor, la que más aparezca en la misma.

Tabla 5. Ponderación de Soluciones de Acuerdo al Criterio C₁.

C1	S1	S2	S3	N° de veces	Px1 = N
S1				1	P11 = 2
S2	S2			2	P21 = 3
S3	S1	S2		0	P31 = 1
Orden de importancia	2do.	1ro.	3ro.		

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

De la misma forma que se hizo en la tabla anterior, se procedió en la tabla 6, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6. Ponderación de Soluciones con Respecto al Criterio C₂.

C2	S1	S2	S3	N° de veces	Px2 = N
S1				0	P12 = 1
S2	S2			2	P22 = 3
S3	S3	S2		1	P32 = 2
Orden de importancia	3ro.	1ro.	2do.		

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

La comparación de las soluciones con respecto al tercer criterio, se realizó en la tabla 7.

Tabla 7. Ponderación de Soluciones con Respecto al Criterio C₃.

C3	S1	S2	S3	N° de veces	Px3 = N
S1				0	P13 = 1
S2	S2			2	P23 = 3
S3	S3	S2		1	P33 = 2
Orden de importancia	3ro.	1ro.	2do.		

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

En la tabla 8 se compararon todas las soluciones con respecto al criterio cuatro, utilizando el mismo procedimiento anterior.

Tabla 8. Ponderación de Soluciones con Respecto al Criterio C4.

C4	S1	S2	S3	N° de veces	Px4 = N
S1				0	P14 = 1
S2	S2			2	P24 = 3
S3	S3	S2		1	P34 = 2
Orden de importancia	3ro.	1ro.	2do.		

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

Y el criterio cinco se representan en la tabla 9 como se puede observar a continuación:

Tabla 9. Ponderación de Soluciones con Respecto al Criterio C5.

C5	S1	S2	S3	N° de veces	Px5 = N
S1				0	P15 = 1
S2	S2			1	P25 = 2
S3	S3	S3		2	P65 = 3
Orden de importancia	3ro.	2do.	1ro.		

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

4.2.3.5. Ponderación Final.

En la tabla 10 se representan las multiplicaciones de las ponderaciones de cada uno de los criterios, con las de las soluciones, siendo la mejor solución, la que presente el mayor valor en la suma de estos resultados.

Tabla 10. Ponderación Final para establecer la mejor solución.

PC_x	P1_x	PC_x·P1_x	P2_x	PC_x·P2_x	P3_x	PC_x·P3_x
PC ₁ = 5	P11 = 2	(5)·(2)=10	P21 = 3	(5)·(3)=15	P31 = 1	(5)·(1)=5
PC ₂ = 3	P12 = 1	(3)·(1)=3	P22 = 3	(3)·(3)=9	P32 = 2	(3)·(2)=6
PC ₃ = 2	P13 = 1	(2)·(1)=2	P23 = 3	(2)·(3)=6	P33 = 2	(2)·(2)=4
PC ₄ = 4	P14 = 1	(4)·(1)=4	P24 = 3	(4)·(3)=12	P34 = 2	(4)·(2)=8
PC ₅ = 1	P15 = 1	(1)·(1)=1	P25 = 2	(1)·(2)=2	P35 = 3	(1)·(3)=3
Sumatoria		20		44		26

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

La solución que resulta adecuada, es la número dos.

4.3. Diseñar en Base a los Dispositivos Existentes un Nuevo Dispositivo de Almacenamiento.

El dispositivo de almacenamiento automatizado estará conformado por una estructura de elevación, una estructura inferior que servirá de guía donde se encontrará el sistema de accionamiento para el movimiento de traslación y una estructura guía superior.

El órgano de traslación es el encargado del desplazamiento del dispositivo. La función principal que debe cumplir este sistema es proporcionar una velocidad y aceleración elevadas, puesto que estos parámetros determinan la viabilidad de este tipo de máquinas.

Hoy en día, en el mercado todas las máquinas transelevadores y la mayoría de aparatos de elevación utilizan un único sistema de traslación. Como lo es el de rodadura por vía inferior y guiado por un carril superior (ver figura 19). La rodadura es como la utilizada en trenes, en el que la rueda se desplaza por un riel, con fricciones pequeñas. Este sistema basa su estabilidad en el apoyo en el carril inferior y superior.

Las ventajas fundamentales del sistema de rodadura por riel superior e inferior es su adecuación para traslación de maquinaria de gran peso debido a su resistencia, con un guiado preciso y sencillo, bajo coste económico debido a su amplia utilización, y una adaptación ideal en espacios reducidos.

La estructura de elevación estará conformada por la columna y la cuna de elevación donde se colocarán las cajas, y por medio de un conjunto de horquillas telescópicas automáticas, se ingresarán o retirarán de la estantería. La columna de elevación servirá como apoyo y guía a la cuna para poder alcanzar las alturas deseadas. Dicha columna será fabricada a partir de planchas de acero. Ésta también servirá de soporte del motorreductor encargado de los movimientos de elevación y descenso de la cuna por medio de un sistema de cables y poleas. La estructura inferior se encargará de soportar todo el sistema de elevación y en ella se encontrará el mecanismo de traslación del dispositivo, debe ser diseñada de manera que soporte grandes cargas con pequeñas deformaciones, ya que es indispensable que no abarque mucho espacio en altura medido desde el piso, para aprovechar más el volumen de almacenamiento.

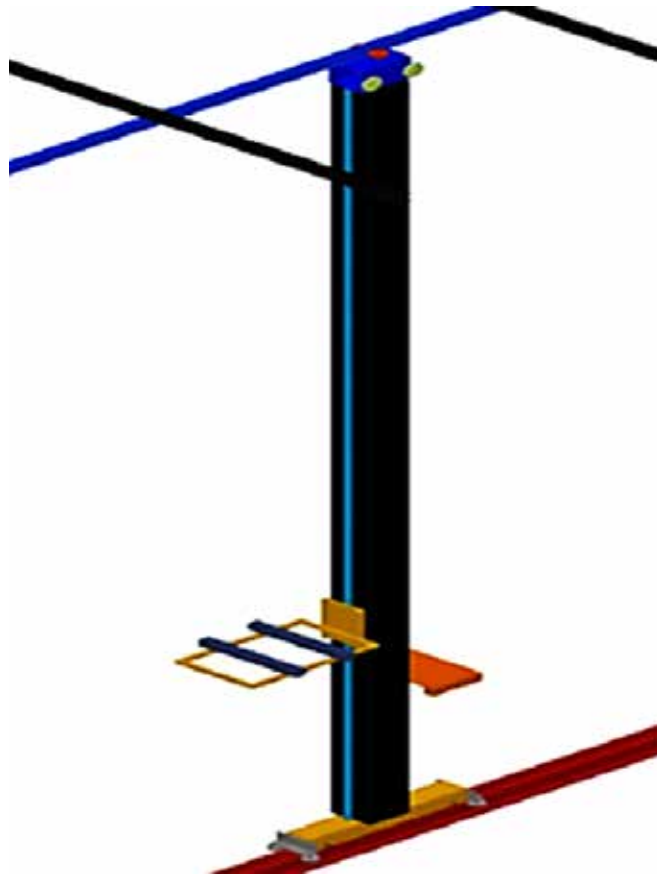


Figura 19. Rodadura por vía inferior y guiado por carril superior.
Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

La estructura de guía superior estará conformada por un conjunto de ruedas quienes por medio de un carril superior, evitarán el volcamiento del sistema.

El estudio para el diseño del dispositivo se ha estructurado de la siguiente manera:

Estructura de la estantería.

Estructura de elevación.

Estructura inferior.

Estructura superior.

En la tabla 11 se expone un desglose de cada elemento de la estructura.

Tabla 11. Elementos del Sistema.

Elementos del Sistema	pp.
4.3.1. Estructura de la Estantería.	62
4.3.1.1. Diseño de las Vigas de la Estantería.	62
4.3.1.2. Diseño de las Columnas de la Estanterías.	70
4.3.2. Estructura de Elevación.	73
4.3.2.1. Horquillas Telescópicas.	73
4.3.2.2. Diseño de la Cuna de Elevación.	74
4.3.2.3. Diseño de las Ruedas de la Cuna de Elevación	88
4.3.2.4. Cálculo del Motor de Elevación	91
4.3.2.5. Cálculos de los Cables de Elevación	92
4.3.2.6. Cálculo y Dimensionamiento del Tambor de Arrollamiento	95
4.3.2.7. Diseño de la Columna de Elevación.	96
4.3.3. Estructura Inferior.	99
4.3.3.1. Diseño del Bastidor Inferior.	99
4.3.3.2. Cálculo de las Ruedas del Bastidor Inferior.	103
4.3.3.3. Cálculo del Riel de Translación.	104
4.3.3.4. Cálculo de las Soldaduras de los Soportes de las Ruedas del Bastidor Inferior.	105
4.3.3.5. Cálculo del Motor de Translación.	109
4.3.3.6. Cálculo de Rodamientos de la Rueda Motriz.	112
4.3.3.7. Cálculo de los Pernos de Unión de la Estructura del Bastidor Inferior con la Columna de Elevación.	113
4.3.4. Estructura Superior.	119

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

En el apéndice A1 se encuentra un esquema del sistema donde se indican las partes del mismo.

4.3.1. Estructura de la Estantería

4.3.1.1. Diseño de las Vigas de la Estantería

A fin de simplificar los cálculos, el estado más crítico de carga para todas las vigas que conforman la estantería es el representado en la figura 20.

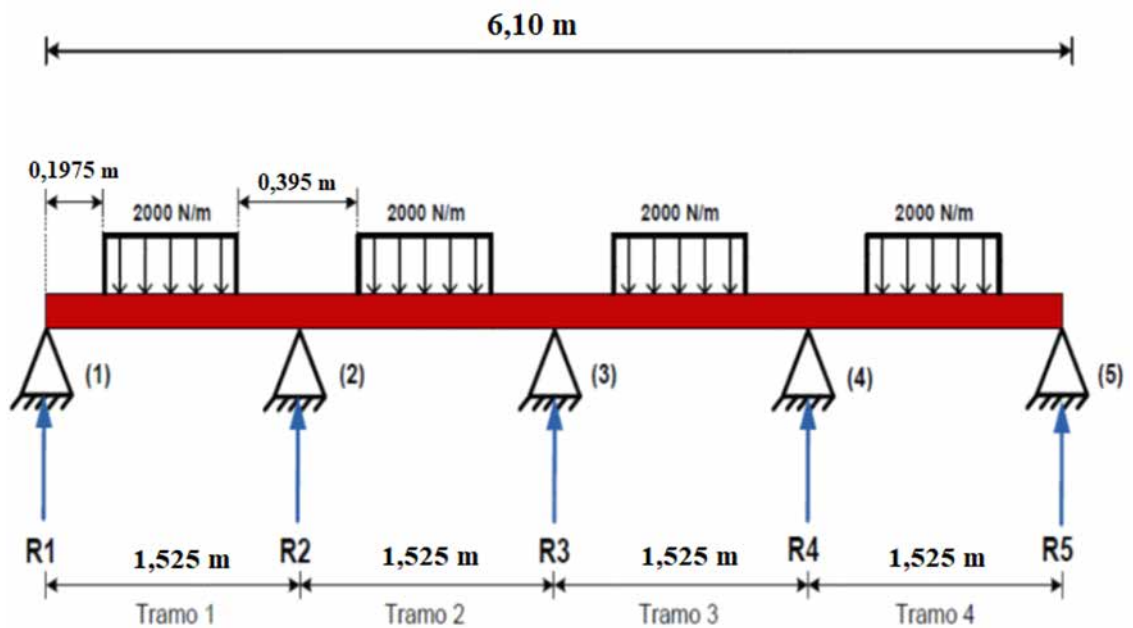


Figura 20. Estado de cargas crítico sobre una viga de la estantería.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Para el cálculo del diseño de las vigas se utilizó el software Beam Lite, el cual arrojó los siguientes resultados, (ver figura 21)

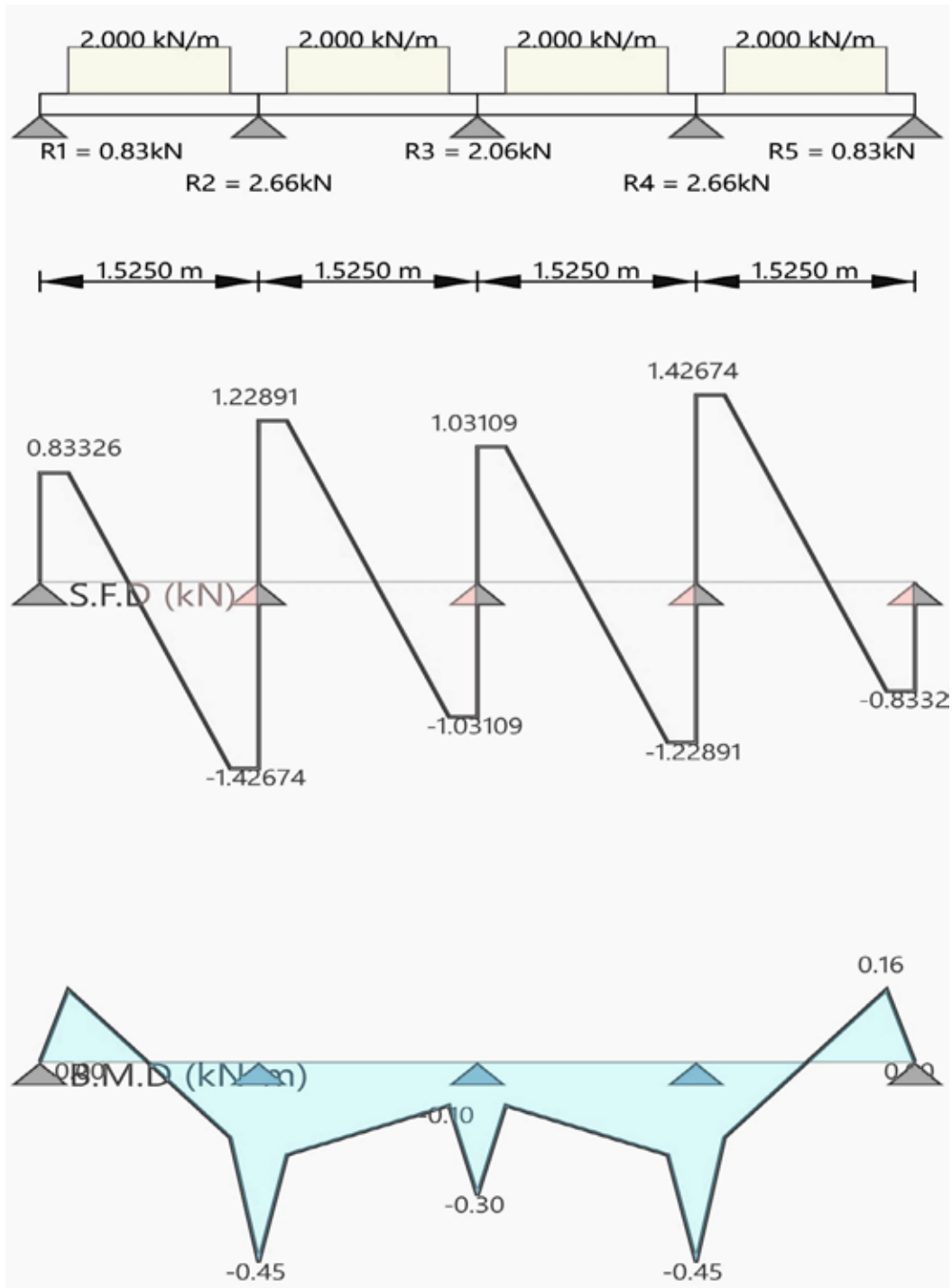


Figura 21. Diagrama de Corte y Momento Flector de la Viga de Estantería Sometida a la Carga Crítica.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

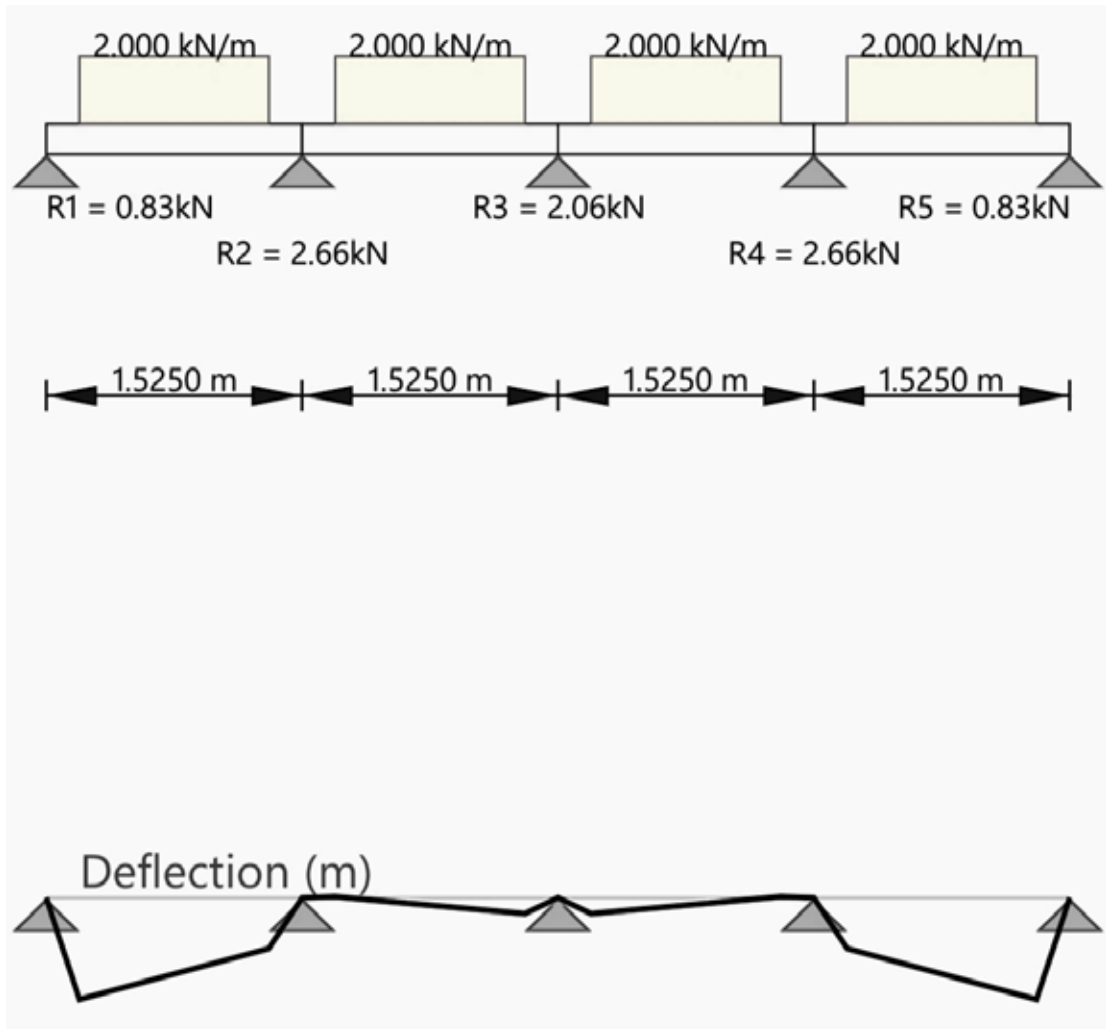


Figura 22. Diagrama de deflexión de la Viga.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Selección de la Viga

Para seleccionar la viga se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 5)}$$

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 6)}$$

Dónde:

: Esfuerzo de fluencia del material (Anexo A2)

N: factor de seguridad (); ya que el modelo analítico que se emplea para los cálculos es una representación aproximada del sistema (Norton, 2011).

Sustituyendo en la ecuación 6, el esfuerzo admisible resulta:

— —

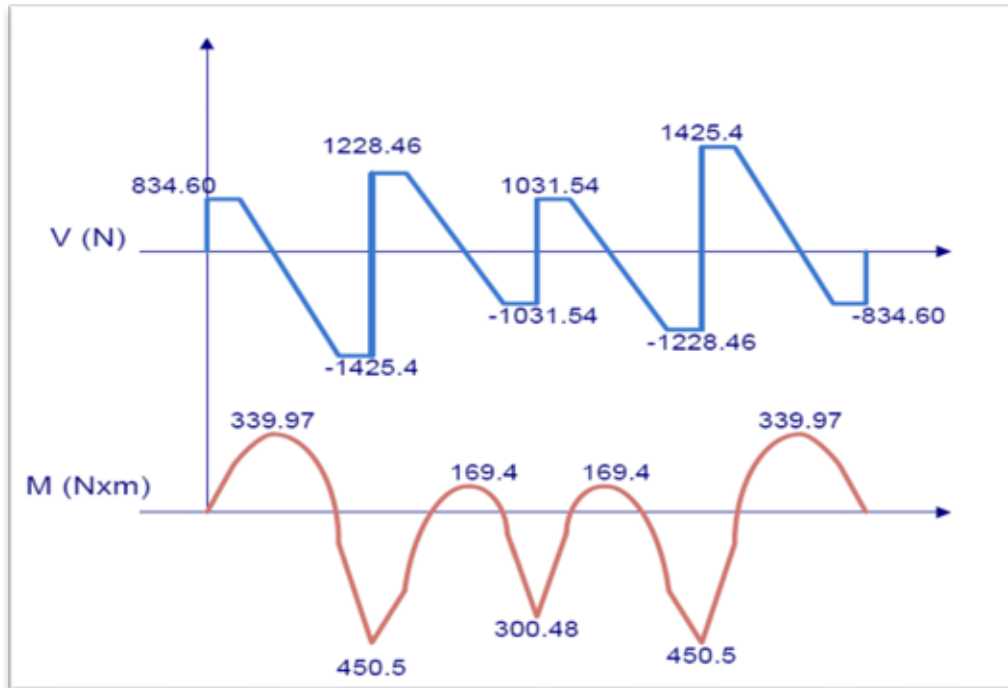


Figura 23. Diagrama de corte y momento de la viga de estantería sometida a la carga crítica.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Despejando el módulo de resistencia (S) de la ecuación 5, se obtiene:

—————

Siendo el donde el cortante V pase por cero, en el punto 2, se tiene:

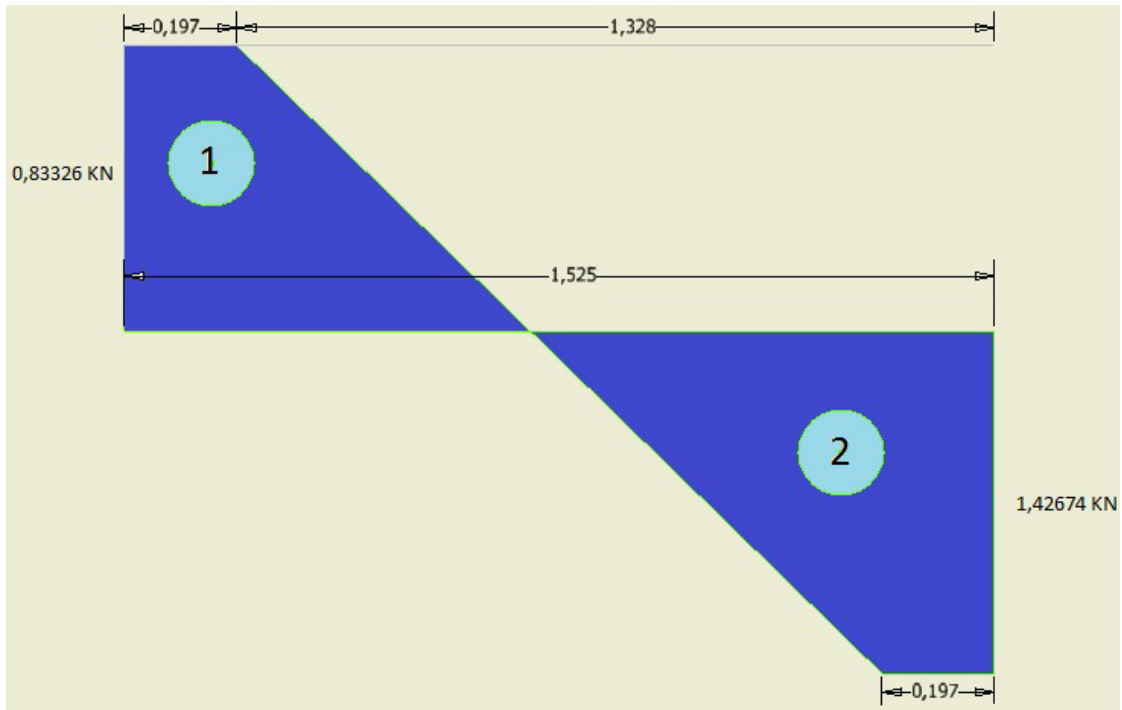
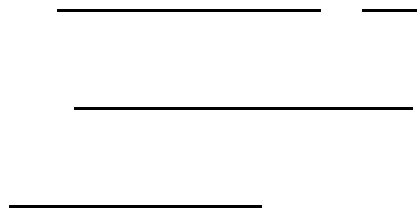


Figura 24. Diagrama de momento en la sección 1-2 producido por la carga crítica de la viga de estantería.

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)



El M_{max} se obtuvo del diagrama de momento. Sustituyendo dicho momento en Ec. 5, el valor del módulo de resistencia es:

En base al resultado anterior, se selecciona una viga de perfil cuadrado $H \times B$ de $90 \times 90 \times 2,5$ mm, con un $S = 23,88 \text{ cm}^3$ y un peso de $6,70 \text{ Kg/m.}$, $I = 107,46 \text{ cm}^4$ (Anexo A11).

Ahora se calcula el momento máximo producido por el peso propio de la viga.

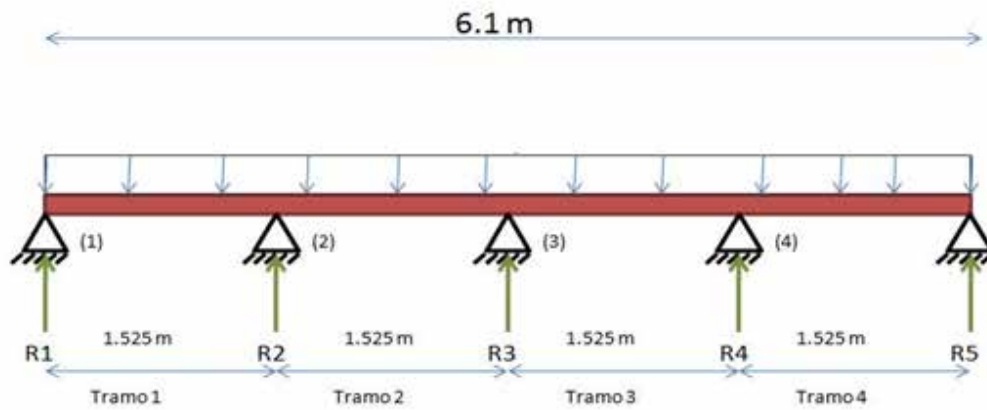


Figura 25. Diagrama de fuerzas producido por el peso propio de la viga.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Aplicando el procedimiento de resolución a partir de la ecuación de los tres momentos y apoyándose en la figura 25 se obtiene:

Aplicando sumatoria de momentos en los puntos de estudio, se obtienen las siguientes reacciones producidas por el peso propio de la viga:

Para el cálculo de la reacción “R₃”, se utilizan las ecuaciones de la estática

Con los valores obtenidos de las reacciones y momentos en los apoyos, se grafican los diagramas de Corte y momento de la viga. (Ver figura 26).

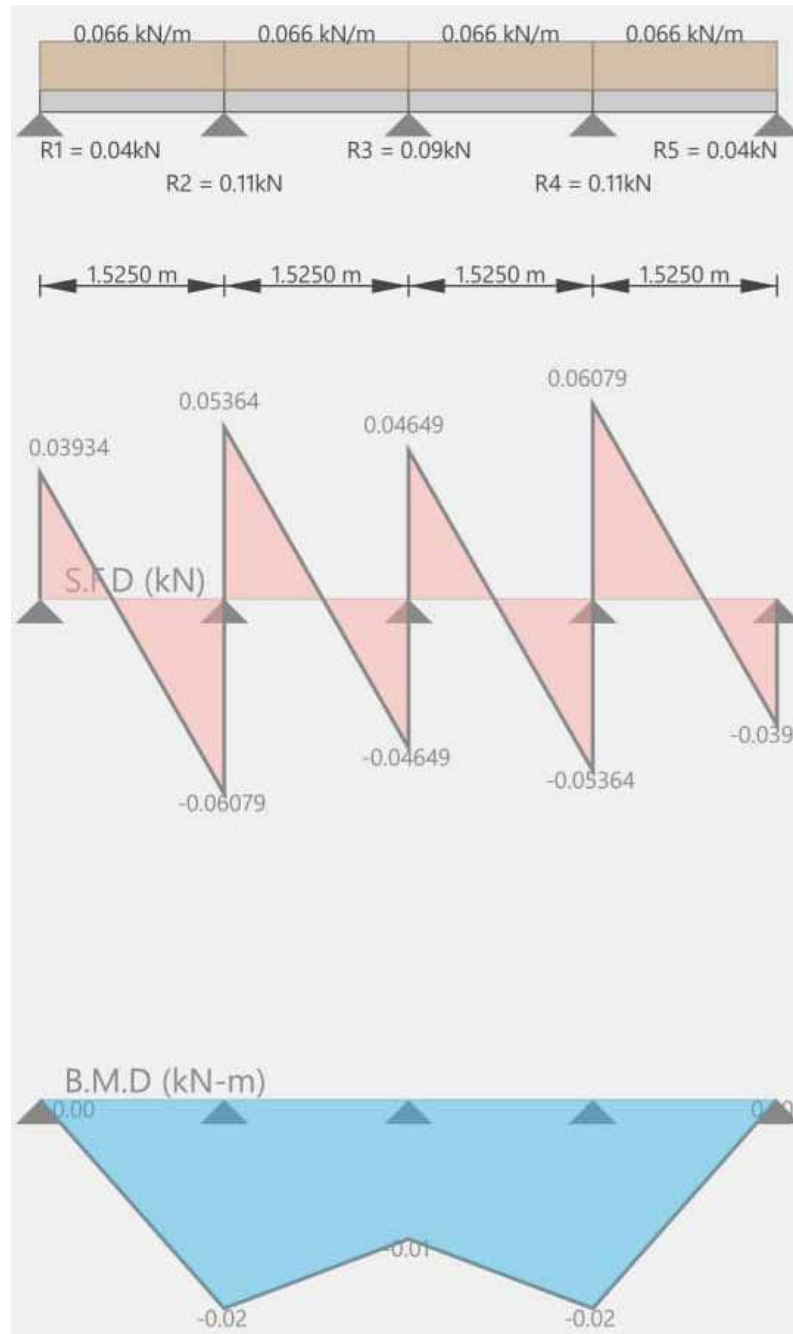


Figura 26. Diagrama de corte y momento producido por el peso propio de la viga de estantería.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Siendo el x donde el cortante V pase por cero, en el punto 2, se tiene:

Cálculo de los Esfuerzos Producidos Sobre la Viga

Ahora se calcula el esfuerzo producido por el peso de las cajas y por el peso propio de la viga, utilizando las ecuaciones Ec. 5 y Ec. 6 respectivamente:

El esfuerzo de trabajo al que se encuentra sometido la viga es igual a la suma de los dos anteriores:

Por consiguientes, según la Ec.6, el factor de seguridad con que trabaja la viga es:

Usando la Ec. 5 Esfuerzo debido al momento, se evalúa en los puntos 2, 3 y 4, siendo que en estos puntos hay tracción en la fibra superior y compresión en la fibra inferior.

Para el punto 2 y 4

Para el punto 3

El peso de la viga por metro lineal es de 6,70Kg/m, entonces el peso total:

4.3.1.2. Diseño de las Columnas de la Estantería

Para realizar el diseño de la columna, se parte de lo siguiente:

Condición fija-libre, Ver el Tassoni (2.006) lo que nos indica que se debe utilizar como factor de fijación de extremos . (Ver figura 27)

La carga axial que soportara la columna será la producida por la reacción del peso de las cajas más la reacción producida por el peso propio de las vigas de la estantería seleccionadas sobre la columna. Lo que se traduce en:

Dónde:

: Reacción máxima producida por las cargas.

: Reacción máxima producida por el peso propio de las vigas.

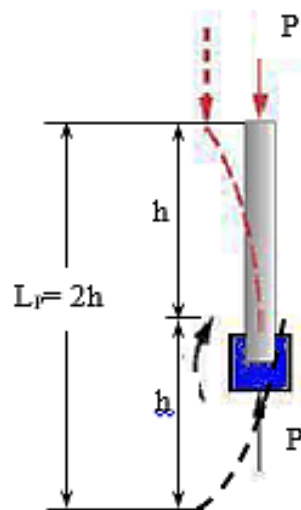


Figura 27. Condición de las columnas de la estantería. Fija – libre, bajo la acción de una carga que pasa por el centro de su sección transversal.

Fuente: Tassoni, D. y Pizzella, G. (2.006)

Se tomaron los valores más altos de las reacciones fueron los siguientes:

2,66 kN producida por las cargas y producida por el peso

propio de la viga. Sustituyendo dichos valores en la ecuación se obtiene:

Se selecciona un Perfil de acero estructural de sección cuadrada 90x90x10 mm. (Anexo A1):

Area: $A = 30,9 \text{ cm}^2$.

Inercia de la sección transversal: $I = 322 \text{ cm}^4$

Esfuerzo de fluencia del material: $S_y = 250 \text{ MPa}$.

Radio de giro: $R = 3,23 \text{ cm}$.

Se calcula la razón de esbeltez λ – ó Coeficiente de esbeltez, siendo L la longitud entre articulaciones de la pieza y R el radio de giro, por medio de la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{L}{R}$$

El coeficiente de esbeltez calculado se compara con la esbeltez límite, de la Ec. 11.

$$\lambda < \lambda_{lim} \quad \text{---} \quad \lambda > \lambda_{lim}$$

La carga crítica se calcula a partir de la Ec. 8.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

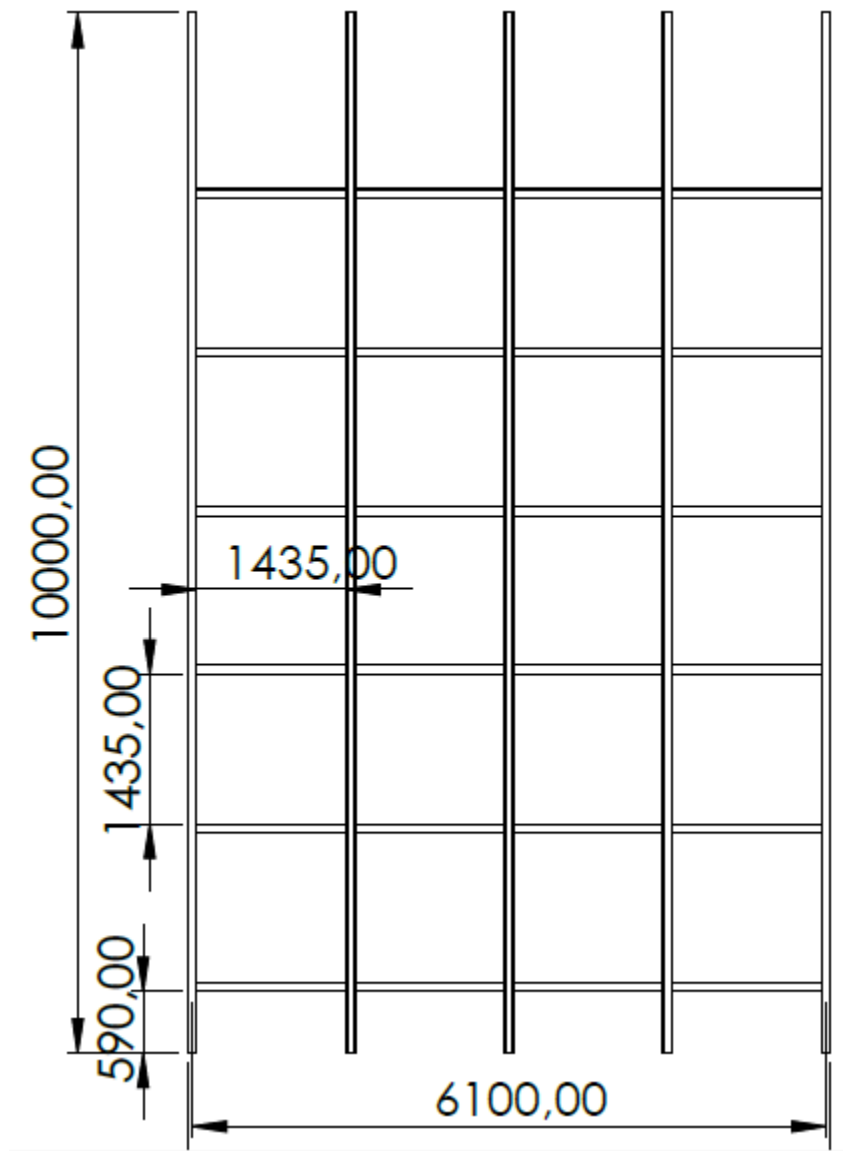


Figura 28. Dimensiones de Estanterías.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Finalmente la carga permisible de la columna se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$P_{trabajo} > P_{permisible}$$

La carga permisible es mayor que la carga a la que será sometida la columna, esto es, $P_{trabajo}$, por lo que el perfil seleccionado puede utilizarse.

4.3.2. Estructura de Elevación

4.3.2.1 Horquillas Telescópicas

Constan de dos subconjuntos iguales, unidos por una transmisión cardánica. Cada subconjunto consta de varios perfiles mecanizados superpuestos, que deslizan unos sobre otros de forma telescópica, accionados mediante motorreductor, por rodillos de levas, guiándose habitualmente por pastillas de fricción de poliuretano o bronce.

Se seleccionan unas horquillas telescópicas de la Marca WINKEL modelo 2TZ 600-1400-1200, con una capacidad igual o superior a la de la unidad de almacenaje propuesta. Las horquillas se fabrican a medida de cada aplicación y según los requerimientos, poseen las siguientes características:

El motor eléctrico de las horquillas ya forma parte integral del producto. Por lo cual no se debe estudiar la potencia necesaria para manipular la carga.

Tabla 12. Características técnicas de las horquillas telescópicas seleccionadas.

Unidad horquillas telescópicas WINKEL Modelo 2TZ 600-1400-1200 montadas	
Carga máx. pareja de horquillas:	600 Kg
Longitud de mesa:	1200 mm
Longitud de mesa superior:	1200 mm
Carrera telescópica:	1400 mm
Velocidad de desplazamiento máx.	0,50 m/s (cargada)
Aceleración:	0,50 m/s ² (cargada)
Velocidad de desplazamiento:	0,50 m/s (no cargada)
Aceleración:	0,50 m/s ² (no cargada)
Flexión de las puntas de	aprox. 30 mm

horquilla:	
Peso propio por pareja:	aprox. 350 kg
Color:	Negro

Fuente: WINKEL GmbH (s.f.). *Horquillas telescópicas, Modelo TZ. Datos Técnicos.*



Figura 29. Ejemplo de montaje de las horquillas telescópicas 2TZ marca WINKEL.

Fuente: WINKEL GmbH (s.f.). *Horquillas telescópicas, Modelo TZ. Datos Técnicos.*

4.3.2.2. Diseño de la Cuna de Elevación

El diseño de la estructura de la cuna de elevación, se realizó procurando que sea lo más rígida posible para contrarrestar los momentos flectores y torsores producidos por el peso que maneja el dispositivo, se puede observar la configuración diseñada en la figura 30.

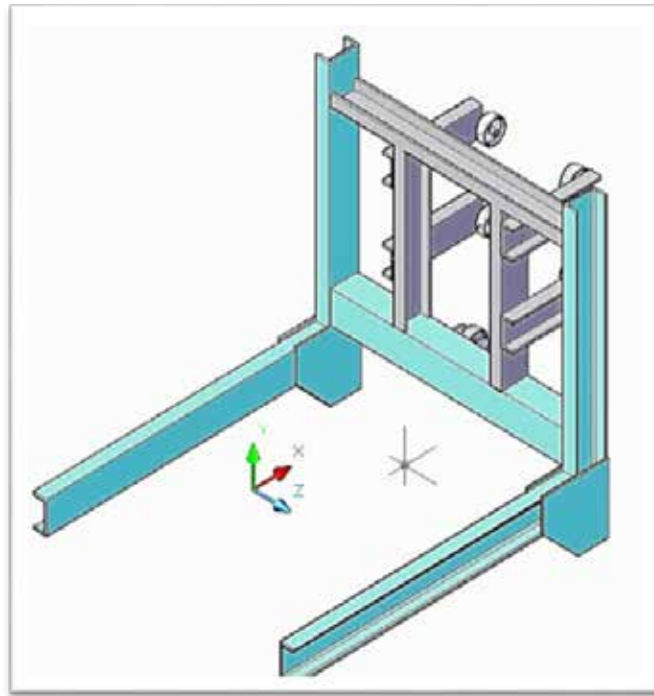


Figura 30. Estructura de la cuna de elevación.

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

Es la encargada de desplazar verticalmente la unidad de carga y efectuar los ciclos de extracción y depósito mediante el mecanismo de manipulación de cargas en nuestro caso las horquillas telescópicas.

La cuna de elevación soportara el peso de las cargas más el peso de las horquillas:

Peso máximo de las cajas o paletas 400 kg.

Peso del conjunto de horquillas completo 350 kg.

Carga total sobre los brazos de la cuna de elevación:

Peso de las horquillas + peso de la carga = 7500 N = 750 kg.

Se emplearan 2 perfiles UPN, para el soporte de las cargas, donde el peso total se distribuirá equitativamente entre 4 puntos de apoyo.

En cada punto de apoyo habrá una carga de 187,5 kg. = 1875 N, como se observa en la figura 31, en la figura 32 se muestran los diagramas de corte y momento de los brazos de la cuna de elevación.

Haciendo sumatoria de fuerzas .

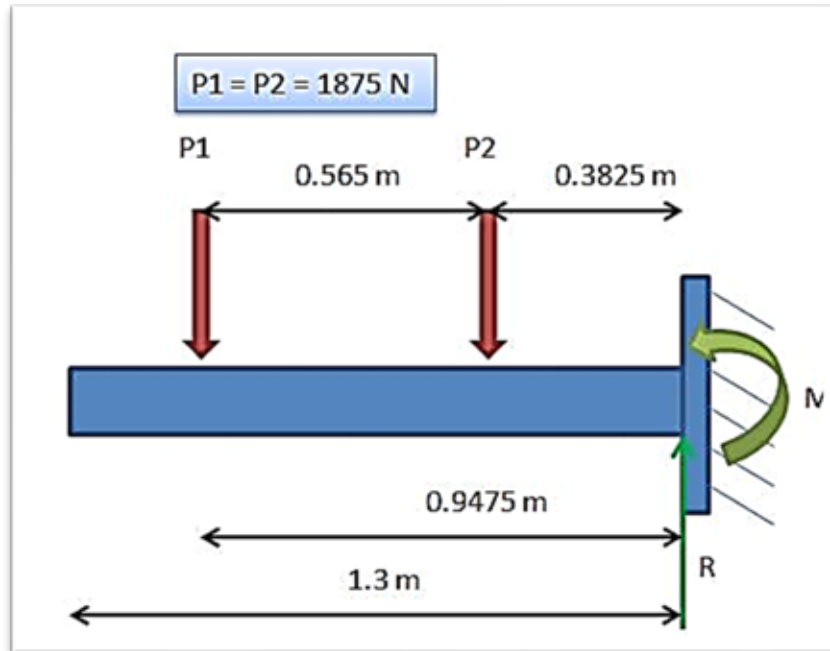


Figura 31. Estado de cargas sobre los brazos de la cuna de elevación
Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

Haciendo sumatoria de momento .

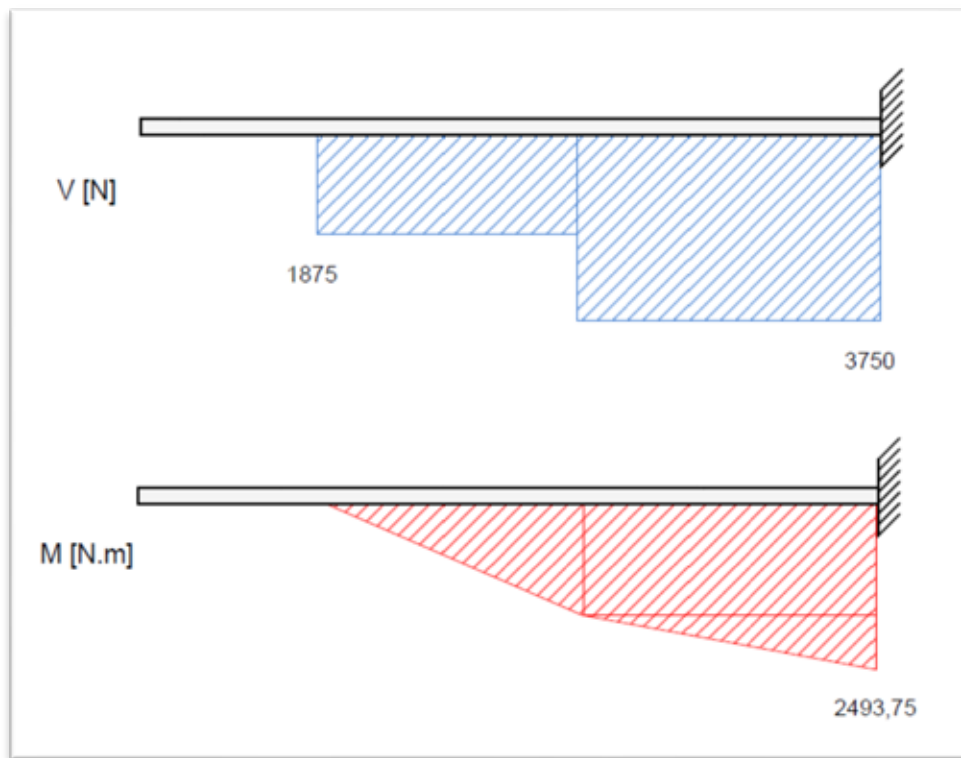


Figura 32. Diagramas de corte y Momento de los brazos de la cuna de elevación.
Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

Selección del Perfil

Como el material del perfil es acero ASTM-A36, el esfuerzo de fluencia máximo permisible para este material es, $S_y = 250$ MPa (ver Anexo A2).

El factor de seguridad es igual a 4, siguiendo los lineamientos antes expuestos para la selección del perfil de las vigas de la estantería.

Y haciendo uso de las ecuaciones 5 y 6.

Al sustituir en 6, el valor del esfuerzo admisible es:

$$\frac{S_y}{4}$$

Despejando el valor de S (módulo de resistencia) de la ecuación 5 y sustituyendo los valores de esfuerzo admisible y momento máximo producido por las cargas resulta:

Se selecciona un perfil cuyo módulo de resistencia sea superior a $39,9 \text{ cm}^3$.

Tal es el caso del perfil UPN 120 cuyo $S = 43,1 \text{ cm}^3$ y tiene un peso de $107 \text{ N/m} = 10,7 \text{ kg/m}$. (Anexo A7). La figura 33 muestra la distribución de fuerzas producidas por el peso propio.

Una vez seleccionado el perfil se debe incluir el momento máximo producido por el peso propio y calcular el momento máximo que puede resistir la viga.

(Ec. 51)

Dónde:

M_R = Momento resultante.

M_c = Momento producido por la carga.

M_{pp} = momento producido por el peso propio.

Dividiendo entre el esfuerzo admisible resulta:

(Ec. 52)

Sustituyendo estos valores por el modulo resistente se obtiene:

(Ec. 53)

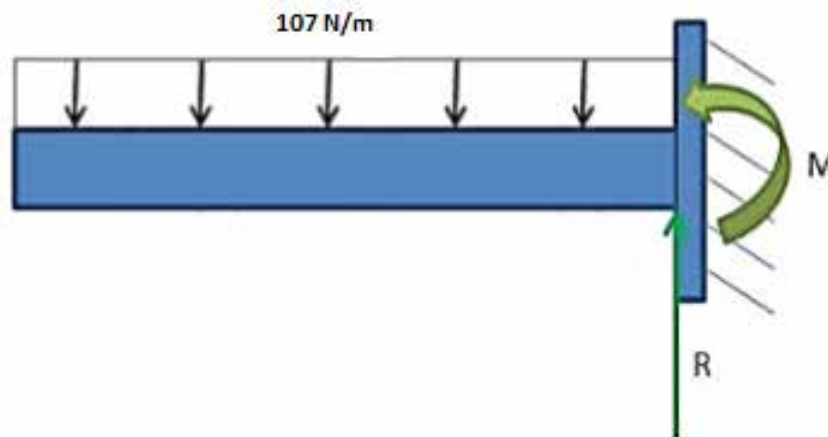


Figura 33. Distribución de fuerzas producidas por el peso propio. UPN 120.

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

Haciendo sumatoria de fuerzas

—

Ahora haciendo sumatoria de momento

— —

Con los valores obtenidos se grafican los diagramas de corte y momento para los perfiles, bajo la carga de su peso propio (ver figura 34).

Por lo tanto el módulo resistente necesario para soportar el momento producido por el peso propio se obtiene al despejar y sustituir en la ecuación 6, el esfuerzo admisible y el momento máximo producido por el peso propio resultando:

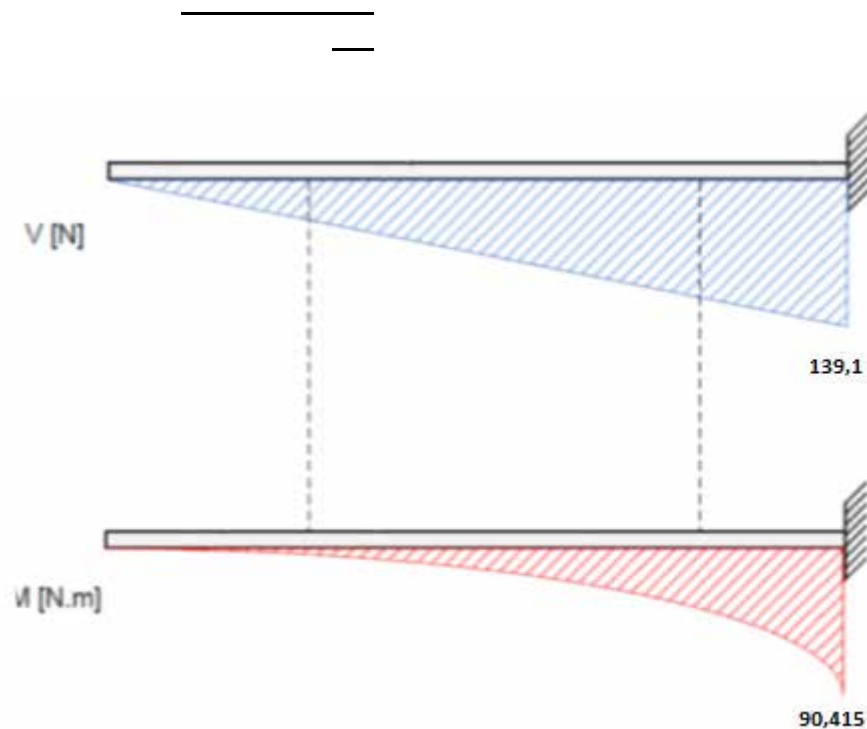


Figura 34. Diagramas de corte y momento producidos por el peso propio de los perfiles seleccionados. UPN 120.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Aplicando la ecuación de condición Ec. 53, se obtiene el siguiente valor de módulo de resistencia :

Como $(43,1 \text{ cm}^3)$ del perfil UPN 120, se mantiene esta selección. Ahora se calcula el esfuerzo de trabajo que soportara y se verifica el factor de seguridad despejando y sustituyendo en la Ec. 5

Se puede observar que el módulo de resistencia requerido con el diseño en comparación a la viga seleccionada UPN 120, es muy similar y por motivos de seguridad se escoge el elevado superior y se procede a recalcular.

Luego, del perfil UPN 140 cuyo $S = 63,1 \text{ cm}^3$ y tiene un peso de $115 \text{ N/m} = 11,5 \text{ kg/m}$. (Anexo A7). La figura 35 muestra la distribución de fuerzas producidas por el peso propio.

Una vez seleccionado el perfil se debe incluir el momento máximo producido por el peso propio y calcular el momento máximo que puede resistir la viga anteriormente descritos en la Ec 51, Ec 52 y Ec 53. Entonces tenemos:

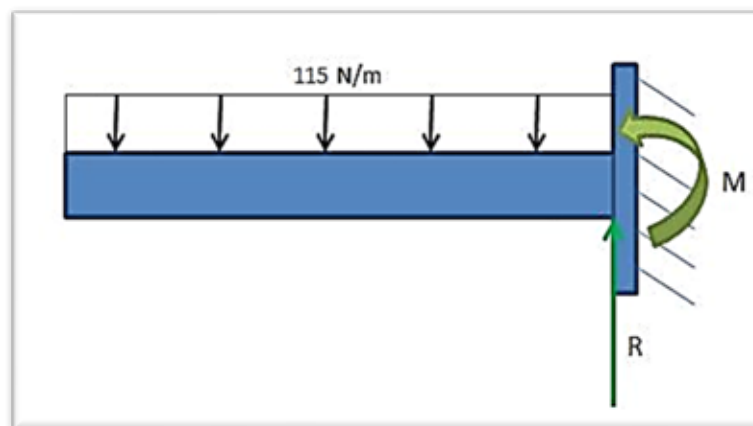


Figura 35. Distribución de fuerzas producidas por el peso propio. UPN 140
Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

Haciendo sumatoria de fuerzas

—

Ahora haciendo sumatoria de momento

— —

Con los valores obtenidos se grafican los diagramas de corte y momento para los perfiles, bajo la carga de su peso propio (ver figura 36).

Por lo tanto el modulo resistente necesario para soportar el momento producido por el peso propio se obtiene al despejar y sustituir en la ecuación 6, el esfuerzo admisible y el momento máximo producido por el peso propio resultando:

— —

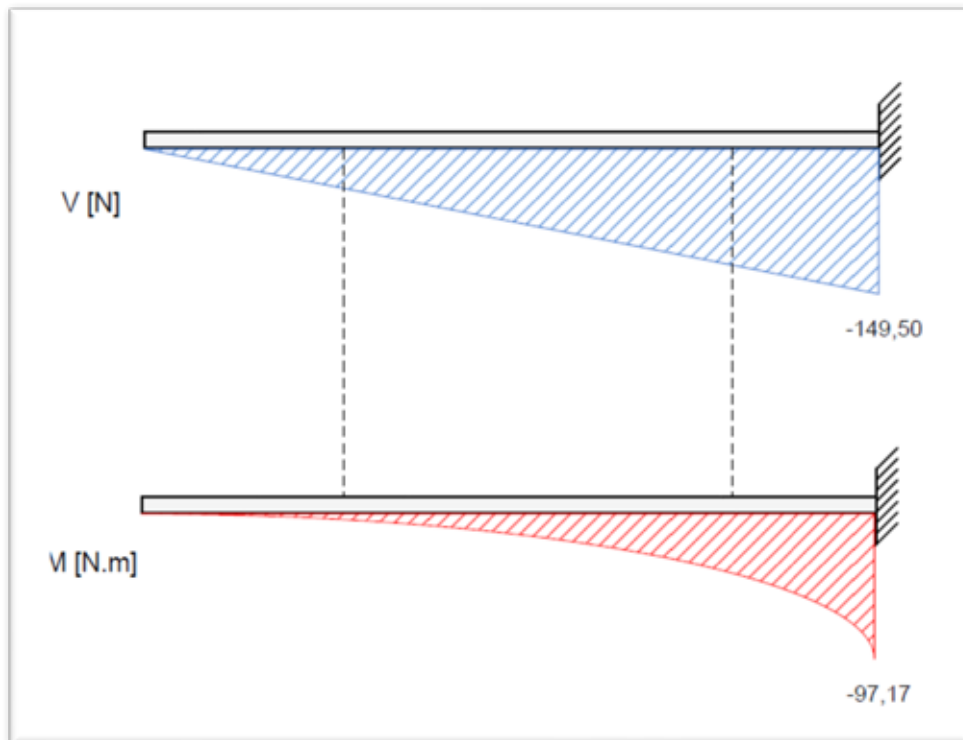
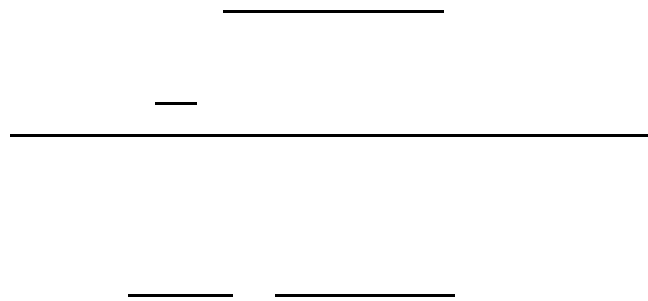


Figura 36. Diagramas de corte y momento producidos por el peso propio de los perfiles seleccionados.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Aplicando la ecuación de condición Ec. 53, se obtiene el siguiente valor de módulo de resistencia :

Como $(63,1 \text{ cm}^3)$ del perfil UPN 140, se mantiene esta selección. Ahora se calcula el esfuerzo de trabajo que soportara y se verifica el factor de seguridad despejando y sustituyendo en la Ec. 5



Se tiene un alto factor de seguridad por la diferencia existente entre el módulo de resistencia mínimo y el del perfil seleccionado, siendo un valor aceptable y favorable para el diseño.

Cálculos de los Cordones de Soldadura para el Ensamble de la Cuna de Elevación

Para un primer análisis del espesor del cordón de soldadura, se toma la sección de una las vigas que soportan las horquillas, unida a la estructura de elevación como puede observarse en la figura 30 a través de un sistema de placas de acero, que le ofrecen a la estructura la rigidez necesaria para soportar el peso de las cajas, sin que estas fallen por causa de las grandes flexiones y torsiones se toma como valor de carga 1000 kg para garantizar que la estructura soportara el peso de la carga más su peso propio.

Sobre este cordón actúan las siguientes cargas:

Corte vertical directo.

Flexión.

Torsión.

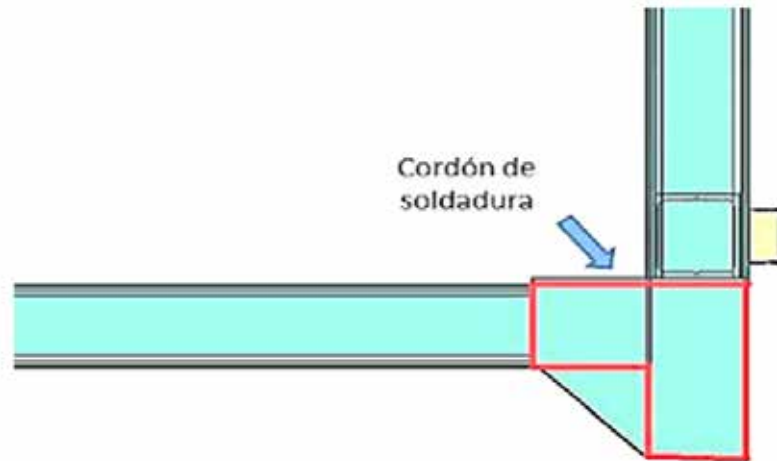


Figura 37. Geometría del cordón de soldadura.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Para calcular los valores de estas fuerzas, es necesario conocer:

Los factores A_w , J_w , Z_w , así como también la ubicación del centroide del patrón de soldadura. (Ver Anexo A3).

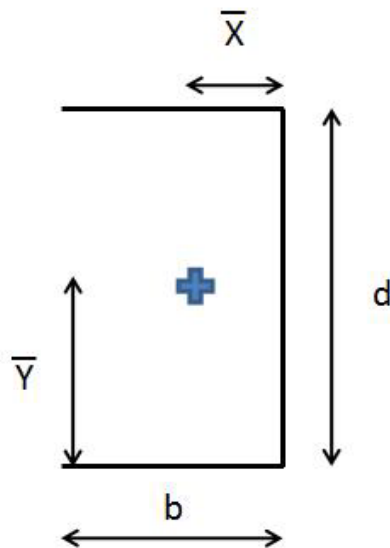


Figura 38. Factores de geometría para el análisis de soldadura.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

De la figura 36 se conocen: $d = 300 \text{ mm}$ y $b = 140 \text{ mm}$.

Se procede a calcular cada fuerza componente en la soldadura.

Fuerza de corte :

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

Dónde:

V: es el valor de la reacción producida por el peso de la carga (3750 N) en N

: Factor de geometría para el análisis de la soldadura por corte directo del Anexo A3.

$$\text{(Ec. 54)}$$

Sustituyendo valores en la Ec.26 se tiene:

Sustituyendo en la Ec. 26 el valor de la fuerza producida por corte en la soldadura resulta:

$$\text{---}$$

Fuerza de flexión (:

Para el cálculo de esta fuerza se utiliza la ecuación 27, dónde:

: Factor de geometría para el análisis de la soldadura sometida a flexión.

Del Anexo A3

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 55)}$$

Sustituyendo valores, se obtiene:

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

Para el cálculo del brazo del momento flector se tomó en cuenta las distancias que se observan en la figura 38.

Entonces, se tiene:

(Ec. 53)

)

Sustituyendo en la ecuación 27 la componente de la fuerza producida por la flexión resultante, se tiene:

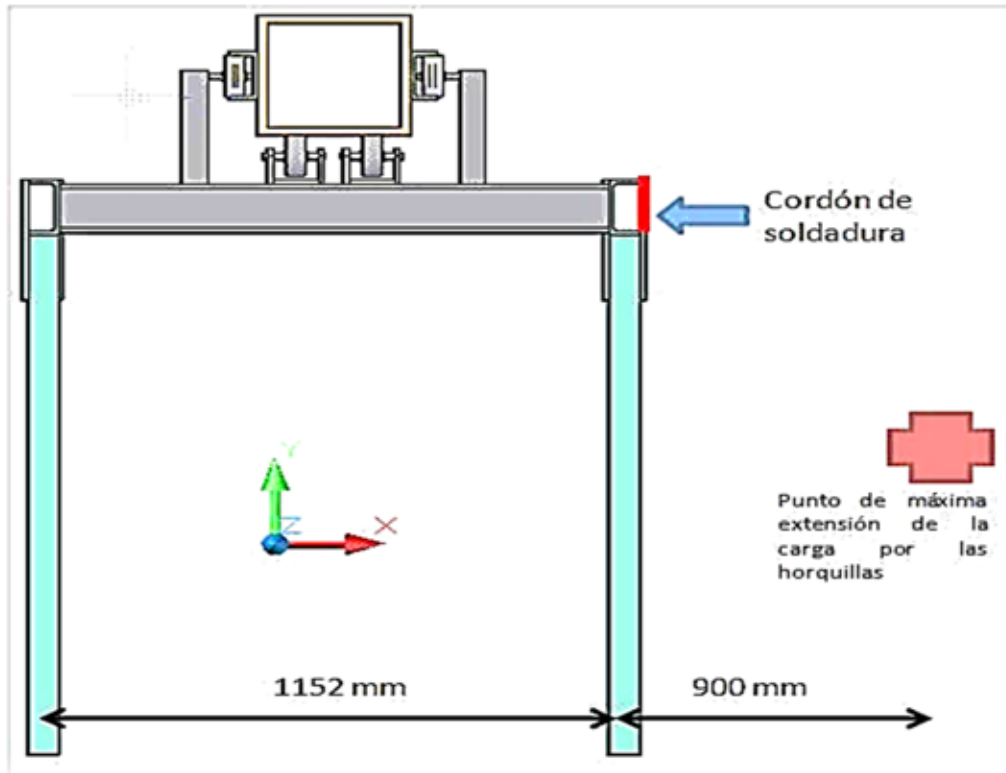


Figura 39. Distancias para el cálculo del momento flector sobre la soldadura de los brazos de la cuna de elevación.

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

Fuerza de torsión (:

Fuerzas que se deben al momento de torsión se calculan mediante la relación de la Ec.55.

(Ec. 55)

Del anexo A3, se sabe que:

Sustituyendo en la Ec.54, se obtiene:

El momento de torsión provoca que se ejerza una fuerza sobre la soldadura perpendicular a una línea radial que va desde el centroide del patrón soldado, hasta el punto de fuerza que interesa (Mott, 2006). En este caso, es el que se encuentra en el extremo superior izquierdo de la soldadura esto se aprecia en la figura 35, que es donde se experimenta la mayor fuerza.

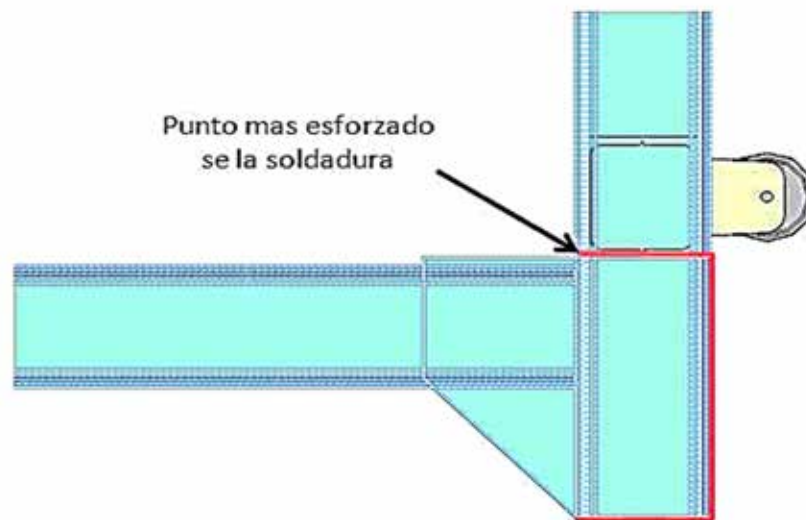


Figura 40. Localización del punto más esforzado en la soldadura.

Fuente: López, K. y Perrotts, R. (2020)

Es conviene dividir la fuerza producida por la torsión en componentes horizontal y vertical.

(Ec. 28a)

$$\text{---} \quad (Ec. 28b)$$

Para el cálculo de --- se procede como se indica en el anexo A3.

$$\text{---} \quad (Ec. 56)$$

Sustituyendo en las ecuaciones 28a y 28b

$$\text{---}$$

$$\text{---}$$

La suma vectorial de las componentes de fuerzas en la soldadura se muestra en la figura 39 y aplicando Pitágoras, se tiene

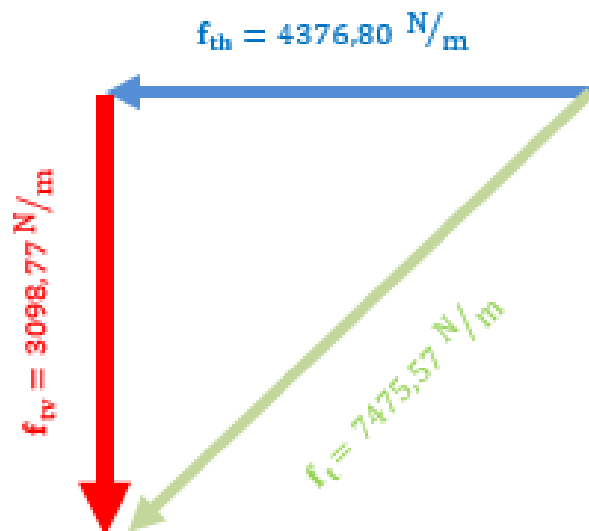


Figura 41. Representación Gráfica de la suma de las componentes vertical y horizontal de la fuerza de torsión ejercida sobre el cordón de soldadura.

Fuente: López, K. y Perrotta R. (2020)

Con base a la estática, la resultante de los componentes, de tres fuerzas será:

(Ec. 57)

Sustituyendo:

Se selecciona un electrodo clase E70 para soldar, cuya fuerza permisible por pulgada del tamaño del lado de la soldadura es 11200 Lf/pulg (ver anexo A4).

Con lo que se puede calcular el diámetro del electrodo a partir de la Ec. 36.

Para placas de espesor menor a ½ pulgada, el tamaño mínimo de lado para la soldadura del chaflán es 3/16 pulgada, espesor que es mayor que el obtenido (ver anexo A5).

Cabe destacar que cada uno de los brazos de soporte de las horquillas telescópicas posee 2 placas de unión a la estructura de elevación, lo que reduce a la mitad la fuerza sobre los cordones de soldadura.

Por lo tanto, se seleccionan electrodos E70, de 3/16 pulgadas, para la soldadura.

Como el estado de cargas para este patrón de soldadura es el más esforzado en la estructura de la cuna de elevación, se selecciona este mismo diámetro de electrodo para el resto del ensamble, lo que garantiza que las soldaduras en la estructura no fallaran.

4.3.2.3. Diseño de las Ruedas de la Cuna de Elevación

Para el cálculo de las reacciones en las ruedas guías, se resuelve el sistema de ecuaciones procedente de realizar el diagrama de cuerpo libre de la cuna de elevación, como se puede observar en la figura 42.

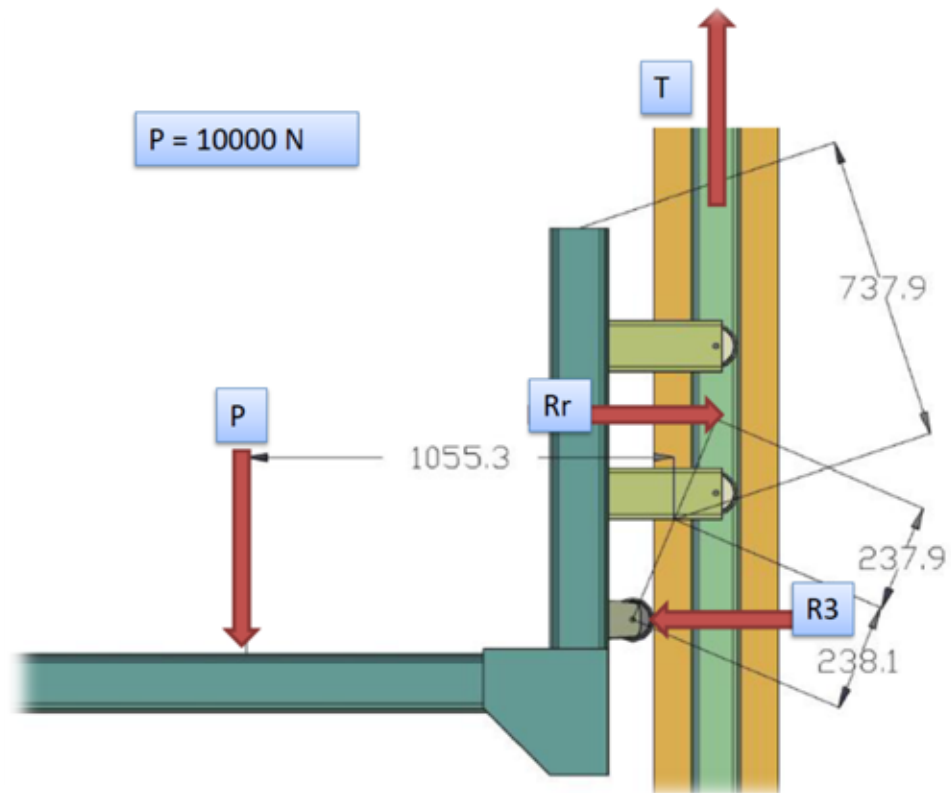


Figura 42. Diagrama de cuerpo libre de la cuna de elevación.
Fuente: López K. y Perrotta R. (2020)

Haciendo sumatoria de fuerzas en

Haciendo sumatoria de fuerzas en

Haciendo sumatoria de momentos

Dónde:

b: distancia desde el punto de aplicación de la fuerza al centroide de la línea que se encuentra entre los puntos de contacto de las ruedas guías.

Sustituyendo y resolviendo:

Despejando:

— 1883,5 kg, ya que serán dos las ruedas que se emplearán para soportar el peso de la estructura contra la columna de elevación.

— 941,75 kg, se emplearán dos ruedas por carril guía, a cada lado de la columna de elevación.

Cálculos de los Esfuerzos de Contacto en las Ruedas Guías de la Cuna de Elevación

El contacto entre las ruedas y las guías es lineal. Primeramente, se determina el tamaño de la huella de contacto, para lo cual se calcula la presión máxima a partir de la ecuación 24 y para poder estimar el ancho del área debemos calcularla a partir de la Ec. 25.

Por la Ec. 24

$$\frac{P_o}{E} = \frac{F}{b \cdot L} \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)}}$$

Sustituyendo en la Ec. 23, se tiene que la máxima presión es P_o en el centro del área, es la máxima Tensión de Compresión

$$P_o = \frac{F}{b \cdot L} \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)}} \quad (\text{Ec. 23})$$

$$526,9 \text{ MPa}$$

Se seleccionan ruedas fabricadas en fundición de hierro gris clase - 40 cuyo esfuerzo permisible a compresión es: $S_{ycomp} = 965 \text{ MPa}$. (Ver anexo A6)

Con lo que se cumple que la presión máxima en el área de contacto debe ser menor que el esfuerzo permisible de compresión con la finalidad de evitar el aplastamiento o deformación permanente de las ruedas:

Ahora se determinan los esfuerzos normales máximos en el centro de contacto de la superficie.

Simultáneamente, a una profundidad igual a $0,3 b$ en el material de cada uno de los cuerpos, se obtiene una tensión de corte máxima igual a:

$$(Ec. 21)$$

Al producirse las tensiones expresadas anteriormente se hace presente una tensión máxima a tracción, en la superficie de contacto entre los dos elementos:

$$(Ec. 23)$$

Todos los esfuerzos determinados ocurren sobre el eje radial y perpendicular a la superficie de las ruedas. Los esfuerzos normales calculados son los principales.

4.3.2.4. Cálculo del Motor de Elevación

Para un motor eléctrico, con tipo de carga media, que trabaja 10 horas por día, tenemos un factor de servicio de 1.25. (Ver figura 9, p. 34)

La potencia requerida será, Ec. 35

$$P_r = \frac{P_e}{\eta} \cdot S$$



Figura 43. Esquema del sistema Motor-Reductor a seleccionar
Fuente: Energía Controlada de México S.A. (s.f.). Motorreductor Sumitomo Hyponico 5HP

Si tiene que el sistema motor-reductor tiene las siguientes especificaciones:

Modelo MRH-353-410 y una Relación de velocidad 30:1. Con una
y una

4.3.2.5. Cálculo de los Cables de Elevación

Los cables de acero se presentan especialmente al trabajo de los aparatos de elevación vertical, habiendo sustituido casi completamente a las cadenas, sobre las que tienen ventajas considerables. Su propio peso es más reducido, permite velocidades más elevadas, ya que pasan sin ruido ni choques por las poleas, la seguridad aumenta ya que los cables no se rompen súbitamente como las cadenas.

Según la empresa de cables EMCOCABLES se recomienda para la construcción de elevadores los cables 8 x 19 Seale con alma de fibra natural y con paso lang derecho, por presentar las características de mayor flexibilidad y resistencia a la abrasión

De acuerdo a la norma DIN 4130-2009, se requiere para máquinas transelevadoras, tres cables más un factor de seguridad mínimo de cinco, entonces para la ecuación 36 se tiene:

F.S = factor de seguridad requerido, F.S = 5

$C_1 = (\text{carga de rotura})(\text{número de cables})$

$C_2 = (\text{peso cabina}) + (\text{carga útil}) + (\text{peso cables}) (\text{número de cables})$

$C_3 = (\text{tensión máxima generada por la aceleración de la cuna de elevación})$

Por tanto:

Numero de cables a utilizar= 3

Carga mínima de rotura, está dada por la Ec. 37

Dónde:

R_0 : grado de tensión del alambre= 1770

K' : Factor empírico correspondiente a la mínima fuerza de rotura para un cable de construcción dada= 0,293

El cable 8 x 19 SEALE pertenece al grupo 4 de cables. Ahora:

Peso de la Cuna de elevación = 400kg

Carga Útil= 600kg

El Peso del cable, viene dado por la Ec. 38, donde:

$K = 0,892 \text{ Kg/ } 100 \text{ mm}$

L = Longitud del cable, la cual será:

$L = 10 \text{ m}$

Sustituyendo las ecuaciones mencionadas:

Para un funcionamiento normal,



Figura 44. Diagrama de cuerpo libre de sección del cable
Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Luego:

$$C_3 = m * a_y$$

Si el ascensor parte del reposo y alcanza su velocidad nominal de 0.54 m/s, a una distancia de 1 m, se obtiene que:

Entonces tenemos que:

$$d = 15,98 \text{ mm}$$

Habiendo calculado el diámetro requerido, se procede a escoger un cable cuyo diámetro sea comercial. Por esta razón será como mínimo $d=16 \text{ mm}$ por lo que la designación para este cable es:

Cable de tracción 16mm 8x19 DIN 3062, Torcido Lang y alma de fibra natural.
(Anexo A10)

4.3.2.6. Cálculo y Dimensionamiento del Tambor de Arrollamiento

Para el cálculo del tambor de arrollamiento se debe conocer por normas de diseño, que el diámetro del tambor debe de ser 35 veces mayor que el diámetro nominal del cable. Entonces, para Ec. 39:

Se toma el diámetro para el tambor de $DT = 560 \text{ mm}$

Para las dimensiones de las ranuras del tambor se toman los valores de s , r , a de la figura 10, p. 35. Por medio de interpolación se obtiene:

$$S = 18 \text{ mm}$$

$$r = 9 \text{ mm}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

El número de espiras necesarias para arrollar el cable del elevador se calculan a partir de Ec. 40, dónde:

$L = (\text{longitud total del cable}) - (\text{longitud mínima de cable entre la plataforma y el tambor})$

$$L = 30000 \text{ mm} - 4000 \text{ mm} = 26000 \text{ mm}$$

Sustituyendo,

Es decir,

Por seguridad, en el tambor deben quedar por lo menos dos espiras arrolladas de cada lado, al estar la cabina en su punto inferior.

Por lo tanto:

$$N_{e \text{ (total)}} = 15 + 4 = 19$$

Luego, cada segmento de arrollado tiene 10 espiras aproximadamente.

Ahora, La longitud axial del tambor viene dada por Ec. 41. El espacio entre segmentos de arrollado se asumirá de 100 mm, entonces se tiene:

Los espesores del tambor en el fondo de la garganta están tabulados en función de las tracciones y los diámetros del cable, tanto para tambores de fundición como soldados en acero. (Ver figura 12, p. 37) Con los siguientes datos se selecciona el espesor recomendado del tambor:

$$d = \text{Diámetro del cable} = 16 \text{ mm}$$

$$s = \text{Paso} = 18 \text{ mm}$$

$$D_T = \text{Diámetro delo tambor} = 560 \text{ mm}$$

$$\text{Tracción máxima de cada cable} = 333,333 \text{ Kg}$$

Se toma un espesor del fondo de la garganta del tambor de 6 mm.

$$h = 12 \text{ mm}$$

4.3.2.7. Diseño de la Columna de Elevación

Cálculo de la Columna a Pandeo

Para el diseño de la columna se toman en cuenta las siguientes consideraciones: Condición fija – libre guiado, Ver el Tassoni (2006), con un factor de fijación de extremos $n=2$. (ver figura 45)

La carga axial que soporta la columna será la producida por el bastidor superior, peso propio de la columna, cuna de elevación, esfuerzos de tracción de los cables.

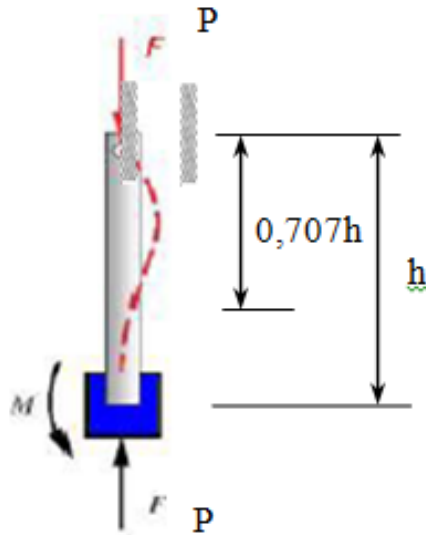


Figura 45. Representación de elemento sometido a carga axial de compresión con un extremo empotrado y otro guiado.

Fuente: Tassoni, D. y Pizzella, G. (2006)

Se selecciona un Perfil de acero estructural de sección cuadrada

mm. (Ver Anexo A1):

Area: $A = 116 \text{ cm}^2$.

Inercia de la sección transversal: $I = 263,04 \text{ cm}^4$

Esfuerzo de fluencia del material: $S_y = 250 \text{ MPa}$

Radio de giro: $R = 11,8 \text{ cm}$.

Se calcula la razón de esbeltez λ - ϕ Coeficiente de esbeltez, siendo L la longitud entre articulaciones de la pieza y R el radio de giro, por medio de la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{L}{R}$$

El coeficiente de esbeltez calculado se compara con la esbeltez límite, de la Ec. 11,

$$\lambda < \lambda_{lim} \quad \lambda > \lambda_{lim}$$

$$\lambda < \lambda_{lim} \quad \lambda > \lambda_{lim}$$

La carga crítica se calcula a partir de la Ec. 10,

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

Siendo la carga permisible en la columna:

$$P_{perm} = \frac{P_{cr}}{FS}$$

La carga permisible es mayor a la carga de trabajo a la que es sometida la columna, por lo que continuando con el diseño, se tiene el esfuerzo máximo por pandeo, Ec.2:

$$\sigma_{max} = \frac{P_{trab}}{A}$$

Momento Generado por las Horquillas

Las horquillas telescópicas al extenderse para depositar la carga en la estantería, generan un momento en la columna y una fuerza en las ruedas guías de la cuna de elevación, donde estas deberán absorber el momento generado por las horquillas.

Siendo el momento $M=2493,75$ N m, (Ver cálculo de la cuna de elevación p.74)

Donde el esfuerzo debido al momento es,

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

Combinación de Pandeo de Columna y Salida de Horquillas

El esfuerzo normal combinado se calcula como:

Donde el esfuerzo admisible viene dado por:

$$\sigma_{adm} = \frac{P_{perm}}{A}$$

Luego el esfuerzo admisible es mayor al esfuerzo máximo combinado, la sección escogida es aceptable.

4.3.3. Estructura inferior

4.3.3.1. Diseño del bastidor inferior

Cargas a soportar:

Peso de la cuna de elevación más carga: 1000 kg.

Peso de la columna: 945,6 kg

Peso del tambor de arrollamiento y del tablero eléctrico: 300 kg.

Cálculo de la Sección Transversal del Bastidor Inferior

Para el cálculo de las reacciones estáticas se tendrán en cuenta todas las fuerzas debidas al peso de todos los componentes del transelevador. (Ver figura 46)

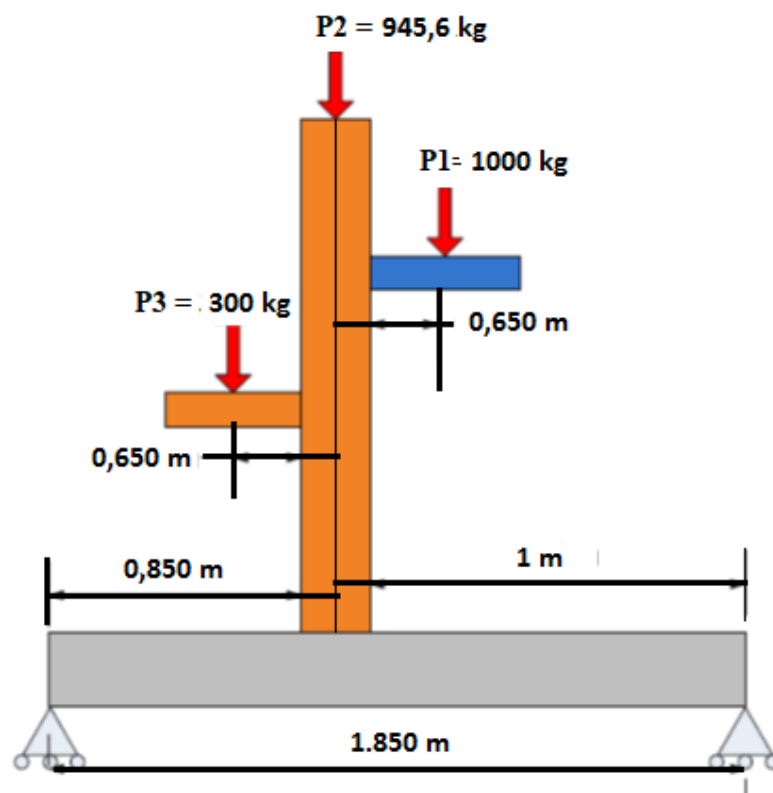


Figura 46. Diagrama de cuerpo libre, de la estructura inferior.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

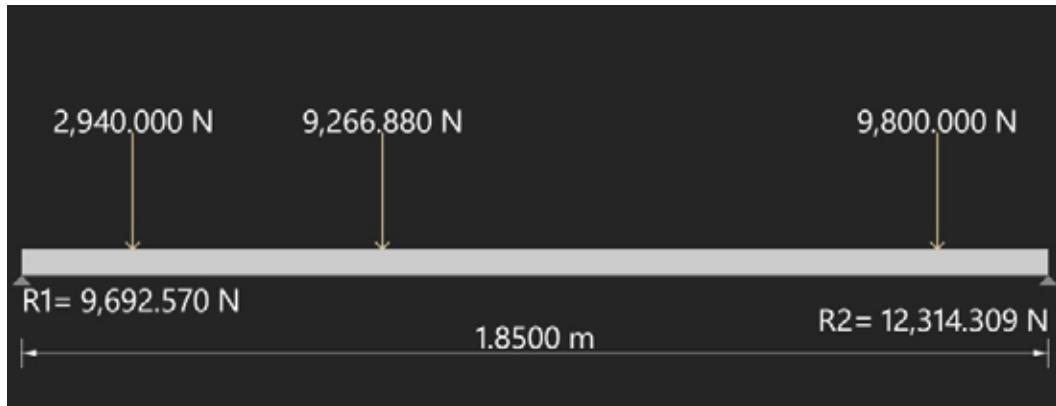


Figura 47. Diagrama de las cargas sobre el bastidor.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Haciendo sumatoria de fuerzas

Haciendo sumatoria de momento obtienen R_1 y R_2

En la figura 48 se muestran los diagramas de corte y momento del bastidor inferior.

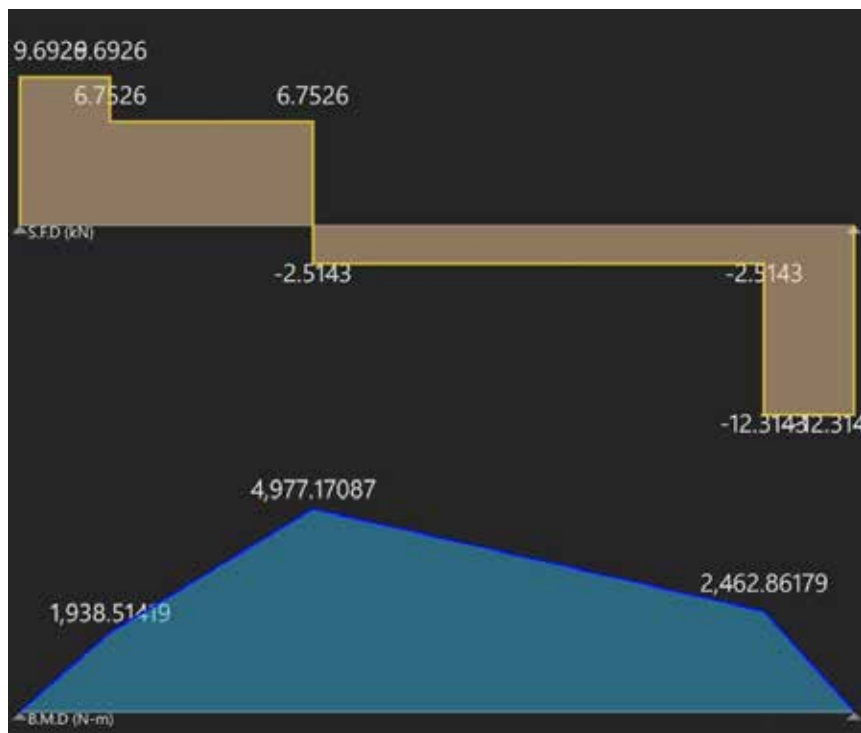


Figura 48. Diagramas de corte y momento producto de las cargas aplicadas en la estructura inferior.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Selección del perfil

Se utilizara un perfil HEA de acero ASTM A-36, cuyo $S_y = 250 \text{ MPa}$, y se selecciona un factor de seguridad $N = 4$. (Ver Anexo A7).

Haciendo uso de las ecuaciones Ec. 5 y Ec. 6, se obtiene:

Despejando el módulo de resistencia de la ecuación Ec. 5

Se selecciona un perfil cuyo módulo de resistencia sea superior al calculado o igual. En este caso un perfil HEA 280 cuyo modulo es de

Ahora se calcula el momento máximo que puede resistir a partir de la relación:

Por lo que se deben calcular las reacciones y los momentos producidos por el peso propio (ver figura 49).

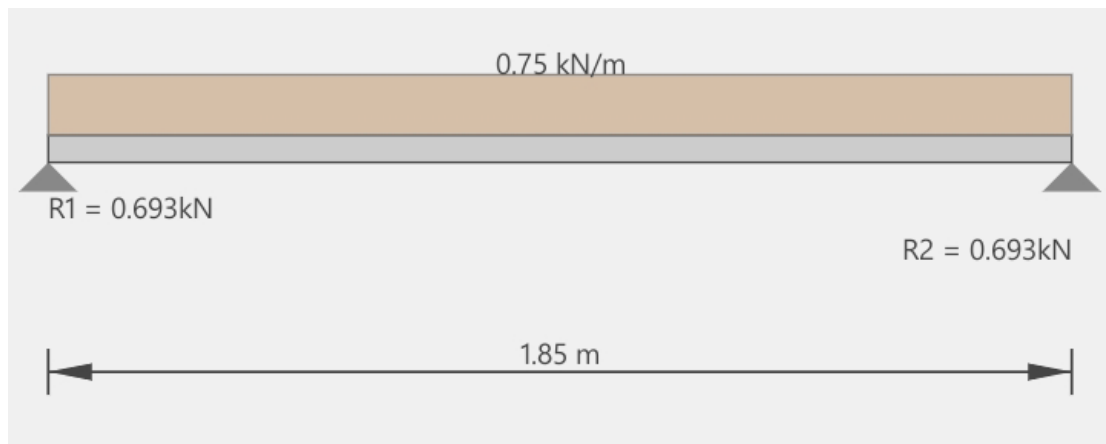


Figura 49. Diagrama de cuerpo libre de la estructura inferior producto de su propio peso.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

De donde se obtienen

En la figura 50 se puede observar el diagrama de corte y momento del bastidor inferior producido por su peso propio.

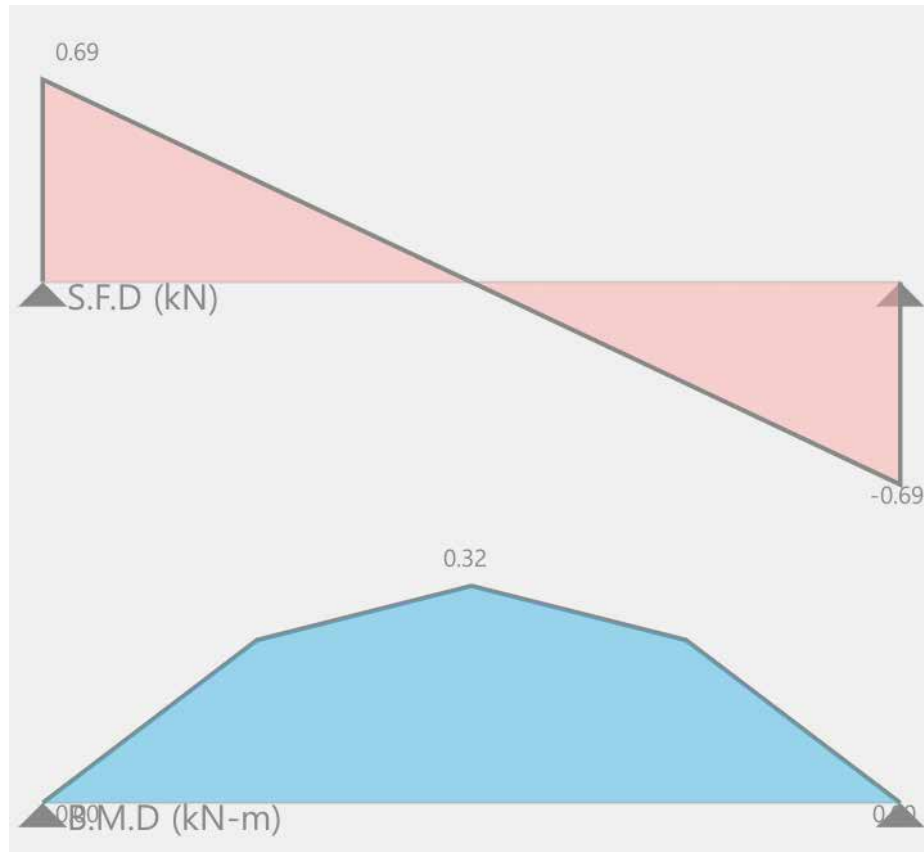


Figura 50. Diagramas de corte y momento del bastidor inferior, producto de su peso propio.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

El modulo resistente requerido para soportar su peso propio se calcula a partir de la ecuación Ec. 53, por lo que despejando resulta:

$$\frac{M}{R} = \dots$$

Suma los dos módulos resistentes

El perfil seleccionado cumple perfectamente.

Finalmente se calcula el esfuerzo de trabajo al cual será sometido el perfil.

Se verifica el factor de seguridad:

4.3.3.2. Cálculo de las Ruedas del Bastidor Inferior

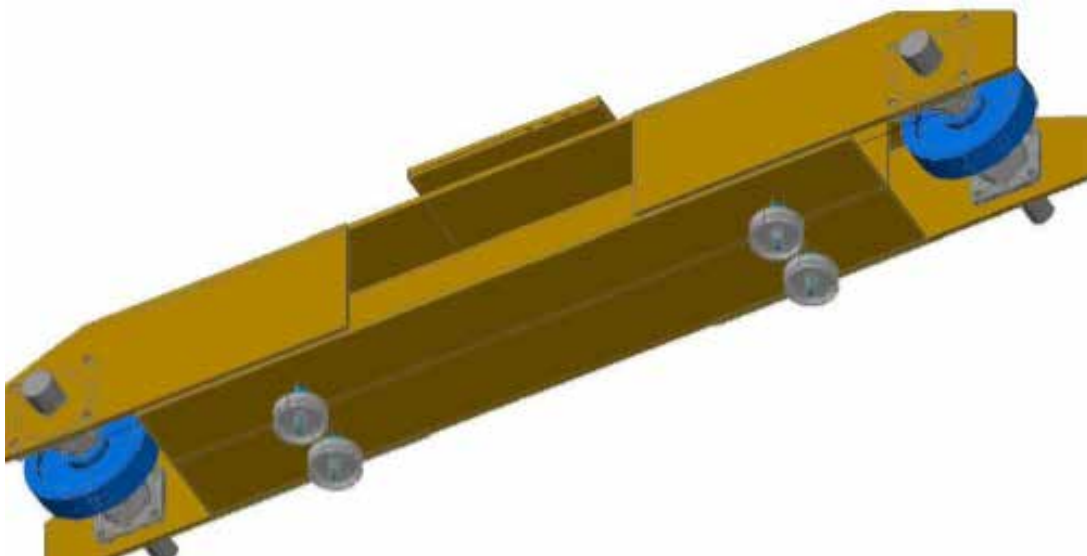


Figura 51. Estructura del bastidor inferior.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Calculado las reacciones en el punto A y punto B anteriormente, se tiene

$$R1= 9692,570 \text{ N y } R2= 12.314,309 \text{ N}$$

Se diseña 4 veces el valor de la Reacción por seguridad en el punto más crítico en este caso R2, obteniendo 49.257,236 N

El cálculo de la rueda de un aparato de elevación se lleva a cabo mediante la norma DIN 15070. El diámetro de la rueda sigue a la Ec. 42:

El coeficiente de material C1 se obtiene según los siguientes parámetros escogidos para la rueda y el carril:

Resistencia a la tracción mínima del carril:

Resistencia a la tracción mínima de la rueda portadora: 490

Con las anteriores resistencias escogidas se tiene, (ver figura 13, p. 38)

0,8

El coeficiente del número de revoluciones C2 se obtiene por:

Diámetro de la rueda portadora : $D1 = 315 \text{ mm}$

Velocidad lineal de translación: 63 m/min

Entonces 0,91 (ver figura 14 p. 38)

El coeficiente de vida de la rueda C3 establece para una duración de funcionamiento del mecanismo de rodadura (referido a una hora) de más de 63% (ver figura 15, p. 39)

4.3.3.3. Cálculo del Riel de Traslación

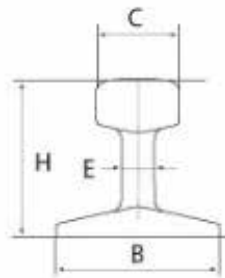
Cuando el carril se apoya en toda su longitud sobre concreto es necesario comprobar la presión específica y la sollicitación del riel a flexión, teniendo en cuenta la deformación elástica del concreto.

Ahora el ancho del perfil necesario se calcula a partir de Ec. 42:



Y conociendo el radio de los extremos del carril $r = 7,6 \text{ mm}$, el ancho total de carril es:

Se selecciona carril tipo CR-104 con $k = 63,50 \text{ mm}$.



Tipo de rail	Standard	Dimensiones mm				Sección S	Masa m
		H	B	C	E	cm ²	kg/m
CR104	Norma Americana	127	127	63,50	25,40	66,40	51,59

Figura 52. Dimensiones del rail CR-104
Fuente: ArcelorMittal (s.f.). Carril CR104. Datos Técnicos.

4.3.3.4. Cálculo de las Soldaduras de los Soportes de las Ruedas del Bastidor Inferior

Para calcular los valores de estas fuerzas, es necesario conocer:

Los factores A_w , J_w , Z_w , así como también la ubicación del centroide del patrón de soldadura. Ver Anexo A3.

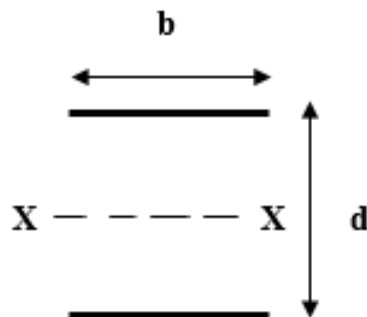


Figura 53. Factores de geometría para el análisis de soldadura.
Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

De la figura 53 se conocen: $d = 270$ mm y $b = 450$ mm.

Se procede a calcular cada fuerza componente en la soldadura.

Fuerza de corte se calcula a partir de Ec. 26, dónde:

P: es el valor de la reacción producida por el peso de todo el sistema
obteniendo: 22.

: Factor de geometría para el análisis de la soldadura por corte directo del
anexo A3.

Sustituyendo valores en la Ec. 54, se tiene:

Sustituyendo en la Ec. 26 el valor de la fuerza producida por corte en la
soldadura resulta:

Fuerza de flexión (:

Para el cálculo de esta fuerza se utiliza la Ec. 27

Dónde:

: Factor de geometría para el análisis de la soldadura sometida a flexión.

Del Anexo A3

Sustituyendo valores, se obtiene:

Para el cálculo del brazo del momento flector se tomó en cuenta las distancias
que se observan en la figura 53.

Entonces, se obtiene el momento a partir de Ec. 53

Donde b se obtiene por Pitágoras:

Sustituyendo en la Ec.53

)

Sustituyendo en la ecuación 27 la componente de la fuerza producida por la flexión resultante, se tiene:

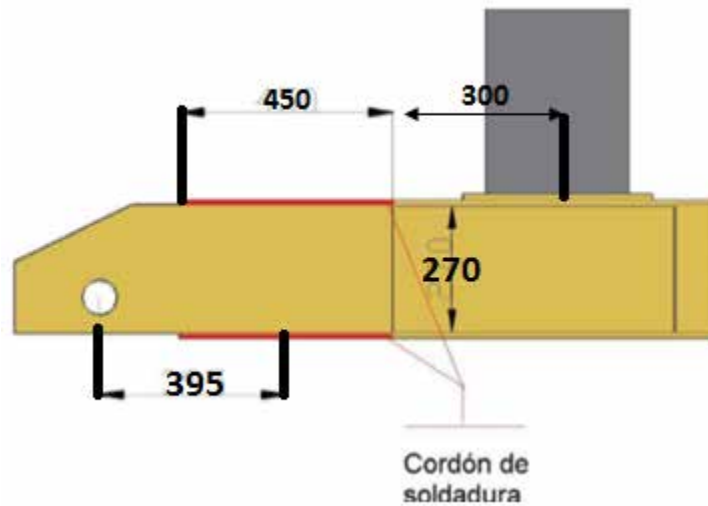


Figura 54. Distancias para el cálculo del momento flector sobre la soldadura de la columna de elevación

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Fuerza de torsión (:

Fuerzas que se deben al momento de torsión se calculan mediante la relación de la Ec.55

$$(Ec. 55)$$

Del anexo A3, se sabe que:

Sustituyendo en la Ec.54, se obtiene:

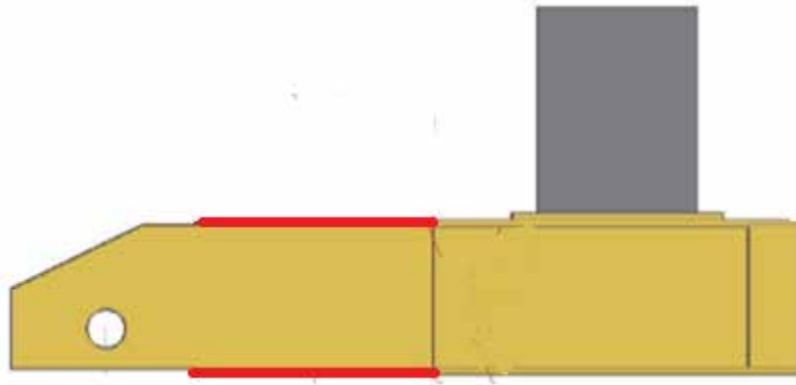


Figura 55. Localización del punto más esforzado en la soldadura.
Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Es conveniente dividir la fuerza producida por la torsión en componentes horizontal y vertical.

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 28a)}$$

$$\text{---} \quad \text{(Ec. 28b)}$$

Para el cálculo de se procede como se indica en el anexo A3.

$$\text{---}$$

$$\text{---}$$

Sustituyendo en las ecuaciones 28a y 28b

$$\text{---}$$

$$\text{---}$$

$$\text{---}$$

Con base a la estática, la resultante de los componentes, de tres fuerzas será Ec. 57.

Sustituyendo:

Se mantiene la selección de un electrodo clase E70 para soldar, ya que sigue siendo crítica la soldadura analizada en la cuna de elevación.

Con lo que se puede calcular el diámetro del electrodo a partir de la Ec. 29

Dónde:

W: Ancho del cordón de la soldadura.

Sustituyendo en la Ec. 29 resulta:

Como se mencionó anteriormente en el cálculo de la soldadura de la cuna de elevación, placas de espesor menor a ½ pulgada, el tamaño mínimo de lado para la soldadura del chaflán es 3/16 pulgada, espesor que es mayor que el obtenido.

4.3.3.5. Cálculo Motor de Traslación

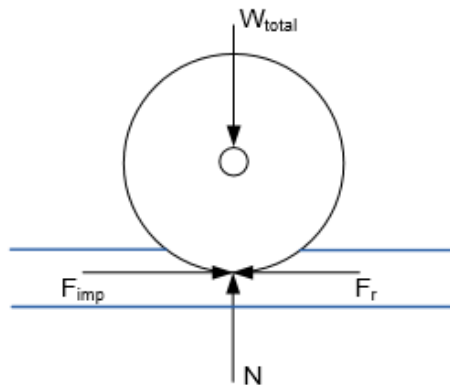
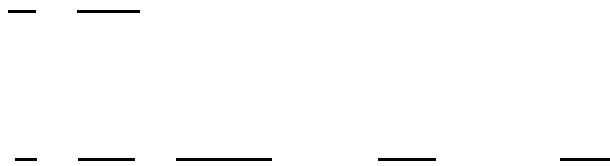


Figura 56. Diagrama de fuerzas sobre la

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

La velocidad angular de giro en el eje de la rueda de translación se calcula conociendo la velocidad lineal máxima de la translación y el diámetro de la rueda.

Dónde:



La velocidad angular deseada en el eje motor será la siguiente conociendo la relación del reductor cónico y la velocidad deseada en el eje de salida de traslación

$$\frac{\omega_{motor}}{\omega_{salida}} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Esta es la velocidad angular deseada del motor, pero como se regulará mediante un variador de frecuencia se deberá seleccionar una frecuencia determinada para obtenerla. Si se conoce la velocidad del eje motor a 50 Hz, que es de 850,02 Rev/min, se puede conocer la frecuencia que se deberá escoger para obtener la velocidad de salida necesitada para la traslación, sabiendo que la velocidad del motor es proporcional a la frecuencia.

$$f_{motor} = \frac{\omega_{motor}}{2\pi}$$

74

Resistencia a la Rodadura.

La fuerza de fricción que se produce en la rodadura entre la rueda y el carril de acero se calcula de Ec. 43.

$$F_f = \mu R = 0,15 \cdot 900,41 = 137,61 \text{ N}$$

Potencia Continua en el Eje Motor.

Se calcula a partir de Ec. 44,

$$P = T \cdot \omega$$

De este modo el par resistente en el eje motor en funcionamiento a velocidad constante se calcula conociendo la velocidad del eje motor de ω_{motor} rev/min. Ec. 45

_____ 1.188 Nm

Mx será el par de funcionamiento permanente con carga y sin carga para estos efectos de diseño. Mientras que el par de arranque con carga y de frenado se calcula por medio de la norma UNE 58-132-94, Ec. 46

Mientras que el par de arranque y frenado sin carga es:

Se calcula las medias de la potencia y el par para cumplir con los requerimientos del motor para el sistema, se tiene que:

El motor seleccionado es un motor reductor cónico helicoidal WEG con las siguientes especificaciones:

P= 3 kW

Nm

I= 19,74



Figura 57. Motor reductor cónico helicoidal seleccionado
Fuente: WEG (s.f.). *Motor Reductor Ortogonal de Engranaje Cónico Helicoidal. Datos Técnicos.*

4.3.3.6. Cálculo Rodamientos de la Rueda Motriz.

Los esfuerzos que se producen entre rueda y raíl son bastante variables dependiendo de si la máquina lleva una o dos cargas, de si se encuentra en régimen permanente o transitorio, etc. En cada régimen transitorio en el cual la máquina acelera, una de las 2 ruedas está sometida a una fuerza de compresión de $R =$

N ; esta es la máxima carga que se produce durante el funcionamiento correcto. Como se han situado 2 rodamientos en cada lado del eje entonces la carga que verá cada uno será:

— —————

Se quiere obtener $L_h = 30\ 000$ h

El factor de duración se obtiene a partir de Ec. 48

—
—

Para el cálculo del factor de velocidad se coge la velocidad de giro en el eje $n =$ rev/min. Ec. 49

—————
—————

Y la carga dinámica Ec. 50, en base a la cual escogeremos el rodamiento necesario, es:

— —————

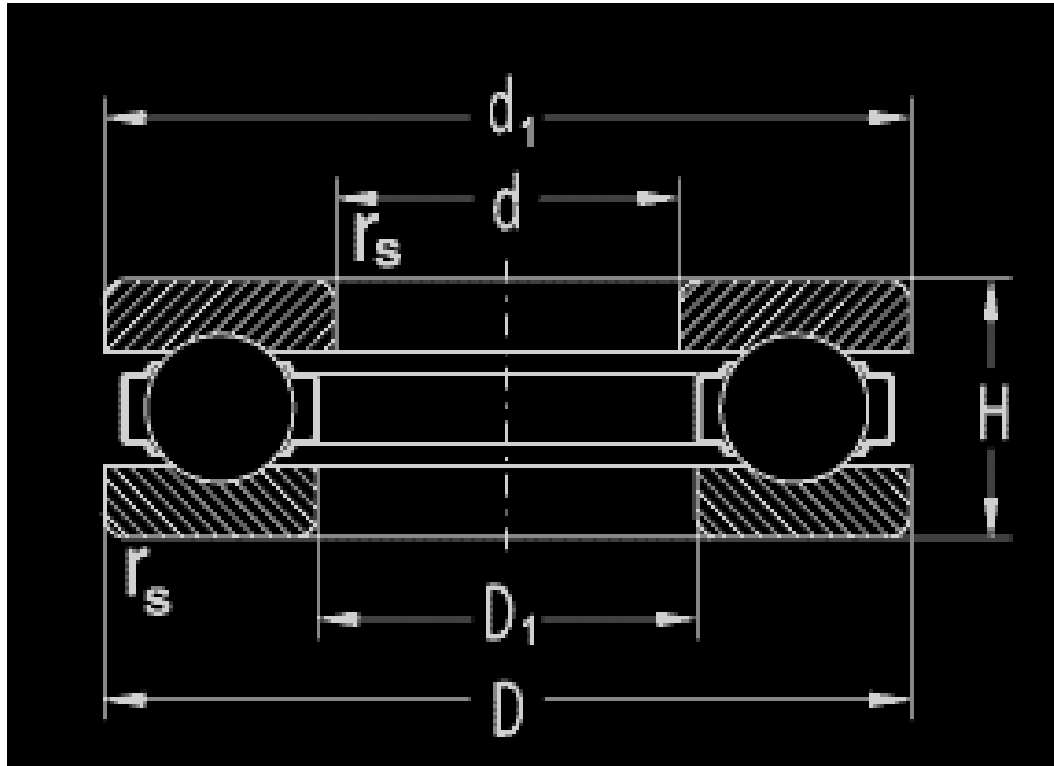


Figura 58. Dimensiones del rodamiento seleccionado.
Fuente: ZKL GROUP (s.f.). *Estándar para Rodamientos Axiales de Bolas.*

Referencia: ZKL 51314

Diámetro interno (d): 70 mm

Diámetro externo (D): 125 mm

Espesor o ancho (B): 40 mm

Especificación básica de carga dinámica: 158,360 kN

Especificación básica de carga estática: 340 kN

4.3.3.7. Cálculo de los Pernos de Unión de la Estructura del Bastidor Inferior con la Columna de Elevación

La carga ejercida en la unión apernada es de 10kN, como se muestra en la figura siguiente:

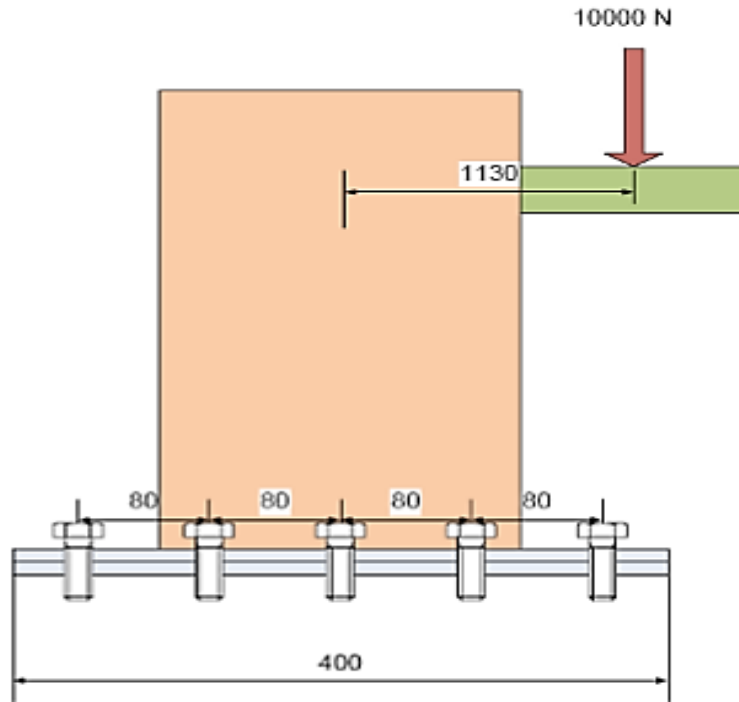


Figura 59. Esquema de la unión apernada.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

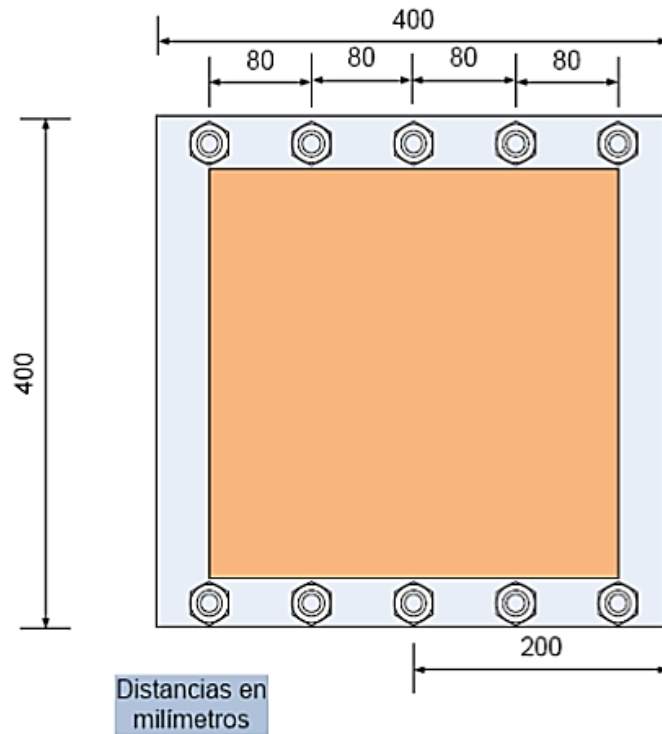


Figura 60. Vista de planta, unión apernada

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Se estima un espesor de placa de 10mm para el soporte de la columna de elevación y un espesor de placa de 15mm para el bastidor inferior.

Mientras que la reacción del momento M con respecto al centroide se calcula por Ec. 31

Entonces, se tiene que:

Debido a que los pernos que están ubicados en las esquinas, están más alejados del centroide, estos tienen que recibir la mayor parte de la carga. La distancia desde el centroide hasta el centro de cada perno se calcula por:

$$\frac{M}{4} = P \cdot r$$

La carga cortante primaria por perno corresponde a Ec. 30

$$P = \frac{M}{4r}$$

Como las fuerzas secundarias son iguales, entonces se tiene que:

$$P = \frac{M}{4r}$$

Las fuerzas cortantes primarias y secundarias se grafican a escala como se muestra en la figura 59 así como las resultantes que se obtienen mediante la regla del paralelogramo. Se encuentra que las magnitudes mediante medición son:

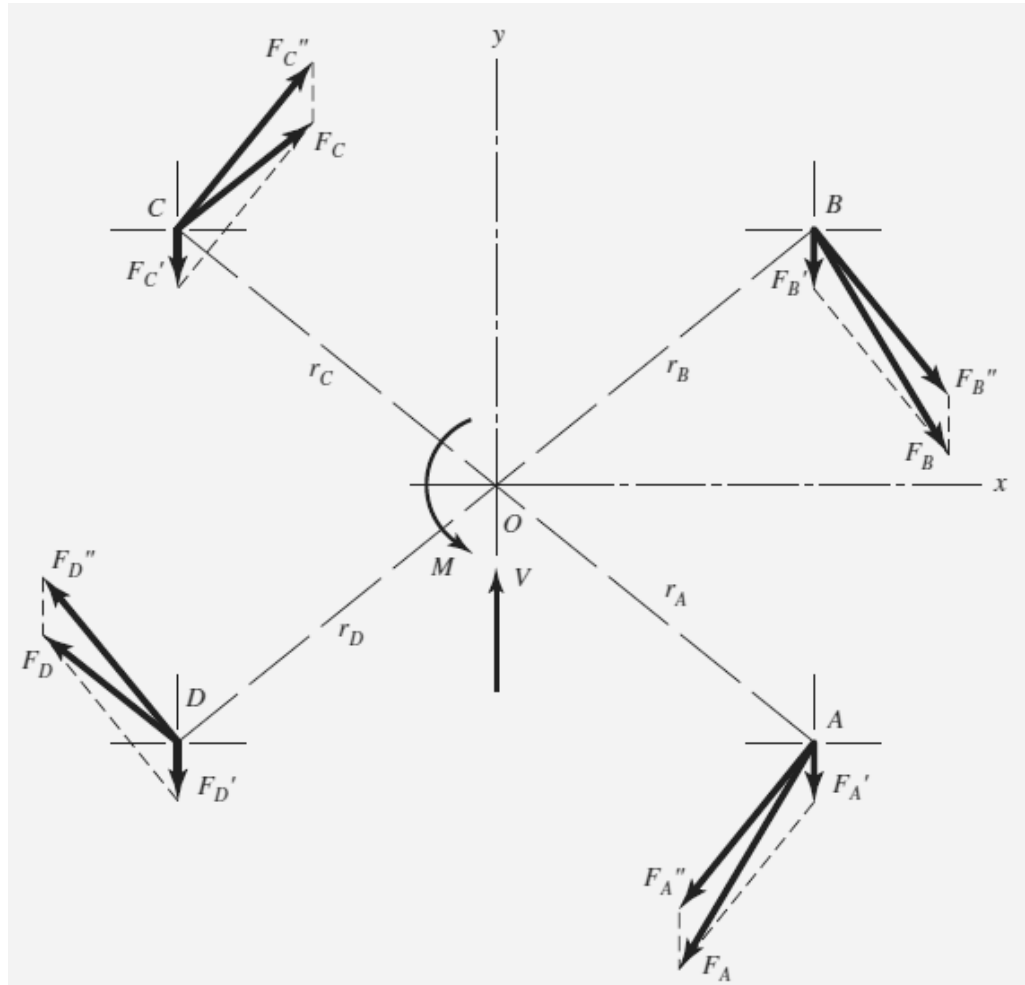


Figura 61. Análisis de las fuerzas primarias y secundarias por la regla del paralelogramo.

Fuente: Budynas R. y Nisbett, J. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*.

Eso da como resultado:

Los pernos A y B son críticos porque soportan la mayor parte de la carga.

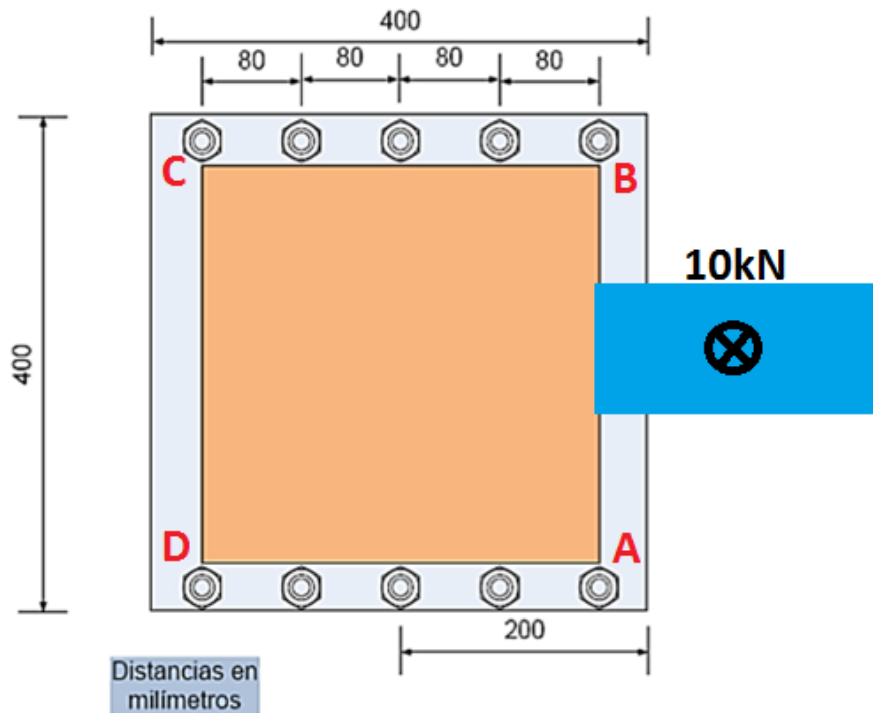


Figura 62. Vista de planta del diagrama.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Se estima una longitud del perno de 25 mm, más la altura de la tuerca, más cerca de 2 mm para una arandela. En la tabla 58 (Budynas R. y Nisbett, J. 2008), se selecciona la altura de la tuerca de 14.8 mm. (Ver Anexo A8).

Además, se adicionan dos roscas más allá de la tuerca, esto haría que la longitud tenga un valor de 43.8 mm, Así que se aproxima a un perno de 46 mm de longitud.

Se calcula la longitud de la rosca por medio de la figura 63

$$L_r = \begin{cases} 2d + 6 & L \leq 125 & d \leq 48 \\ 2d + 12 & 125 < L \leq 200 \\ 2d + 25 & L > 200 \end{cases}$$

Figura 63. Parámetros para la longitud de la rosca en milímetros

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

Entonces:

Con esto, la parte sin rosca del perno sería:

La cual es menor que los 15 mm, como se consideró en el diseño debido a lo que el perno tenderá a cortarse a lo largo de su diámetro menor.

El área de esfuerzo cortante se calcula por medio de las Normas DIN 13 (M) en donde se tiene que:

—

De modo que el esfuerzo cortante es:

—

Se selecciona un tornillo M 16 x 2 del catálogo *Index Fixing Systems* con un material de acero clase 8.8 UNE en ISO 898-1, Al igual que la selección de la tuerca. (Anexo A9)



Figura 64. Tornillo seleccionado para el diseño
Fuente: Valvias (s.f.). *Rosca Métrica ISO DIN 13.*

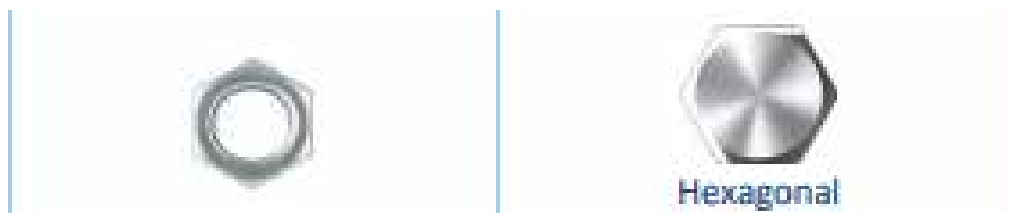


Figura 65. Tuerca seleccionada para el diseño
Fuente: Valvias (s.f.). *Rosca Métrica ISO DIN 13.*

4.3.4. Estructura Superior

La estructura superior está constituida básicamente, por láminas de acero y perfiles estructurales soldados y/o atornillados, para evitar cualquier torsión o cambio en su configuración inicial, además sobre esta estructura se encuentra ubicada la polea, que se encarga de guiar el cable a través del cual se eleva o desciende la estructura de elevación. También se sitúan un conjunto de cuatro ruedas guías que junto con el riel superior el cual es un perfil de acero IPN 100 que se fija de la estructura del almacén ya sean paredes o techo cuya función es servir de guía al conjunto del transelevador mientras se desplaza por el pasillo y evitar que este vuelque.

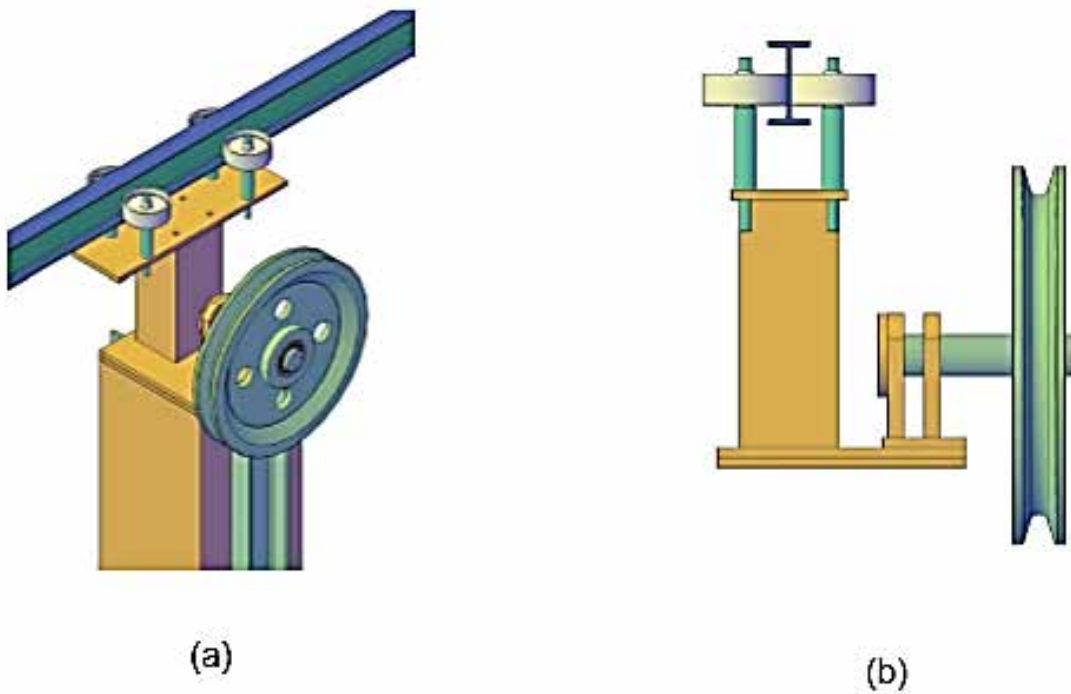


Figura 66. Estructura Superior (a) Estructura superior colocada sobre la columna de elevación, (b) vista frontal de la estructura superior donde se pueden apreciar sus componentes.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

4.4. Simular el Modo de Funcionamiento del Sistema de Almacenamiento Vertical

4.4.1. Sistema Sometido al Estado de Cargas

Se efectuó un análisis estático del sistema por medio del software computacional SolidWorks 2019, donde se expuso a su carga máxima en su punto de recolección y descarga más crítico, siendo este el más elevado. (Apéndice C)

4.4.2. Inicio del Proceso. Entrada de la Caja al Almacén

Las cajas procedentes del exterior (proveedores o producción propia), son ingresadas en el sistema la caja avanza hasta el punto de identificación. En este punto se identifica, se dan de alta los elementos que lleva y se le asigna destino en el almacén. Luego se realiza el control de Tamaño y de pesaje mediante lectura directa.

El transelevador recorre el riel del sistema por medio de un motor reductor (motor de translación), que es accionado a través de un sistema automatizado de sensores, para así recoger la caja una vez sea detectada. El sistema recoge la caja por medio de las horquillas telescópicas acopladas a la cuna de elevación, estas constan de dos subconjuntos iguales unidos por medio de una transmisión cardánica. Cada subconjunto está constituido de varios perfiles mecanizados superpuestos, los cuales se desplazan los unos sobre los otros de forma telescópica, suministrando el movimiento en el eje Z del sistema. De esta manera se colecta la caja ya paletizada.

Nuevamente el sistema se desplaza por el riel y se ubica en la posición determinada, para luego ser llevada a la estantería por medio de otro motor reductor (motor de elevación), cuya función es elevar verticalmente la cuna de elevación hasta la posición determinada, realizando los movimientos en el eje X y Y del sistema de manera simultánea. Por ultimo da la notificación de fin del depósito.

4.4.3. Salida de Cajas del Almacén para Preparación de Pedidos.

El proceso se resume en los siguientes pasos:

1. El sistema recibe una orden para la preparación de un pedido completo.
2. Mediante las correspondientes operaciones, se determinan las cajas a extraer del almacén.

3. El sistema va ejecutando las órdenes para la extracción consecutiva de cajas con destino al puesto de preparación.
4. A su llegada y después de la identificación del número de matrícula, el terminal del sistema de gestión de almacén, expone en la pantalla las cantidades y tipos de piezas que deben ser extraídas.
5. Tras la validación del operario se reintegrará la caja al almacén mediante la correspondiente orden suministrada por el sistema de gestión de almacén.
6. El transelevador procede a ejecutar la orden de depósito y concluye con el fin de orden correspondiente.

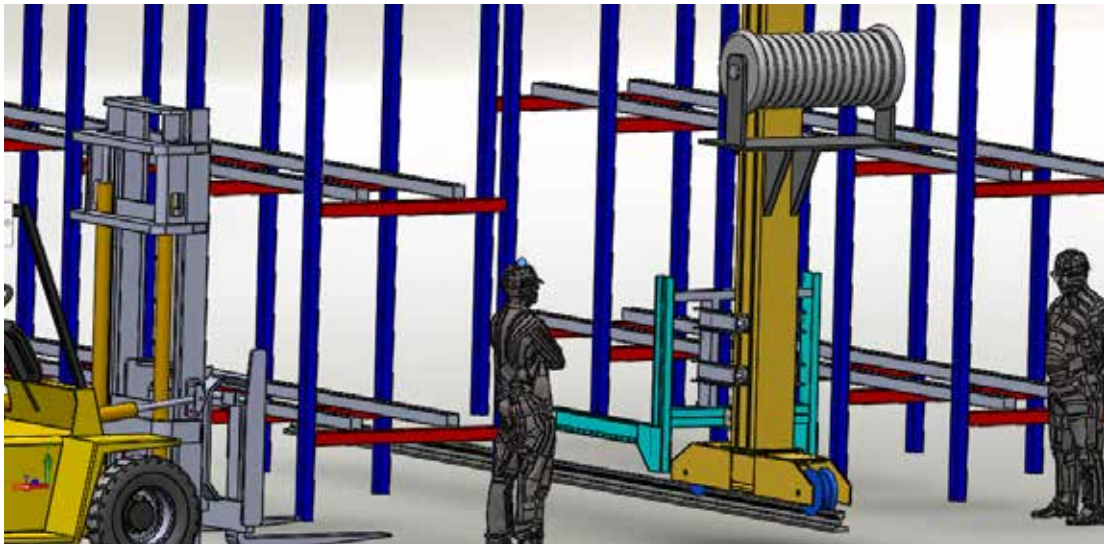


Figura 67. Simulación del Transelevador. Software SolidWorks 2019.

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

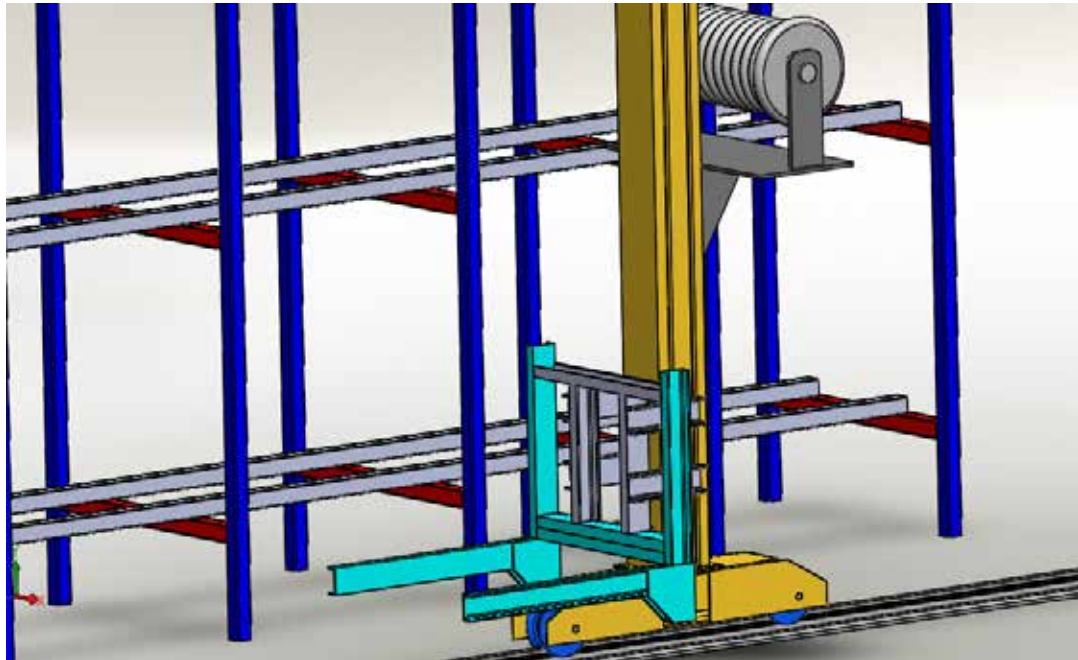


Figura 68. Transelevador. Software SolidWorks 2019.
Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

4.5. Elaborar el manual de operación y el plan de mantenimiento para el nuevo sistema diseñado.

El manual de usuario se contempla en el Apéndice A-1.

Guía general de mantenimiento

Se recomienda que se encargue a un equipo especial de efectuar los trabajos de mantenimiento. Este equipo deberá tener un mecánico y un electricista. Las frecuencias de inspección pueden deducirse según el tiempo de funcionamiento de los distintos mecanismos.

El personal responsable del mantenimiento deberá anotar en las tablas que se adjuntan el resultado de todas sus intervenciones, así como su nombre, fecha de revisión, y cuantos datos útiles consideren oportunos para futuros reconocimientos.

Partiendo de esta base, las futuras revisiones estarán sometidas al criterio de las personas encargadas del mantenimiento, las que a su vez deberán controlar el estado de los diversos componentes del dispositivo.

En detalle han de considerarse especialmente los trabajos siguientes:

1. Cambio del aceite de los reductores de velocidad.
2. Control de las transmisiones por cables metálicos.
3. Control y ajuste de las poleas y guías.
4. Control de las empaquetaduras de los reductores.
5. Control de las conducciones eléctricas, tableros eléctricos y de los tomacorrientes.
6. Control de juntas atornilladas y soldadas.
7. Control de los interruptores de emergencia y de los interruptores finales de carrera (inspección funcional).
8. Control de sistemas lectores.
9. Control de los dispositivos de frenado automático, si los hubiere.

Para los grupos motores, acoplamientos, engranajes individuales, etc. Valen principalmente los reglamentos de servicio, de montaje y de mantenimiento de las casas suministradoras de los grupos. Los procedimientos, intervalos y operaciones para el mantenimiento de los diversos componentes del dispositivo, se muestran detalladamente en el apéndice A-2.

4.6. Realizar el estudio de factibilidad económica del sistema diseñado.

La evaluación de los proyectos por medio de métodos matemáticos- financieros es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones por parte de los administradores financieros, ya que un análisis que se anticipe al futuro puede evitar posibles desviaciones y problemas a largo plazo. Las técnicas de evaluación económica son herramientas de uso general. Para el desarrollo de este objetivo se compara la situación, y las operaciones de la maquina con las propuestas realizadas en este trabajo.

Suponiendo que en este almacén actualmente se requieren dieciocho (18) operarios para realizar el trabajo dentro del mismo y seis (6) montacargas. Los costos de operación son los siguientes:

Decreto N° 4193. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6532. Caracas, Venezuela, Lunes 27 de abril de 2020.

Artículo 4°. De conformidad con lo dispuesto en los artículos precedentes, queda establecido el ingreso mínimo mensual de las trabajadoras y trabajadores de los sectores público y privado; así como el correspondiente a funcionarios públicos y funcionarias de carrera, obreros y obreras, de la Administración Pública, en la cantidad de OCHOCIENTOS MIL BOLÍVARES CON CERO CENTIMOS (Bs. 800.000,00).

Banco Central de Venezuela (BCV). Tipo de Cambio Oficial al 19 de julio de 2020.

226660,25 Bs /\$

La inversión a realizar en el diseño del sistema para la recolección de partículas viene dada por los elementos que se presentan en la tabla 13 incluyendo el precio unitario, la cantidad, y el monto total a adquirir.

Tabla 13. Materiales y precios para la realización del diseño.

Proveedor	Producto	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
Torniamerica	Torn C/Hex Grado 5 UNC ½-13	120	0,50\$	60
	Tuercas hexagonales Grado 5 UNC ½-13	120	0,30\$	360\$
	Arandela plana STD 1/2x1 ¼ ESP 1.90	120	0.10\$	12\$

	Rawplugs expansible hierro 1/2	80	1.5\$	120\$
	Torn C Hex Grado 5 UNC ac 1-8x	50	0.80\$	40\$
	Tuercas hexagonales Grado 5 UNC 1-8	50	0,55\$	27,5\$
	Arandela plana std 1"x2 1/2 ESP 3.00	50	0.25\$	12,5\$
SUMINSE	Tubo ESTR 90x90x12m	20	114\$	2280\$
	Angulo ESTR 75x6x10m	1	102\$	102\$
	Tubo ESTR 300x300x10m	1	855\$	855\$
	UPL 120X10m	3	125\$	375\$
	UPE 140x10m	2	280\$	560\$
	HEA 300x10m	1/2	990\$	445\$
	Lamina 1,20x2,40 (10mm)	4	113\$	452\$
	Lamina 1,20x2,40 (19mm)	9	550	4950\$
	Lamina 1,20x2,40 (12mm)	5	283\$	1415\$
METAL ARTE	Rueda de hierro 10" c/ rodamientos	2	25\$	50\$
	Rueda de Hierro 6" c/ rodamiento	2	17\$	34\$
	Rueda de hierro con rodamiento 4"	4	13\$	49\$
ELPLOCA	Cable metálico 16 mm	22	6\$	132\$
	Tambor de arrollamiento para cable metálico	1	300\$	300\$
SEW EURODRIVE	Motorreductor MRH-353-410	1	450\$	450\$
	Motorreductor WEG-WG20	1	300\$	300\$
	Convertidor de frecuencia MC LTP AO 185-5A3-4-00	1	550\$	550\$

	Convertidor de frecuencia MC LTP AO 220-5A3-4-00	1	350\$	350\$
WINKEL	Horquillas telescópicas 2TZ 600-1400-1200	1	3000\$	3000\$
LET	Riel Nuevo CR-104 + fijación para riel +servicio de flet	1	80\$	80\$
TOTAL INVERSIÓN				17.361\$

Fuente: López, K. y Perrotta, R. (2020)

El total de la inversión es de 3.494.769,300 Bs. (17.361 \$). Se estima un 40% de la inversión inicial por concepto de asesoría técnica y mano de obra.

Lo que da una inversión inicial de 1.397.907,720 Bs (6.944,4 \$)

Es importante señalar que con la implementación del dispositivo no sería necesaria la presencia de 12 operadores y 4 montacargas que se encargan de las actividades de trasegó y movimiento de materiales dentro del almacén, por lo cual el ahorro del sistema es:

—

—

Por lo que el verdadero ahorro del sistema es:

=

—

—

—

Lo que determinara la rentabilidad del proyecto será el tiempo de retorno el cual establecerá el tiempo en el que la empresa recuperará la inversión inicial, cuando el flujo de efectivo neto es igual a cero.

Corvo, H. Enuncia,

El período de recuperación de la inversión ignora el valor del dinero en el tiempo, a diferencia de otros métodos de presupuesto de capital, tales

como el valor presente neto, la tasa interna de retorno y el flujo de efectivo descontado. (s.f.).

Por lo que se tiene:

— —————

Donde

Costo del sistema (Inversión inicial),

: Ahorro del sistema

Tiempo de retorno

Al observar que la inversión inicial se puede recuperar en poco más de un año, se puede considerar que el proyecto es rentable. Ya que el dispositivo se ha diseñado de manera que su vida útil sea prolongada, se estima un aproximado de 15 años realizando los respectivos mantenimientos preventivos y correctivos.

CONCLUSIONES

Se determinó que es posible diseñar y construir mecanismos de elevación vertical con tecnología nacional y que satisfaga los requerimientos de seguridad exigidos por las normas COVENIN 3131:2000 y los de mantenimiento 3174:2000; obteniéndose un diseño económico y confiable que cumple con las expectativas de funcionamiento para una empresa metalmeccánica.

Se ha recopilado información técnica y académica sobre elevadores, que permite tener una base para futuras investigaciones e implementaciones de estos mecanismos en el sector industrial.

El diseño de estructuras metálicas se utilizó la herramienta Beam-lite que optimiza el empleo de los recursos computacionales en estructuras para el diseño de las vigas y la columna de elevación del dispositivo.

El empleo de perfiles estructurales en acero de lámina delgada en conjunto con perfiles H estándar americano demostró ser un buen sustituto de las estructuras prefabricadas utilizadas por parte de las empresas extranjeras y que brindan mayor seguridad en el diseño.

Los elementos necesarios para la creación de transelevadores que cumplan con las normas de seguridad exigidas internacionalmente, se fabrican en su mayoría dentro del país incluyendo dispositivos electrónicos y de seguridad.

El mercado de transelevadores en Venezuela, aunque aún es privado, por el grado de conocimiento técnico y relaciones comerciales que exige para entrar en él, ha estado abriéndose los últimos años debido a que los recortes de personal capacitado en las grandes multinacionales de elevadores verticales, la crisis económica que atraviesa el país, limitando las posibilidades de acceso, por parte de la pequeña y mediana industria a los servicios de construcción y mantenimiento de transelevadores ofrecidos por las reconocidas pero costosas empresas tradicionales y al creciente impulso por parte del estado de las iniciativas de creación de empresas, están dando las condiciones para que surjan empresas nacionales económicas y

confiables dedicadas a los aparatos de elevación y transporte, competitivas en pequeña escala con las grandes compañías extranjeras.

La experiencia de llevar a cabo un proyecto real de diseño mecánico es muy diferente a analizar únicamente los aspectos teóricos de la ingeniería que se aprenden durante el transcurso de la carrera. Cuando entran en juego consideraciones económicas, locativas y la obligación de cumplir con un reglamento vigente de construcción, la complejidad y exigencia del proyecto aumentan, sin embargo, los esfuerzos se ven recompensados por la satisfacción de culminar un proyecto decisivo en la vida como ingeniero.

RECOMENDACIONES

1. Implementación de amortiguadores neumáticos para evitar los choques de energía producidos por la carga manipulada en el momento del frenado ya que la mayoría de estos mecanismos no cuentan con un dispositivo de desaceleración.
2. Para buscar una mejora en el diseño para aumentar la cantidad de peso que puede elevar el dispositivo se puede rediseñar aplicando las mismas ecuaciones y cálculos teóricos descritos en los libros.
3. Señalar el área de trabajo del dispositivo en el almacén por seguridad a los operarios con bandas de precaución o anuncios.
4. Diseñar un sistema de automatización industrial para mejor la calidad y eficiencia del dispositivo, por medio de aplicaciones de programación, tomando en cuenta la disposición en el almacén y la prioridad en el despacho de materiales con mayor criticidad.
5. Poner en marcha un plan de mantenimiento exclusivamente para el área de corrosión ya que es de suma importancia y relevante en cualquier dispositivo expuesto a estas condiciones.
6. Incorporación de un robot tipo cartesiano en cambio de la cuna de elevación para mayor automatización del sistema y una mejor eficiencia.
7. Implantar un modelo paramétrico para contemplar todos los elementos que se deben diseñar, y los calcule en función a un único valor (la capacidad del sistema de elevación), de manera que se pueda diseñar cualquier sistema con estas mismas características anclado a un único valor de diseño, y con todas las consideraciones tocadas en este trabajo de grado en simultáneo.

REFERENCIAS

Acero ASTM A36, Acero A36 Propiedades, Ficha Técnica, Dureza, Densidad Estructural, Material Mundial. (s.f.). [Documento en Línea]. Disponible: <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/> [Consulta: Mayo 2020, 20].

ArcelorMittal (s.f.). **Carril CR104. Datos Técnicos.** [Documento en Línea]. Disponible: <https://rails.arcelormittal.com/tipos-rieles/carriles-grua/norma-americana/carril-cr104> [Consulta: Junio 2020, 12].

Arias, Fidas (2012). **El Proyecto de Investigación.** Introducción a la metodología científica. (6^{ta}. Ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.

Araujo. M. (2005). **Diseño del Sistema de Manejo de Materiales en una Empresa Automotriz (Caso: Introducción de un Nuevo Modelo).** Trabajo de Grado. Publicado: Universidad de Carabobo (UC). Valencia, Venezuela.

Asociación Española de Normalización UNE 58-132 (1994). **Aparatos de Elevación. Reglas de Cálculo. Parte 5, Elección del Equipo Eléctrico.** Madrid, España: Editorial AENOR.

Automated Storage and Retrieval System. (s.f.). [Documento en Línea]. Disponible: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Automated_storage_and_retrieval_system [Consulta: Febrero 2020, 29].

Banco Central de Venezuela BCV (2020). **Tipo de Cambio Oficial del BCV.** [Documento en Línea]. Disponible: <http://www.bcv.org.ve/> [Consulta: Julio 2020, 19].

Budynas R. y Nisbett, J. (2008). **Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley.** (8^{va}. Ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Mc Graw Hill Education.

CARGOFLETBLASANT (s.f.). **Catálogo de Cables de Acero, Tenazas y Accesorios.** [Documento en Línea]. Disponible: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjh9p7b8YfqAhUsTTABHRS2A6oQFjALegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fwww.interempresas.net%2FFeriaVirtual%2FCatalogos_y_documentos%2F339

727%2FCABLE-DE-ACERO.pdf&usg=AOvVaw04FanHUDuYUzZoXC3M2s0e [Consulta: Junio 2020, 10].

Compañía Levantina de Reductores S.L. (s.f.). **Factores de Servicio**. [Documento en Línea]. Disponible: <https://clr.es/blog/es/que-es-factor-de-servicio-calcularlo/> [Consulta: Junio 2020, 08].

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN 3131 (2000). **Equipos de Izamiento sobre Plataformas Móviles. Operación de Izado**. [Documento en Línea]. Disponible: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3174-00.pdf> [Consulta: Mayo 2020, 21].

Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN 3174 (2000). **Equipos de Izamiento. Mantenimiento y Pruebas**. [Documento en Línea]. Disponible: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3174-00.pdf> [Consulta: Mayo 2020, 21].

Corvo, H. (s.f.). Periodo de Recuperación de la Inversión. [Documento en Línea]. Disponible: <https://www.lifeder.com/periodo-de-recuperacion/> [Consulta: Junio 2020, 19].

Decreto N° 4193. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6532. Caracas, Venezuela, Lunes 27 de abril de 2020. [Documento en Línea]. Disponible: <http://asoquim.com/v2018/wp-content/uploads/2020/04/GOE-6532.pdf> [Consulta: Julio 2020, 19].

Deutsches Institut für Normung DIN 4130 (2009). **Cálculo y Dimensionamiento de Cables, Poleas y Tambores para Máquinas de Elevación**. [Documento en Línea]. Disponible: <https://vdocuments.site/resumen-din-4130.html> [Consulta: Junio 2020, 08].

Deutsches Institut für Normung DIN 15070 (1977). **Cranes; basic calculation of crane rail wheels**. [Documento en Línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/385575211/15070-pdf> [Consulta: Junio 2020, 08].

Energía Controlada de México S.A. (s.f.). **Motorreductor Sumitomo Hyponico 5HP 58.3 RPM RNYM5-1633YB-30**. [Documento en Línea]. Disponible: <https://energiacontrolada.com/tienda/content/products/997-Motorreductor-Sumi>

tomo-Hyponico-5-HP-58-3-RPM-RNYM5-1633YB-30.php [Consulta: Junio 2020, 12].

EMCOCABLES (s.f.). **Cables. Manejo, Clasificación, Factores de Seguridad, Usos y Recomendaciones.** [Documento en Línea]. Disponible: <https://es.slideshare.net/gchaves111/manual-cables-enconcables-01> [Consulta: Junio 2020, 12].

FORTACERO (s.f.). **Placa de Acero. Hoja Técnica.** [Documento en Línea]. Disponible: https://www.fortacero.com/cat_placa_hoja/ [Consulta: Junio 2020, 13].

García, L. y Mijares, H. (2007). **Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado.** Universidad José Antonio Páez, Coordinación de Pasantías. Valencia, Venezuela.

GAYNER (s.f.). **Monobloque de Acero Mecanizado Color Gris para Riel de Grúa con una pestaña.** [Documento en Línea]. Disponible: <https://www.gayner.es/productos/ruedas-y-rotantes/100-argb7-rueda-rail-d-100-con-coj-bolas.html> [Consulta: Junio 2020, 13].

Gómez, E. y Rachadell, F. (2003). **Manejo de Materiales.** Ediciones Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo (UC). Valencia, Venezuela.

Groover, M. (2007). **Fundamentos de Manufactura Moderna.** (3^{era}. Ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Mc Graw Hill Education.

Hall, A; Holowenco, A. y Laughlin, H. (1971). **Diseño de Maquinas.** Caracas, Venezuela: Editorial Mc Graw Hill Education.

Hellmut, E. (1970). **Aparatos de Elevación y Transporte. Principios y elementos constructivos. Tomos 1 y 2.** España: Editorial Blume.

Hernández, J. (2009). **Diseño y Fabricación un Almacén de Tipo Vertical Controlado a Través de un Sistema de Electrónica Basado en Microcontroladores.** Trabajo de Especialización. Publicado: Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). México.

- Hernández, R; Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6^{ta}. Ed.). México: Editorial Mc Graw Hill Education.
- HIERROBECO, C.A. (s.f.). *Catálogo de Productos Siderúrgicos*. [Documento en Línea]. Disponible: <https://es.slideshare.net/AlcidesPaz/catalogo-hierrobeco> [Consulta: Junio 2020, 10].
- INDURA Grupo AIR PRODUCTS (s.f.). *Electrodo INDURA 70 1/8*. [Documento en Línea]. Disponible: <https://www.indura.cl/Mobile/cl/2000221/electrodo-indura-70-1/8-3-2-mm> [Consulta: Junio 2020, 12].
- Lodewijks, G; Lei, L; Ning, Z y Saipeng, Z. (2016). *An efficient simulation model for rack design in multi-elevator shuttle-based storage and retrieval system. Simulation Modeling Practice and Theory*, vol. 67, 100-116. [Documento en Línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1569190X16301654> [Consulta: Enero 2020, 07].
- MANNI SIPRE S.p.A. (s.f.). *Catálogo Técnico. Tubos Estructurales*. [Documento en Línea]. Disponible: <http://www.mannisipre.com/es/documentaciones/catalogos/> [Consulta: Junio 2020, 10].
- Materiales Los Andes (s.f.). *Catálogo Vigas. Propiedades Mecánicas*. [Documento en Línea]. Disponible: <http://www.materialeslosandes.com/vigasipn.html> [Consulta: Junio 2020, 12].
- Norton, R. (2011). *Diseño de Máquinas*. (4^{ta} Ed.). México: Editorial Pearson Education.
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. (4^{ta} Ed.). México: Editorial Pearson Education.
- Sabino, C. (1994). *Cómo hacer una tesis: guía para elaborar y redactar trabajos científicos*. Caracas, Venezuela: Editorial Panapo.
- Tambolero, J. (2015). *Almacenamiento en Estanterías y Estructuras*. [Documento en Línea]. Disponible: <https://studylib.es/doc/410190/ntp-298-almacenamiento-en-estanter%C3%ADas-y-estructuras> [Consulta: Enero 2020, 14].

Tassoni, D. y Pizzella, G. (2006). *Elementos de Máquina*. Ediciones Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo (UC). Valencia, Venezuela.

TGW Logistics Group. (s.f.). *Sistema de Shuttle*. [Documento en Línea]. Disponible: <https://www.tgw-group.com/es/productos/soluciones-de-almacenaje/sistema-de-shuttle/sistema-de-shuttle> [Consulta: Febrero 2020, 29].

Valvias (s.f.). *Rosca Métrica ISO DIN 13*. [Documento en Línea]. Disponible: <http://www.valvias.com/prontuario-rosca-metrica-din-13.php?m=15> [Consulta: Junio 2020, 16].

Vílchez, N. (1982). *Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico*. Trabajo de Ascenso. Publicado: Universidad de Carabobo (UC). Carabobo, Venezuela.

WEG (s.f.). *Motor Reductor Ortogonal de Engranaje Cónico Helicoidal. Datos Técnicos*. [Documento en Línea]. Disponible: https://www.weg.net/catalog/weg/ES/es/Reductores-e-Motorreductores/WG20/Motorreductores/Motor-reductor-Ortogonal-de-Engranaje-C%C3%B3nico-Helicoidal/WG20---Motor-reductor-Ortogonal-de-Engranaje-C%C3%B3nico-Helicoidal/p/MKT_WATT_GLOBAL_GEAREDMOTOR_WG20_HELICALBEVEL [Consulta: Junio 2020, 13].

WINKEL GmbH (s.f.). *Horquillas telescópicas, Modelo TZ. Datos Técnicos*. [Documento en Línea]. Disponible: <https://www.winkel.de/es/sistemas/sistemas-logisticos/horquillas-telescopicas/modelo-tz-hasta-1000-kg> [Consulta: Junio 2020, 12].

ZKL GROUP (s.f.). *Estándar para Rodamientos Axiales de Bolas*. [Documento en Línea]. Disponible: <http://www.zkl.cz/es/cat/sdtbb/51314> [Consulta: Junio 2020, 12].

Apéndice A

MANUAL DE USUARIO Y MANTENIMIENTO



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

Sistema de Almacenamiento
Vertical.
Manual de Usuario

Apéndice A1: Manual de Usuario

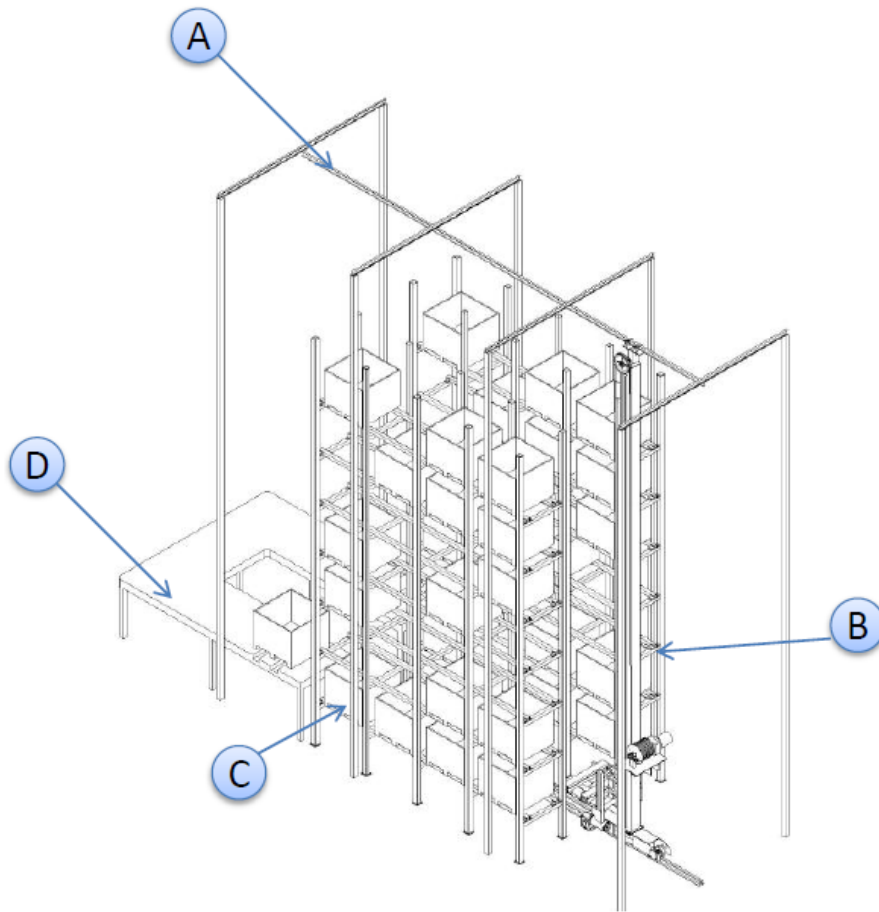
Autores:

López, G. Katherine M.

Perrotta, E. Ricardo A.

San Diego, Junio 2020

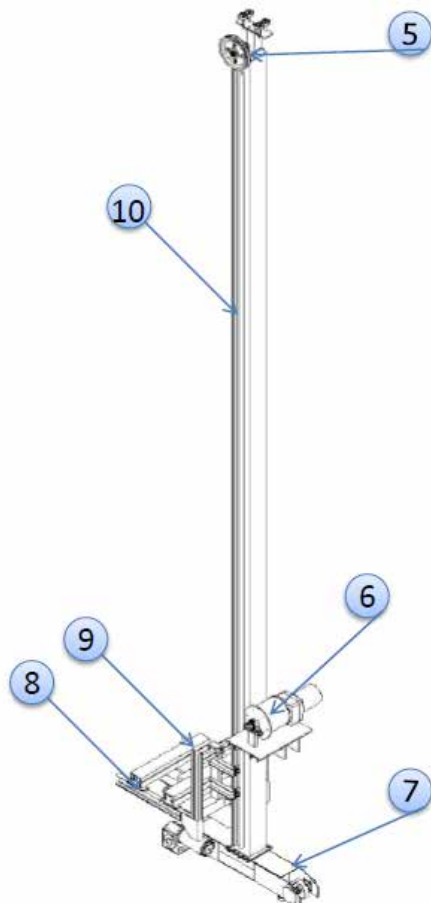
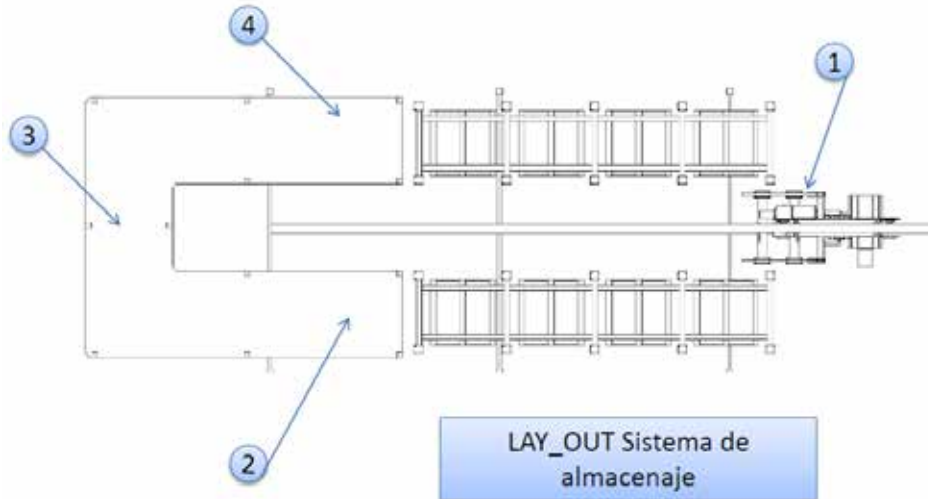
ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA



Sistema de almacenaje vertical.

- A:** Sistema de guiado superior
- B:** Autoportante, (Transelevador)
- C:** Estantería.
- D:** Zona de preparación de pedidos e ingreso de materiales.

PARTES DEL SISTEMA



- 1: Autoportante.
- 2: Zona de ingreso de cajas y zona de medición.
- 3: Zona de preparación de pedidos a las líneas de producción.
- 4: Zona de salida de cajas del almacén.
- 5: Sistema de guiado superior.
- 6: Sistema de elevación, Tambor de enrollamiento y motor.
- 7: Bastidor inferior.
- 8: Cuna de elevación.
- 9: Horquillas telescópicas para extracción e ingreso de cajas.
- 10: Columna de elevación.

FUNCIONAMIENTO

ENTRADA DE LA CAJA AL ALMACÉN

1. Los operadores deben preparar las cajas y ser llevadas al punto de verificación **2**, en este punto se identifica, se dan de alta los elementos que lleva y se le asigna destino en el almacén. Luego se realiza el control de Tamaño y de pesaje mediante lectura directa. También a este punto de control llegan cajas procedentes de la zona de preparación de pedidos **3**, para ser reingresadas al sistema.
2. Luego se da inicio al proceso de almacenaje a partir de una unidad central de procesos, el autoportante **1**, se traslada hasta el punto de identificación, allí desciende la cuna de elevación **9** y por medio de las horquillas telescópicas **8** recoge la caja.
3. Se traslada el autoportante hacia la ubicación previamente indicada por el operador de la unidad de control.

SALIDA DE CAJAS DEL ALMACÉN PARA PREPARACIÓN DE PEDIDOS

1. El sistema recibe una orden para la preparación de un pedido completo.
2. Mediante las correspondientes operaciones, se determinan las cajas a extraer del almacén, hacia la zona de descarga **4**.
3. Los operadores preparan los pedidos mientras las cajas se trasladan por la banda de transporte **3**.
4. Tras la validación del operario se reintegrará la caja al almacén mediante la correspondiente orden suministrada por el sistema de gestión de almacén.
5. El transelevador procede a ejecutar la orden de depósito y concluye con el fin de orden correspondiente.



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

Sistema de Almacenamiento

Vertical.

Mantenimiento

Apéndice A2: Manual de Mantenimiento

Autores:

López, G. Katherine M.

Perrotta, E. Ricardo A.

San Diego, Junio 2020

GUÍA GENERAL DE MANTENIMIENTO

Se recomienda que se encargue a un equipo especial de efectuar los trabajos de mantenimiento. Este equipo deberá comprender un mecánico y un electricista.

Las frecuencias de inspección pueden deducirse según el tiempo de funcionamiento de los distintos mecanismos.

El personal responsable del mantenimiento deberá anotar en las tablas que se adjuntan el resultado de todas sus intervenciones, así como su nombre, fecha de revisión, y cuantos datos útiles consideren oportunos para futuros reconocimientos.

Partiendo de esta base, las futuras revisiones estarán sometidas al criterio de las personas encargadas del mantenimiento, las que a su vez deberán controlar el estado de los diversos componentes del dispositivo.

En detalle han de considerarse especialmente los trabajos siguientes:

- Cambio del aceite de los reductores de velocidad.
- Control de las transmisiones por cables metálicos.
- Control y ajuste de las poleas y guías.
- Control de las empaquetaduras de los reductores.
- Control de las conducciones eléctricas, tableros eléctricos y de los tomacorrientes.
- Control de juntas atornilladas y soldadas.
- Control de los interruptores de emergencia y de los interruptores finales de carrera (inspección funcional).
- Control de sistemas lectores.
- Control de los dispositivos de frenado automático, si los hubiere.

Para los grupos motores, acoplamientos, engranajes individuales, etc. Valen principalmente los reglamentos de servicio, de montaje y de mantenimiento de las casas suministradoras de estos.

PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO

Estructura de la Estantería.

Inspección visual.

Chequeo de la integridad de columnas, vigas y sus uniones (golpes, deformaciones, desgaste por corrosión etc.). De existir alguna de estas proceder a la reparación o sustitución de las mismas.

Rodamientos.

Lubricación con grasa.

En condiciones normales de funcionamiento, en la mayoría de las aplicaciones, es posible utilizar grasa para lubricar los rodamientos.

Como regla general, solamente el rodamiento debe quedar totalmente lleno de grasa, mientras que el espacio libre que queda en el soporte debe llenarse parcialmente (entre un 30 y un 50%). Cuando los rodamientos han de funcionar a velocidades lentas, puede obtenerse una buena protección contra la corrosión llenando completamente el soporte con grasa.

Los rodamientos necesitan lubricación cuando la duración de la grasa usada es inferior a la duración prevista del rodamiento: si el intervalo de lubricación es inferior a 6 meses, se recomienda reponer la grasa que ha perdido el sistema; el cambio de toda la grasa se debe realizar después de efectuadas tres reposiciones como máximo. Cuando los intervalos de lubricación son superiores a 6 meses, se recomienda extraer toda la grasa contenida y sustituirla por grasa nueva.

Debe tenerse mucho cuidado para evitar que entren contaminantes en el rodamiento o el soporte en el momento de la lubricación.

Ruedas Guías.

En las ruedas existen dos zonas de contacto que deben ser engrasadas: zona de contacto elemento rodante y la pista del rodamiento, así como superficie exterior de la rueda y las guías.

Apéndice A2: Manual de Mantenimiento.

La ruedas guías deben ser montadas de forma que se facilite su engrase. Antes de la puesta en servicio, y por motivos de la protección contra la corrosión, deben engrasarse

Reductores.

La cantidad de aceite o de grasa en los reductores depende de la posición del reductor, así como de la potencia de los engranajes. La cantidad y la clase de lubricación están indicadas en la placa de características del reductor o de los motores reductores.

Sustituir el aceite cada 10.000 horas de trabajo o cada 2 años de servicio si se utiliza aceite mineral y cada 20.000 horas de trabajo o cada 4 años en caso de utilizar aceites sintéticos. En caso de condiciones de servicio extremas (elevada humedad del aire, medios agresivos y fuertes variaciones de la temperatura ambiental) reducir los períodos de cambio

El primer cambio de aceite deberá efectuarse después de aproximadamente 1.000 horas de servicio.

Para limpiar o lavar los reductores debería utilizarse petróleo u otro agente parecido. Durante los trabajos de mantenimiento es indispensable prestar atención a la estanqueidad de los reductores. Si sale aceite de los ejes existe algún retén dañado. Si sale aceite de las tapas de los cojinetes, la junta está desgarrada. Ha de remediarse inmediatamente el defecto sustituyendo los retenes o juntas deteriorados.

En el caso de reductores con brazos de par o de reductores con manguitos y tuercas de apriete ha de controlarse de vez en cuando sus fijaciones; si es necesario, éstas deben reapretarse.

El aceite se evapora. Por esta razón es necesario rellenar el aceite a ciertos intervalos de tiempo hasta alcanzar la mirilla para el nivel de aceite o la marca de la varilla indicadora.

Retenes.

Los rodamientos, precisan estar permanentemente lubricados para su propio engrase funcional y para disipar el calor generado por el trabajo dinámico. El lubricante, precisa de un elemento estanqueizante, el retén, que en su parte dinámica soporte el contacto con el eje giratorio.

Conviene prestar la máxima atención a los siguientes puntos, si se desea obtener unos buenos resultados:

Antes de instalar, examinar el retén para asegurarse de su estado de limpieza y que no presente ninguna irregularidad. Aplicar grasa al retén. Si tiene guardapolvo, colocar grasa entre el retén y guardapolvo.

Examinar el eje y eliminar cualquier rugosidad, restos de mecanizado, y en general cualquier impureza de su superficie. Cualquier pequeño corte producido en el retén en el momento de su montaje, será una fuga segura en el momento de funcionamiento.

Cuando se instala el retén, debe realizarse con una presión uniforme en toda su circunferencia, cuidando además que su introducción sea totalmente perpendicular al eje. El diámetro exterior del retén debe haber sido engrasado previamente al montaje.

Cables.

Los cables van lubricados de origen con productos céreos para cables, la relubricación es posible aplicando productos con contenido de disolvente que faciliten la penetración del lubricante.

En el caso de cambios en el aspecto externo de los cables, es indispensable comunicarlo inmediatamente al técnico competente. Los defectos en el cable, la salida de los cables de los tambores o de las poleas-guía, así como la formación de nudos o lazos pueden dañar al cable. Normalmente, estos cables deben excluirse del uso. Por lo menos han de controlarse detenidamente. Este control puede efectuarse solamente por un técnico en la materia.

En el caso de roturas de alambres individuales los extremos del hilo salientes han de cortarse con alicates cerca de la superficie del cable. Se tiene que observar continuamente el número y la posición de las roturas de alambre y hacerlas constar en acta.

En el caso de nidos de rotura de alambre, de fuerte oxidación o si hay riesgo de la rotura de un cordón completo, el cable debe extraerse inmediatamente y sustituirse por uno nuevo. Hasta las roturas de cable más insignificantes pueden causar nidos de roturas de alambre invisibles o la rotura de cordones completos dentro del cable. Por eso, en las circunstancias arriba descritas, debe sustituirse el cable inmediatamente.

Mecanismos de Elevación por Cable.

Los cables, han de controlarse cada 3 meses los amarres, las funciones del interruptor para cable flojo, los rodillos guía del cable, etc.

En el caso de gargantas de polea fuertemente desgastadas han de instalarse roldanas nuevas.

En el caso de fusibles contra sobrecargas, éstas han de controlarse mediante una pesa de contraste previamente pesada (carga útil +5%)

Mecanismos de Translación.

Las ruedas fuertemente desgastadas han de sustituirse.

Si las ruedas guías horizontales presentan las caras exteriores desgastadas o con planos, deben sustituirse. Estas ruedas disponen de ejes excéntricos que permiten su ajuste al raíl o perfil de rodadura. Soltando y girando el eje la holgura con la guía puede aumentarse o reducirse.

Topes.

La colisión con un tope fuera del servicio normal representa una situación excepcional. Después de una colisión con los topes tienen que observarse los puntos siguientes:

Tiene que aclararse la causa de la colisión para evitar otras colisiones con los topes. Tienen que controlarse los daños eventuales.

Tiene que controlarse si los topes han sufrido algún daño, en el caso de grietas o deformaciones es necesario sustituirlos.

Deben controlarse también las consolas o soportes de los topes en cuanto a daños. Las sujeciones de topes con tacos al suelo no deben mostrar defectos ni grietas. En el caso de anclajes y tacos parcialmente dañados y en el caso de fisuras en el hormigón es necesario consultar un técnico en la materia.

Horquillas Telescópicas.

Las horquillas telescópicas son aparatos de manejo para el transporte horizontal de carga.

Descripción del funcionamiento

La horquilla telescópica está compuesta por dos horquillas, las cuales están unidas a través de un eje motriz. Para evitar un arriostamiento entre las horquillas individuales está integrado un acoplamiento o bien según la distancia de horquillas un árbol articulado, el cual puede compensar desalineaciones, así como un equilibrado longitudinal.

La alta resistencia a la torsión del acoplamiento garantiza la extracción uniforme de las horquillas. Cada horquilla telescópica se compone de tres perfiles de horquilla y una caja de accionamiento. Los perfiles individuales están unidos entre ellos mediante un sistema de cadenas. El desvío de las cadenas se realiza mediante rodillos guía sobre rodamientos.

Para la transmisión de señales está instalado un sistema de medición de recorrido. El accionamiento de este sistema de medición de recorrido se efectúa mediante transmisión por cadenas o correas, o bien mediante una unión directa con el eje motriz.

Mantenimiento básico

Todos los componentes usados dinámicamente deben ser comprobados en relación a la marcha suave, temperatura, lubricación y desgaste.

Los rodillos de rodadura de las horquillas telescópicas disponen de posibilidades de engrase posterior, las cuales se pueden aprovechar en caso que se necesite.

Todas las uniones atornilladas deben ser comprobadas con regularidad.

Todos los demás componentes deben ser comprobados visualmente cada año, sobre todo después de situaciones de choque.

Elementos Eléctricos.

Los trabajos en equipamientos eléctricos sólo pueden ser efectuados por personal especializado en electricidad, o por personal entrenado, bajo la dirección y supervisión de una persona especializada en electricidad, según las normas.

Apéndice A2: Manual de Mantenimiento.

Todos los aparatos eléctricos existentes deben ser sometidos a una comprobación visual, si pueden cumplir su función en la puesta en marcha. Sobre todo en caso de motores eléctricos. Se deben observar las indicaciones del fabricante, prescripciones de montaje, esquemas de bornes, etc.

Las operaciones de mantenimiento eléctrico básicas serán:

Comprobación de funcionamiento de indicadores luminosos y acústicos.

Reapriete de bornes.

Verificación del estado de cables.

Comprobar estado de contactos.

Hacer prueba de diferenciales.

Medir aislamientos.

MANTENIMIENTO DEL TRANSELEVADOR

Las operaciones de mantenimiento descritas en el presente documento se han codificado según las siguientes tablas, donde cada letra o número se corresponde con una operación:

Limpieza

L	Limpieza
---	----------

Lubricación y Mantenimiento

1	Mantenimiento según instrucciones (accionamientos / motores)
2	Engrasar con bomba engrasadora manual
3	Aplicar la grasa externamente
4	Control del nivel del aceite
5	Cambiar el aceite de los reductores
6	Cambiar el aceite hidráulico
7	Mantenimiento de elementos eléctricos

Control

V	Control visual de la construcción soldada.
A	Control de las uniones atornilladas.
H	Control en cuanto a la movilidad (holgura, giro, deslizamiento, etc.).
D	Control en cuanto al desgaste.
F	Control en cuanto a fugas.
C	Control en cuanto a las deformaciones.
R	Control en cuanto a la rotura de alambre o de cordones
B	Controlar los frenos
I	Inspección funcional
G	Control visual general
T	Control tensado

Intervalos y Operaciones de Mantenimiento

Conjunto Ruedas Guía de la Cuna.

Nº	Denominación	1 mes	3 meses	6 meses	12 meses	24 meses
1	Ruedas guías		3	A I H	D	
2	Rieles guías				V A	

Conjunto de Elevación.

Nº	Denominación	1 mes	3 meses	6 meses	12 meses	24 meses
1	Motorreductor	F	L 4	B	A 7	1 5
2	Cable de elevación		3	R		
3	Cuna de elevación				V A	
4	Tablero eléctrico				7	

Traslación: Cabezales Lado Cuna y Lado Armario.

Nº	Denominación	1 mes	3 meses	6 meses	12 meses	24 meses
1	Motorreductor	F	L 4	B	A 7	1 5
2	Ruedas laterales		3	A I H	D	
3	Bastidores (inferior y superior)				V A	
4	Soportes rodamientos			2		
5	Polea		3	A I H	D	
6	Tablero eléctrico				7	

Conjunto Riel Inferior y Superior.

Nº	Denominación	1 mes	3 meses	6 meses	12 meses	24 meses
1	Rieles		L		D A	

Posibles Mejoras en el Plan de Mantenimiento Mediante la Aplicación de Técnicas de Mantenimiento Predictivo

Para la optimización del rendimiento de la instalación es aconsejable implementar un programa de mantenimiento predictivo, en función de la criticidad y la naturaleza de cada equipo a mantener.

Existen diversas técnicas que permiten determinar las distintas tipologías del fallo, esto es:

Fallos en el diseño.

Fallos en la explotación.

Fallos en las operaciones de mantenimiento.

Su implantación ha de ser entendida como un proyecto de inversión, puesto que su objetivo es controlar en cada momento el estado de la instalación, maximizando la disponibilidad de los equipos y minimizando el impacto económico de los posibles fallos. El proceso de implementación de un programa de mantenimiento predictivo se realiza en tres fases:

1. Elección de un grupo pequeño de equipos críticos.
2. Realización de un estudio AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos).
3. Determinación de la tecnología aplicable.

Entre las técnicas más versátiles y rentables están:

Análisis de vibraciones.

Termografía.

Tribología.

Ensayos en máquinas eléctricas.

Análisis de Vibraciones.

Permite detectar una gran variedad de fallos mediante la obtención de dos parámetros indicativos del nivel de vibración de la instalación: Frecuencia y Amplitud.

Frecuencia: permite diagnosticar el tipo de problema que causa la vibración (desgaste, desequilibrios, sobrecargas, problemas de rodamientos).

Amplitud: permite diagnosticar la gravedad del problema.

Esquemáticamente, los pasos para su implementación consisten en:

- 1) Montaje de los transductores de datos en los puntos de transmisión de la cadena cinemática.
- 2) Análisis del nivel medio de vibración.
- 3) Establecimiento de niveles de alerta y alarma.

El análisis de vibraciones se podría implementar en el sistema Scada existente, y los siguientes elementos serían susceptibles de su aplicación:

Transportadores y mesas de elevación de rodillos.

Conjunto ruedas guía de la cuna de transelevadores.

Conjunto grupo elevación de transelevadores.

Conjunto de horquillas de transelevadores.

Traslación: cabezales lado cuna y lado armario de transelevadores.

Termografía.

Se trata de una técnica que permite medir la temperatura de una superficie.

Mediante inspecciones rutinarias de cuadros eléctricos, electrónicos y sistemas mecánicos se pueden detectar aquellos puntos calientes que son indicadores de posibles fallos.

Los siguientes elementos serían susceptibles de su aplicación:

Cuadro eléctrico principal.

Cuadros eléctricos del transelevador.

Acoplamiento mecánico entre ruedas transelevador y rieles.

Tribología.

Consiste en el estudio de tres fenómenos: Fricción, Desgaste y Lubricación.

Mediante el análisis de aceite de los equipos se puede determinar la relación: estado de la máquina - estado del aceite, a través de la determinación de la presencia de agua, la viscosidad del mismo ó el análisis de partículas.

Los siguientes elementos serían susceptibles de su aplicación:

Reductores de movimiento de translación de transelevadores.

Reductores de movimiento de elevación de transelevadores.

Reductores de movimiento de horquillas de transelevadores.

Reductor de movimiento de translación del carro de transbordo.

Ensayos en Máquinas Eléctricas.

A través de ensayos específicos en las máquinas eléctricas se pueden determinar aquellos fallos inherentes a las mismas, como pueden ser: problemas en la caja de bornes, pérdidas de aislamiento, fallos del estator, del rotor, etc.

Los siguientes elementos serían susceptibles de su aplicación:

Motores de movimiento de translación del transelevador.

Motores de movimiento de elevación de transelevadores.

Motores de movimiento de horquillas de transelevadores.

Transformadores existentes en la instalación.

Variadores de frecuencia de control de velocidad existentes en la instalación.

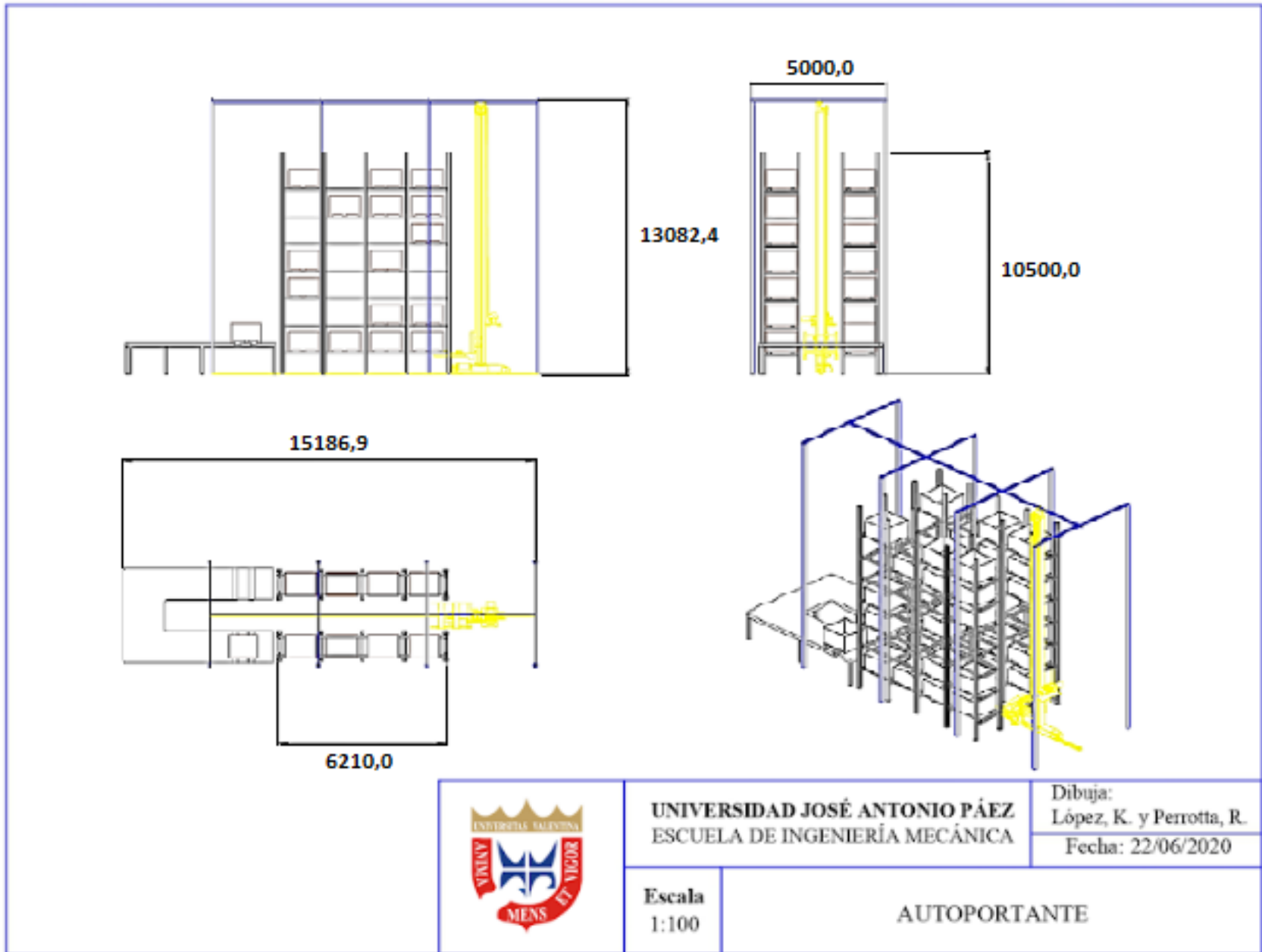


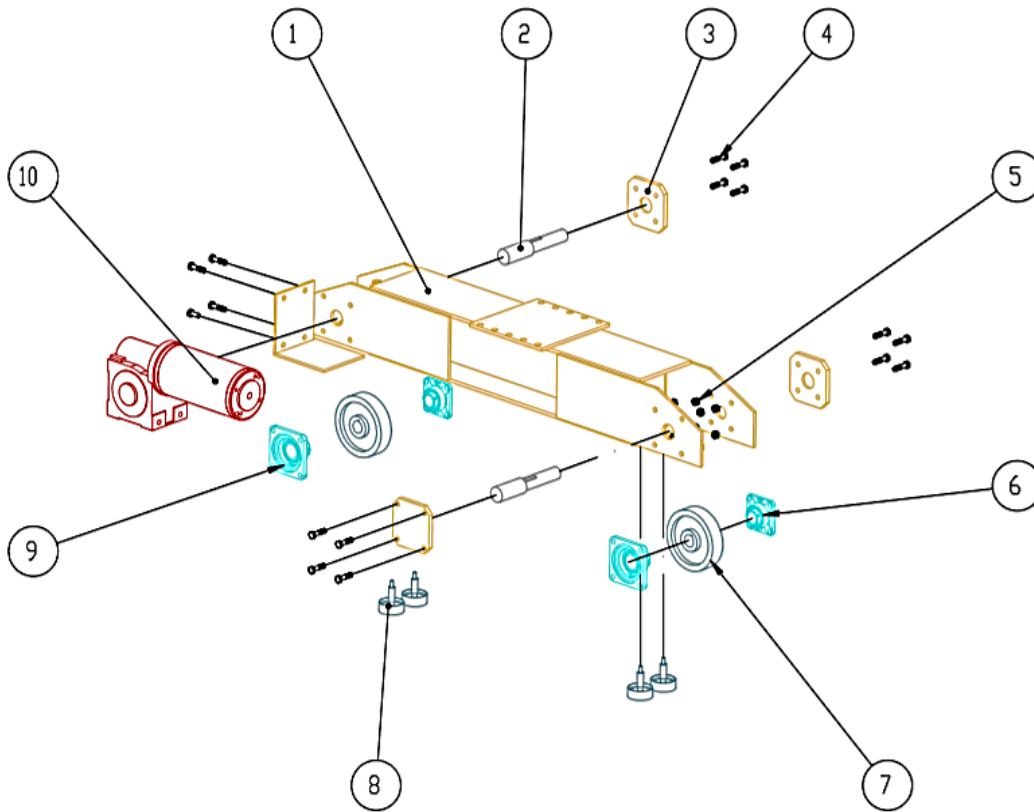
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAÉZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO				Folio	
Orden de Trabajo:			Área:		
Realizó:			Fecha:		
Aprobado por Ing. De Proceso:			Hora inicial:		
			Hora final:		
Aprobado por Dpto. de calidad:			Observaciones:		
Actividad:	Código:	Descripción situación antes de realizar trabajos	Descripción de trabajos realizados	Observaciones:	

Apéndice B

PLANOS





N.º DE ELEMENTO	Denominación	CANTIDAD
1	Bastidor inferior	1
2	Eje rueda de tracción	2
3	Tapa soporte eje de tracción	3
4	Perno M16 grado 5	16
5	Tuerc M16 Grado 5	12
6	Rodamiento con soporte	2
7	Rueda de tracción	2
8	Ruedas guías	4
9	Rodamiento con soporte	2
10	Motor Sew Eurodrive	1

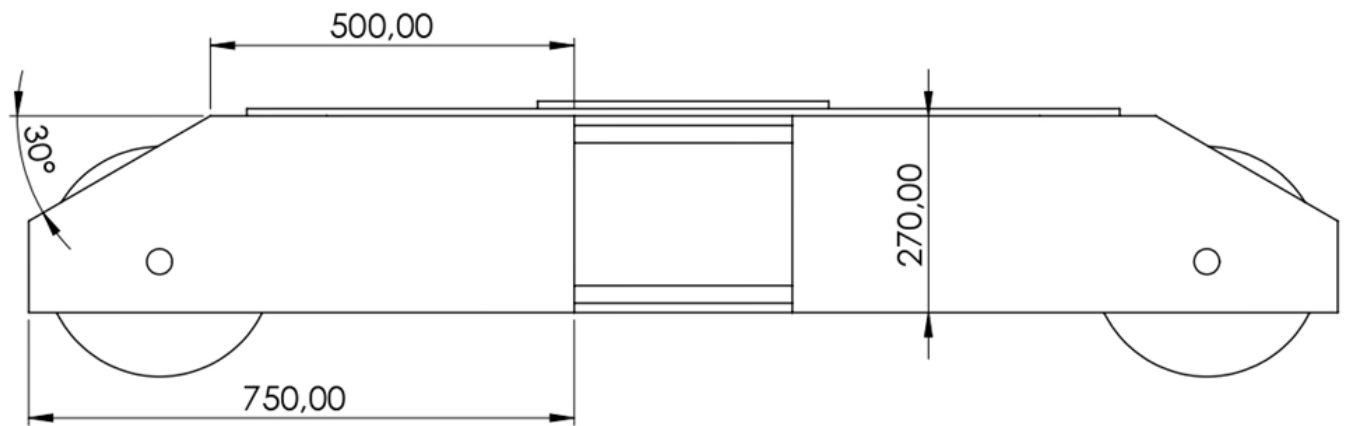
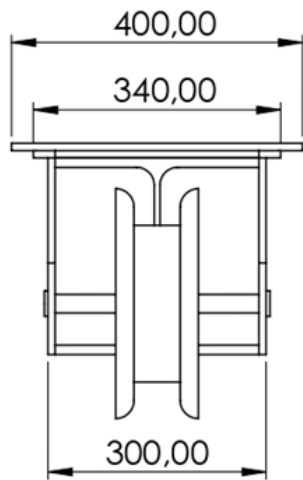
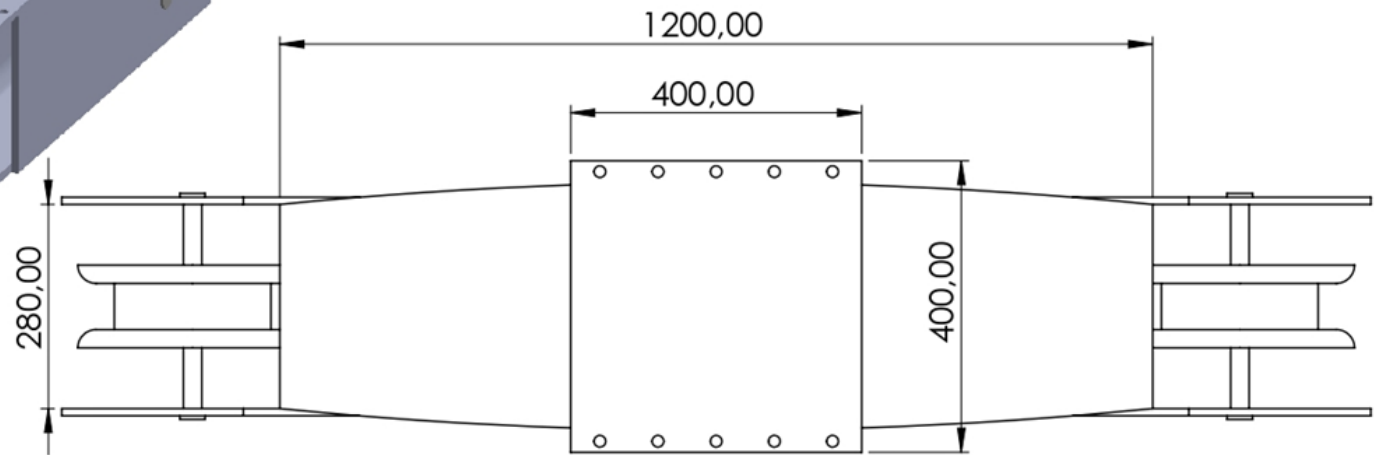
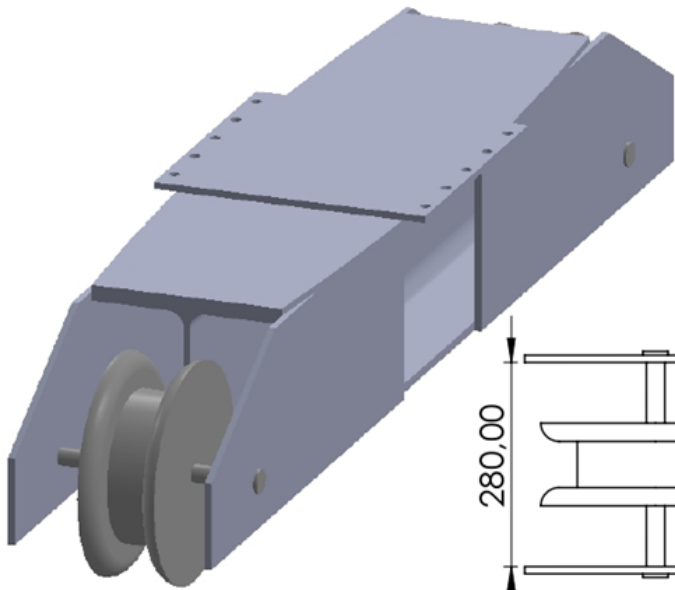


UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Dibuja:
 López, K. y Perrotta, R.
 Fecha: 22/06/2020

Escala
 1:20

BASTIDOR INFERIOR
 (Vista Explosionada)

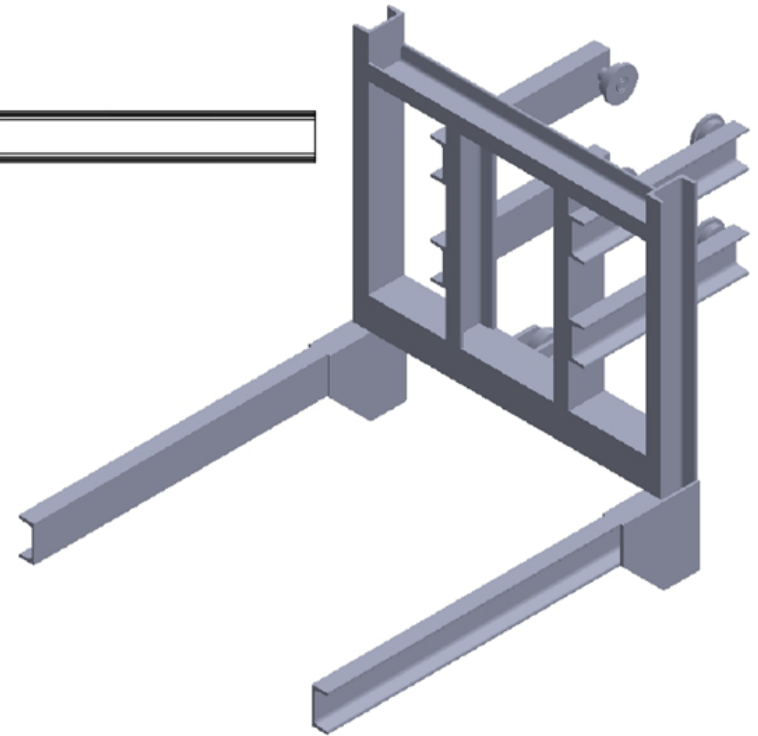
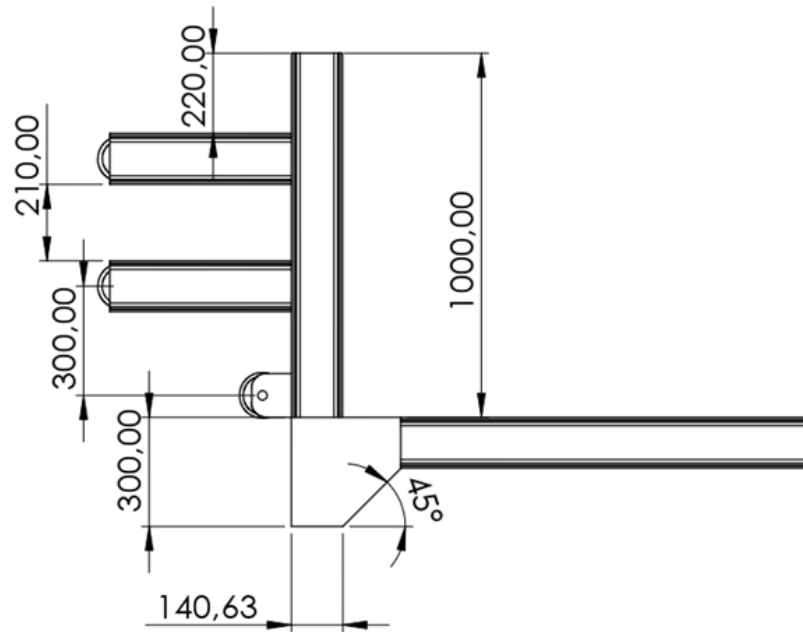
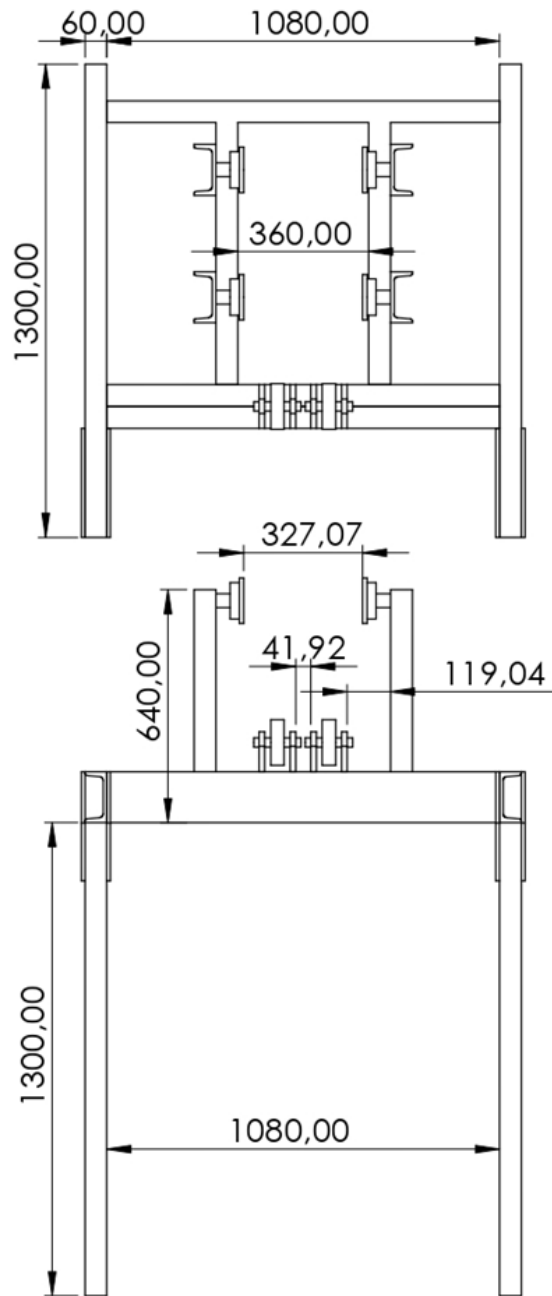



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

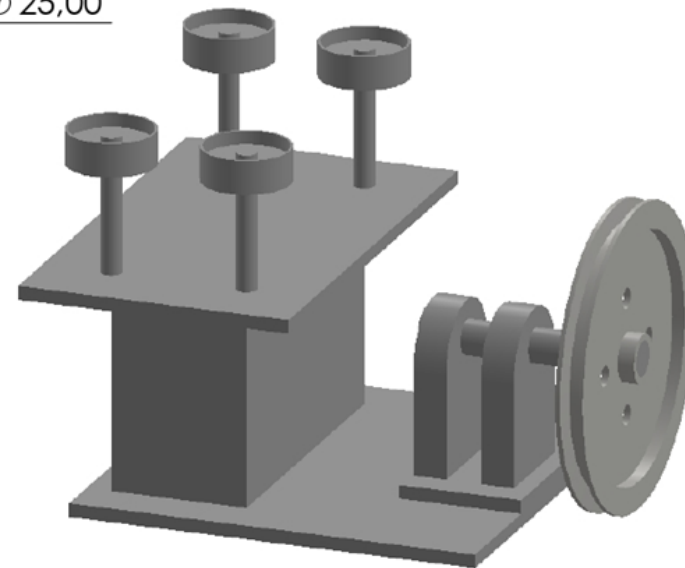
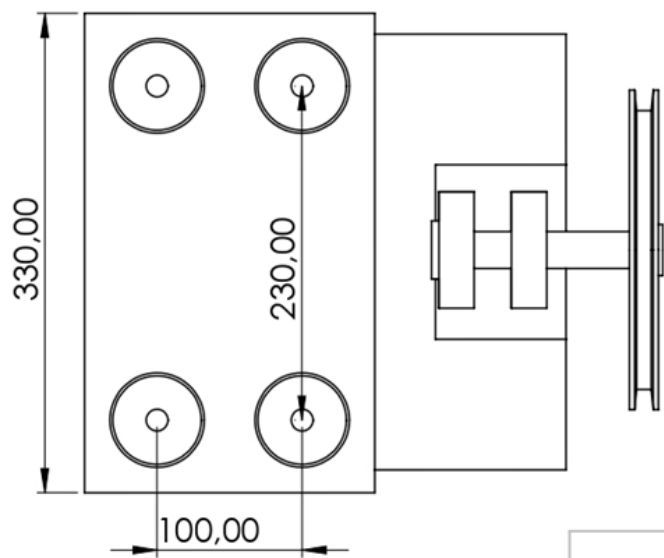
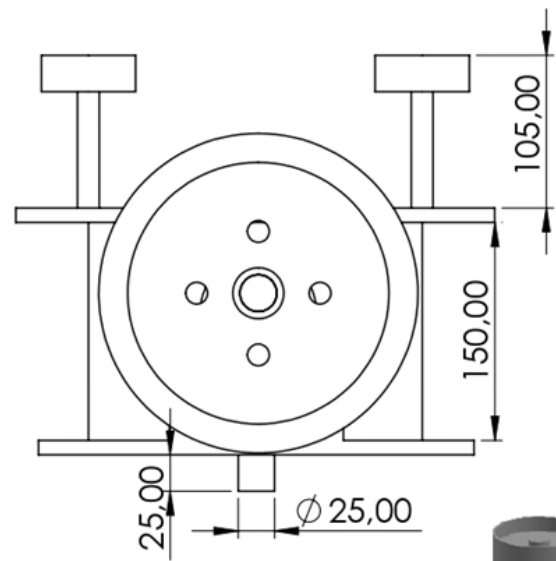
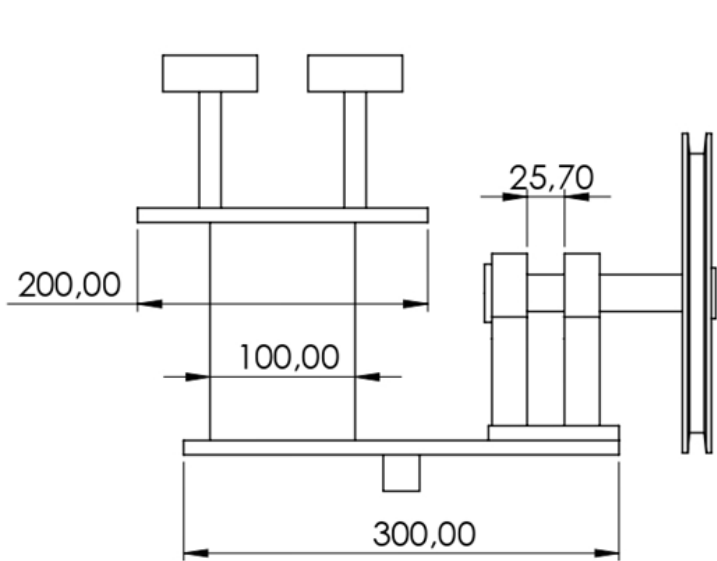
Dibuja:
 López, K. y Perrotta, R.
 Fecha: 22/06/2020

Escala
 1:10

BASTIDOR INFERIOR



	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		Dibuja: López, K. y Perrotta, R.
			Fecha: 22/06/2020
Escala 1:20	CUNA DE ELEVACIÓN		

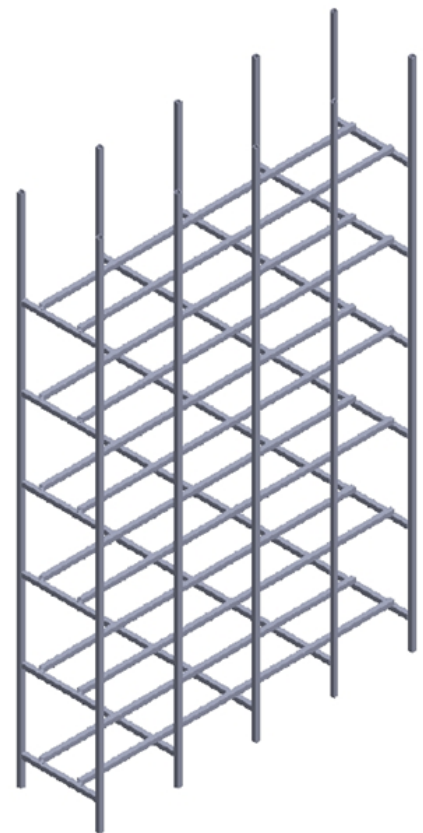
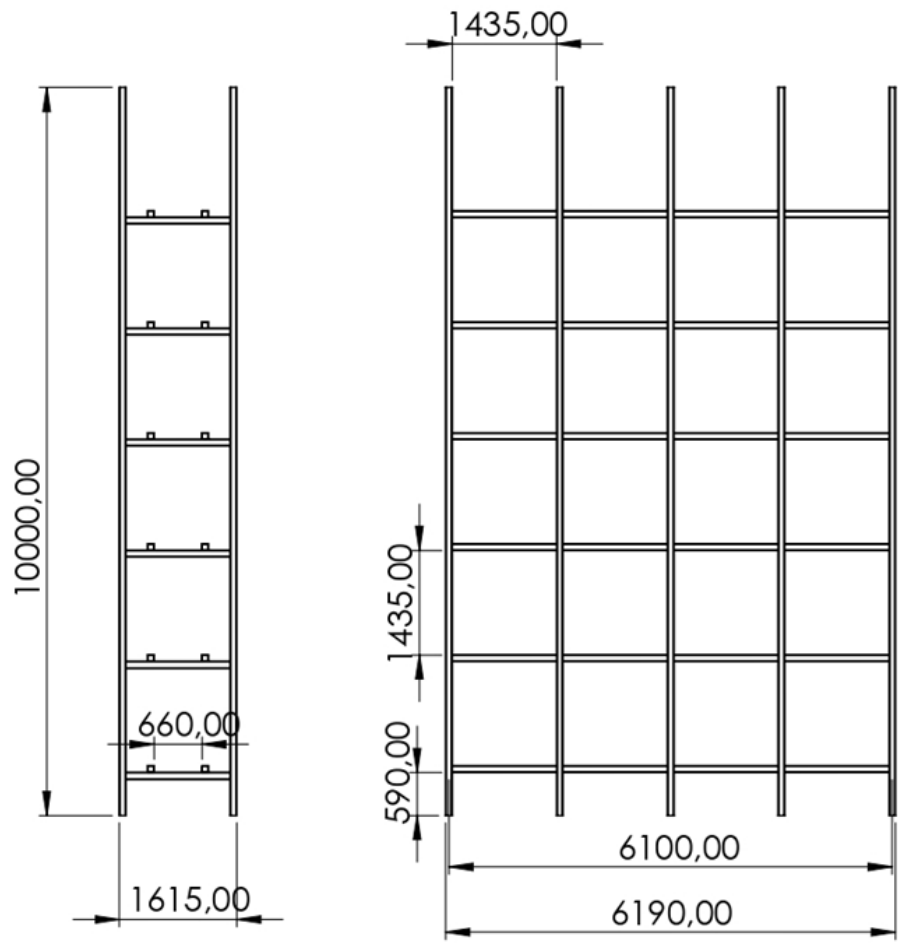


UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Dibuja:
López, K. y Perrotta, R.
Fecha: 22/06/2020

Escala
1:5

BASTIDOR SUPERIOR



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Dibuja:
 López, K. y Perrotta, R.
 Fecha: 22/06/2020

Escala
 1:100

ESTANTERÍA

Apéndice C

ANÁLISIS ESTÁTICO. SolidWorks Simulation 2019

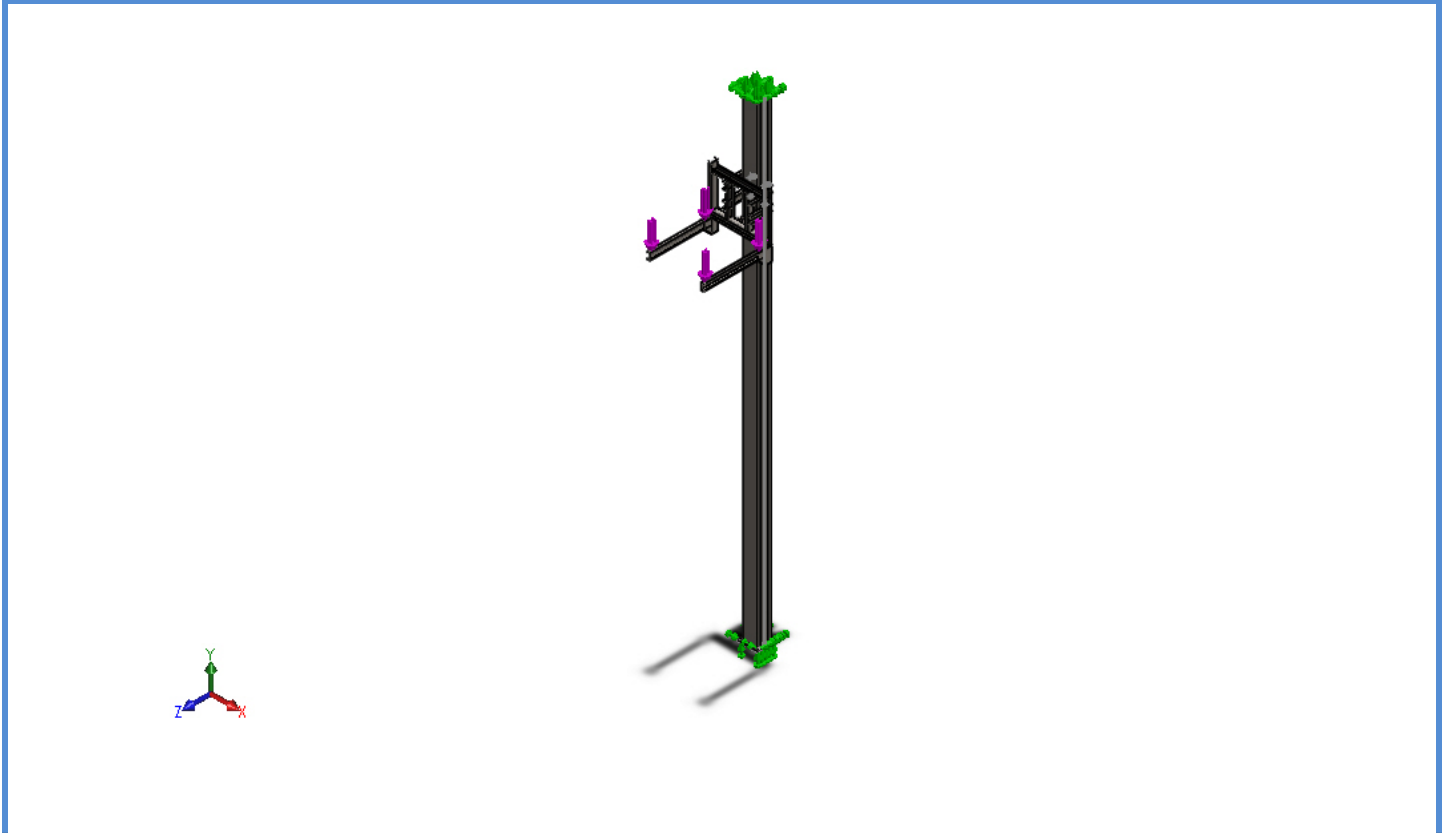


Descripción

Análisis Estático del Sistema

- Descripción..... 161
- Suposiciones.....
- Información de modelo..... 162
- Propiedades de estudio 165
- Unidades 166
- Propiedades de material 166
- Cargas y sujeciones 168
- Definiciones de conector
- Información de contacto..... 169
- Información de malla 169
- Detalles del sensor
- Fuerzas resultantes 171
- Vigas..... 171
- Resultados del estudio..... 171
- Conclusión.....
- Apéndice

Información de modelo



Propiedades de estudio


	Análisis estático 1
	Análisis estático
	Malla sólida
	Activar
	Incluir cargas térmicas
	298 Kelvin
	Desactivar
	FFEPlus
	Desactivar
	Desactivar
	Desactivar
	Automático
	Desactivar
	Activar
	Desactivar
	Desactivar
	Documento de SOLIDWORKS



Unidades

	Métrico (MKS)
	mm
	Kelvin
	Rad/seg
	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Tipo de modelo: Criterio de error predeterminado: Límite elástico: Límite de tracción: Módulo elástico: Coeficiente de Poisson: Densidad: Módulo cortante:</p>	


Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1				
Fuerzas resultantes				

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1				

Información de contacto

Contacto global		

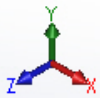
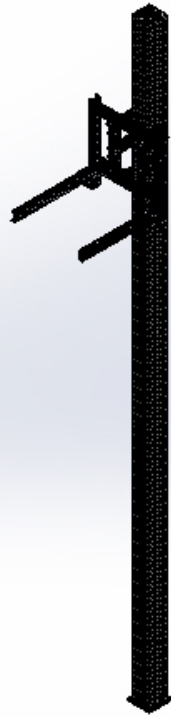
Información de malla

	Malla sólida
	Malla estándar
	Desactivar
	Desactivar
	4 Puntos
	65 mm
	3,25 mm
	Elementos cuadráticos de alto orden
	Desactivar

	84385
	49469

	65,053
	67,1
	4,56
	0
	00:00:16
	CASA-PC

Nombre del modelo: Ensamblaje ESTUDIO ESTÁTICO
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida



Fuerzas resultantes

Todo el modelo	N	-0,496726	10.001,4	0,378254	10.001,4
----------------	---	-----------	----------	----------	----------

Todo el modelo	N.m	0	0	0	0
----------------	-----	---	---	---	---

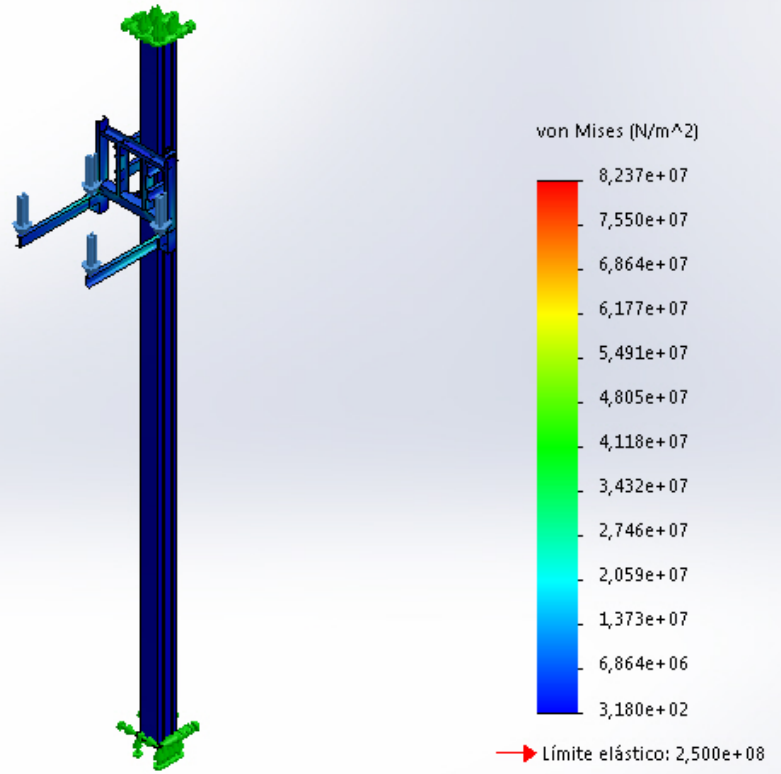
Vigas

No hay datos

Resultados del estudio

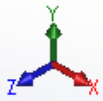
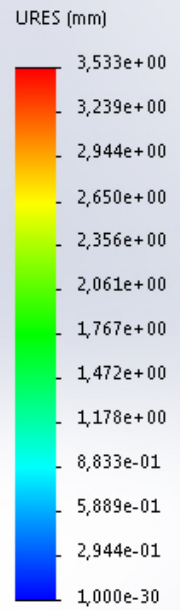
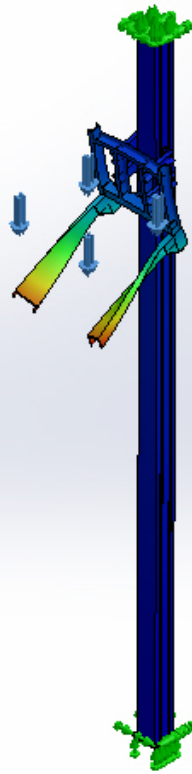
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3,180e+02 N/m ² Nodo: 25883	8,237e+07 N/m ² Nodo: 14065
------------	---------------------------	---	---

Nombre del modelo: Ensamblaje ESTUDIO ESTATICO
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1



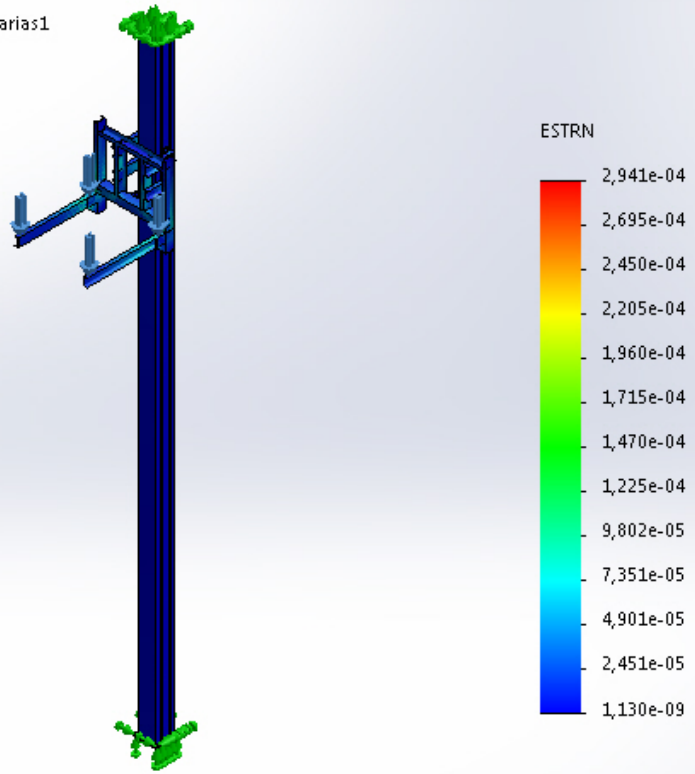
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 25122	3,533e+00 mm Nodo: 18252
------------------	-----------------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Nombre del modelo: Ensamblaje ESTUDIO ESTÁTICO
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 290,636



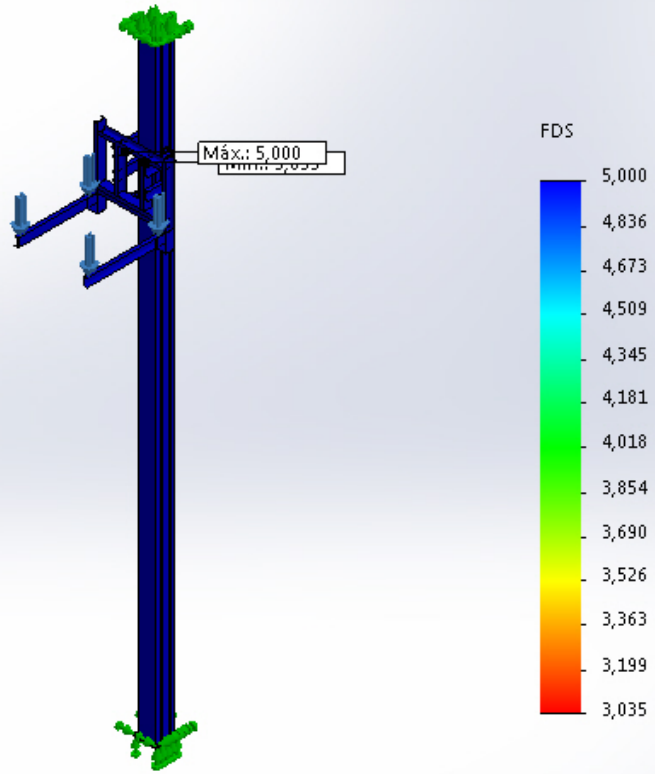
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1,130e-09 Elemento: 22968	2,941e-04 Elemento: 6131
--------------------------	---	------------------------------	-----------------------------

Nombre del modelo: Ensamblaje ESTUDIO ESTÁTICO
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1



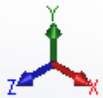
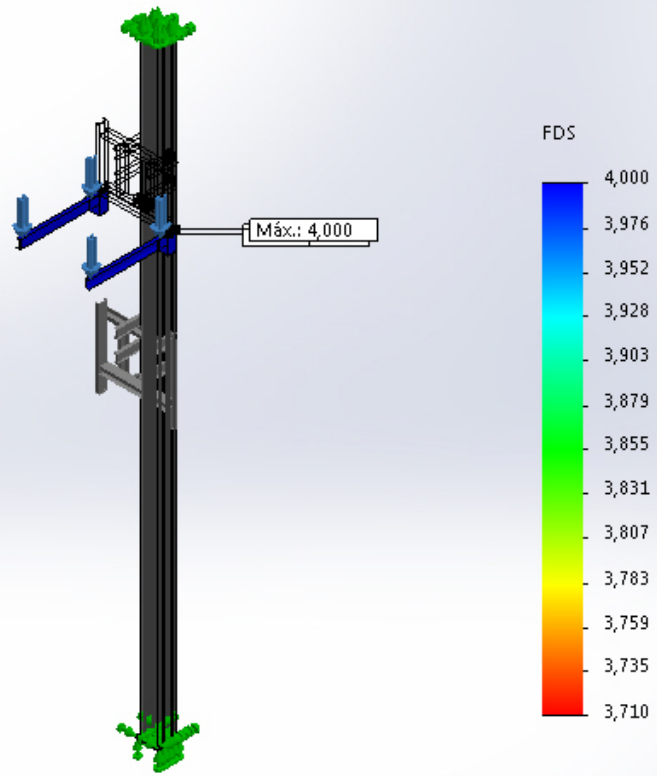
Factor de seguridad1	Automático	3,035 Nodo: 14065	5,000 Nodo: 1
----------------------	------------	----------------------	------------------

Nombre del modelo: Ensamblaje ESTUDIO ESTÁTICO
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 3



Factor de seguridad2	Automático	3,710 Nodo: 7461	4,000 Nodo: 7438

Nombre del modelo:Ensamblaje ESTUDIO ESTATICO
Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad2
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad:FDS mín = 3,7



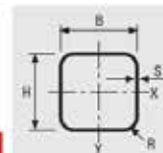
Anexo A1

TUBOS ESTRUCTURALES MANNI SIPRE S.p.A

Nota: las propiedades técnicas se han determinado teniendo en consideración un radio de giro en los ángulos par a:

^l externo = 1,25 x s

^l interno = 1,00 x s



TUBOS ESTRUCTURALES DE SECCIÓN CUADRADA LAMINADOS EN CALIENTE												
Dimensiones H x B (mm)	Espesor S (mm)	Masa M (kg/m)	Área de la sección A (cm ²)	Momento de inercia J (cm ⁴)	Radio de giro I (cm)	Módulo de flexión elástico W (cm ³)	Módulo de flexión plástico Wp (cm ³)	Constantes de torsión		Área superficial por metro lineal m ² / m	Largo (°) aprox. por t (m)	
								Jv (cm ⁴)	Wv (cm ³)			
20x20	2,0	1,12	1,42	0,76	0,73	0,76	0,95	1,22	1,07	0,076	893	
	2,5	1,32	1,72	0,87	0,71	0,88	1,12	1,41	1,21	0,075	741	
25x25	2,0	1,41	1,82	1,59	0,94	1,27	1,56	2,52	1,81	0,096	700	
	2,5	1,71	2,22	1,85	0,91	1,48	1,86	2,97	2,09	0,095	574	
	3,0	2,04	2,60	2,06	0,89	1,65	2,12	3,36	2,31	0,094	490	
	3,2	2,15	2,74	2,14	0,88	1,71	2,21	3,49	2,38	0,093	466	
30x30	2,5	2,11	2,72	3,40	1,12	2,27	2,79	5,40	3,22	0,115	469	
	3,0	2,47	3,20	3,94	1,10	2,56	3,21	6,17	3,61	0,114	399	
	3,2	2,61	3,38	4,00	1,09	2,67	3,37	6,45	3,75	0,113	378	
40x40	2,5	2,89	3,72	8,67	1,53	4,33	5,21	13,6	6,23	0,155	343	
	3,0	3,41	4,40	9,96	1,51	4,98	6,07	15,7	7,11	0,154	290	
	3,2	3,61	4,66	10,4	1,50	5,22	6,40	16,5	7,43	0,153	274	
	4,0	4,39	5,68	12,1	1,46	6,07	7,61	19,5	8,56	0,151	225	
	5,0	5,28	6,88	13,8	1,42	6,92	8,92	22,6	9,65	0,149	185	
50x50	2,5	3,68	4,72	17,7	1,94	7,07	8,38	27,4	10,2	0,195	270	
	3,0	4,35	5,60	20,5	1,91	8,20	9,83	32,0	11,8	0,194	228	
	3,2	4,62	5,94	21,6	1,91	8,62	10,4	33,8	12,4	0,193	215	
	4,0	5,64	7,28	25,5	1,87	10,2	12,5	40,4	14,5	0,191	175	
	5,0	6,85	8,88	29,6	1,83	11,9	14,9	47,6	16,7	0,189	144	
	6,3	8,31	10,8	33,9	1,77	13,6	17,5	55,3	18,9	0,186	118	
	60x60	3,0	5,29	6,80	36,6	2,32	12,2	14,5	56,9	17,7	0,234	188
3,2		5,62	7,22	38,7	2,31	12,9	15,3	60,1	18,6	0,233	177	
4,0		6,97	8,88	46,1	2,28	15,4	18,6	72,4	22,1	0,231	144	
5,0		8,42	10,9	54,4	2,24	18,1	22,3	86,3	25,8	0,229	118	
6,3		10,3	13,3	63,4	2,18	21,1	26,6	102	29,7	0,226	95,3	
7,1		11,4	14,5	65,8	2,13	21,9	28,2	110	31,6	0,222	—	
8,0		12,5	16,3	72,4	2,11	24,1	31,4	119	33,5	0,223	78,1	
8,8		13,5	17,2	72,5	2,05	24,2	32,2	124	34,6	0,217	—	
10,0		14,9	18,9	75,5	2,00	25,2	34,4	131	36,0	0,214	—	
11,0		15,9	20,3	77,1	1,95	25,7	35,9	136	36,7	0,212	—	
12,5		17,3	22,1	78,0	1,88	26,0	37,5	139	37,0	0,208	—	
70x70		3,0	6,24	8,00	59,6	2,73	17,0	20,0	92,1	24,8	0,274	160
	3,6	7,46	9,50	69,5	2,70	19,9	23,6	108	28,7	0,272	135	
	5,0	9,99	12,9	90,1	2,64	25,7	31,2	142	36,8	0,269	99,1	
	6,3	12,3	15,9	106	2,59	30,4	37,6	169	43,0	0,266	80,0	
	7,1	13,6	17,3	112	2,54	32,0	40,3	185	46,1	0,262	—	
	8,0	15	19,5	123	2,51	35,3	45,0	200	49,4	0,263	65,4	
	8,8	16,3	20,7	126	2,46	35,9	46,6	212	51,6	0,257	—	
	10,0	18,0	22,9	133	2,41	38,0	50,3	227	54,4	0,254	—	
	11,0	19,4	24,7	138	2,36	39,3	53,0	238	56,2	0,252	—	
	12,5	21,3	27,1	142	2,29	40,6	56,3	249	58,0	0,248	—	
80x80	3,0	7,18	9,20	90,6	3,14	22,7	26,5	139	33,1	0,314	139	
	3,6	8,53	10,9	106	3,11	26,5	31,3	164	38,5	0,312	117	
	5,0	11,6	14,9	139	3,05	34,7	41,7	217	49,8	0,309	85,5	
	6,3	14,2	18,4	165	3,00	41,3	50,5	261	58,8	0,306	69,5	
	7,1	15,8	20,2	176	2,95	43,9	54,5	286	63,5	0,302	—	
	8,0	17,5	22,7	194	2,92	48,6	60,9	312	68,5	0,303	56,2	
	8,8	19,0	24,2	200	2,87	50,0	63,7	332	72,0	0,297	—	
	10,0	21,1	26,9	214	2,82	53,5	69,3	360	76,8	0,294	—	
	11,0	22,8	29,1	223	2,77	55,8	73,5	380	80,1	0,292	—	
	12,5	25,2	32,1	234	2,70	58,6	78,9	404	83,8	0,288	—	
	90x90	3,6	9,66	12,4	154	3,52	34,1	40,0	237	49,7	0,352	103
		5,0	13,1	16,9	202	3,46	45,0	53,6	315	64,9	0,349	75,2
6,3		16,2	20,9	242	3,41	53,9	65,3	381	77,1	0,346	61,0	
7,1		18,1	23,0	260	3,36	57,7	70,8	419	83,7	0,342	—	
8,0		20,1	25,9	288	3,33	64,0	79,2	459	90,7	0,343	49,0	
8,8		21,6	27,8	296	3,28	66,6	83,4	490	96,8	0,337	—	
10,0		24,3	30,9	322	3,23	71,6	91,3	536	103	0,334	—	
11,0		26,3	33,5	339	3,18	75,3	97,3	569	108	0,332	—	
12,5		29,1	37,1	359	3,11	79,8	105	612	114	0,328	—	

260x260	6,3	49,9	63,5	6790	10,3	522	803	10420	773	1,02	—
	7,1	56,0	71,3	7570	10,3	582	674	11650	861	1,02	—
	8,0	62,8	80,0	8420	10,3	648	753	13010	956	1,02	—
	8,8	68,8	87,6	9160	10,2	705	822	14190	1040	1,02	—
	10,0	77,7	98,9	10240	10,2	788	924	15930	1160	1,01	—
	11,0	85,0	108	11110	10,1	855	1010	17350	1260	1,01	—
	12,5	95,8	122	12360	10,1	951	1130	19410	1390	1,01	—
	14,2	108	137	13710	9,99	1050	1260	21660	1540	1,00	—
	16,0	120	153	15060	9,91	1160	1390	23940	1690	0,999	—
	17,5	131	166	16120	9,84	1240	1500	25770	1800	0,995	—
300x300	6,3	57,8	73,6	10550	12,0	703	809	16140	1040	1,18	—
	7,1	64,9	82,6	11780	11,9	785	906	18060	1160	1,18	—
	8,0	72,8	93,1	13209	11,9	881	1018	20171	1294	1,18	13,7
	8,8	79,8	102	14310	11,9	954	1110	22060	1410	1,18	—
	10,0	90,2	116	16150	11,8	1077	1254	24776	1575	1,18	11,1
	11,0	98,8	126	17420	11,8	1160	1360	27050	1710	1,17	—
	12,5	112	143	19630	11,7	1309	1538	30290	1905	1,17	8,93
	14,2	126	160	21640	11,6	1440	1710	33940	2110	1,16	—
16,0	141	181	24160	11,6	1610	1916	37566	2327	1,17	7,05	
350x350	6,3	67,7	88,2	16920	14,0	987	1110	25820	1440	1,38	—
	7,1	76,0	96,8	18920	14,0	1080	1240	28930	1600	1,38	—
	8,0	85,4	109	21240	14,0	1214	1398	32352	1789	1,38	11,7
	8,8	93,6	119	23060	13,9	1320	1520	35410	1960	1,38	—
	10,0	106	136	26050	13,9	1489	1725	39840	2186	1,38	9,44
	11,0	116	148	28180	13,8	1610	1870	43550	2380	1,37	—
	12,5	131	168	31810	13,8	1817	2122	48869	2655	1,37	7,58
	14,2	148	189	35210	13,7	2010	2360	54880	2960	1,36	—
	16,0	166	213	39370	13,6	2250	2655	60901	3265	1,37	5,99

Fuente: MANNI SIPRE S.p.A. (s.f.). *Catálogo Técnico. Tubos Estructurales.*

Anexo A2

PROPIEDADES ACERO A-36

Propiedades Mecánicas del Acero A36

La lista a continuación resume las propiedades mecánicas del acero A36, como el módulo de elasticidad (módulo de Young), el módulo de corte, la resistencia a la tracción máxima, el límite elástico, la dureza Brinell, etc.

Propiedades Mecánicas		Notas
Resistencia a la tracción, MPa (psi)	400-550 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
Límite elástico (Esfuerzo de fluencia), MPa (ksi), \geq	250 (36)	Espesor \leq 200mm (8 pulg.)
	220 (32)	Espesor de placas de acero > 200mm (8 pulg.)
Elongación, %, \geq	20	Placas y barras en 200 mm (8 pulg.)
	23	Placas y barras en 50 mm (2 pulg.)
Dureza Brinell, HBW	119-162	–
Módulo de elasticidad, GPa (ksi)	200 (29×10^3)	–
Módulo de corte, GPa (ksi)	79.3 (11.5×10^3)	–
Fy del acero A36 (Límite de fluencia), MPa (ksi), \geq	250 (36)	–

Fuente: *Acero ASTM A36, Acero A36 Propiedades, Ficha Técnica, Dureza, Densidad Estructural, Material Mundial. (s.f.).*

Anexo A3

PROPIEDADES DE SOLDADURA. TIPOS DE CARGA

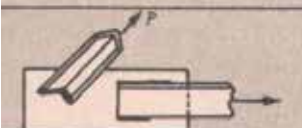
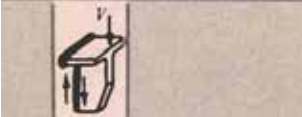
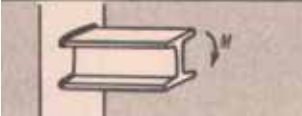


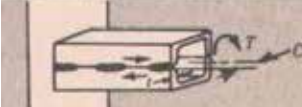
Tipo de carga	Fórmulas de diseño patrones	Considerando la soldadura como una línea	
	Esfuerzo psi	Fuerza lb/pul	
Soldaduras primarias trasmite toda la carga			
	tracción o compresión	$s = \frac{P}{A}$	$f = \frac{P}{L_w}$
	de corte vertical	$s = \frac{V}{A}$	$f = \frac{V}{L_w}$
	flexión	$s = \frac{M}{Z}$	$f = \frac{M}{Z_w}$
	torsión	$s = \frac{TC}{J}$	$f = \frac{TC}{J_w}$
Soldaduras secundarias une las dos secciones — bajo esfuerzo			
	de corte horizontal	$s = \frac{VAy}{It}$	$f = \frac{VAy}{In}$
	de corte torsional horizontal	$s = \frac{TC}{J}$	$f = \frac{TCt}{J}$

Fig. 25-7(b)

Cortesía de la Lincoln Electric Co.

Si se utiliza soldadura a intervalos, se determina la razón R de la dimensión calculada de la soldadura continua a la dimensión real que se debe emplear en la soldadura a intervalos.

$$R = \frac{\text{dimensión calculada (soldadura continua)}}{\text{dimensión real que se debe emplear (soldadura a intervalos)}}$$

Fuente: Hall, A; Holowenco, A. y Laughlin, H. (1971). *Diseño de Maquinas*.

Propiedades de una soldadura considerada como una línea		
Bosquejo de la junta soldada <i>b</i> = anchura <i>d</i> = altura	Flexión alrededor del eje X-X	Torsión
	$Z_w = \frac{d^2}{6}$	$J_w = \frac{d^3}{12}$
	$Z_w = \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$Z_w = bd$	$J_w = \frac{b^3 + 3bd^2}{6}$
	$Z_w = \frac{4bd + d^2}{6} = \frac{d^2(4bd + d)}{6(2b + d)}$ Parte superior Parte inferior	$J_w = \frac{(b + d)^4 - 8b^2d^2}{12(b + d)}$
	$Z_w = bd + \frac{d^2}{6}$	$J_w = \frac{(2b + d)^3}{12} - \frac{b^2(b + d)^2}{(2b + d)}$
	$Z_w = \frac{2bd + d^2}{3} = \frac{d^2(2b + d)}{3(b + d)}$ Parte superior Parte inferior	$J_w = \frac{(b + 2d)^3}{12} - \frac{d^2(b + d)^2}{(b + 2d)}$
	$Z_w = bd + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{(b + d)^3}{6}$
	$Z_w = \frac{2bd + d^2}{3} = \frac{d^2(2b + d)}{3(b + d)}$ Parte superior Parte inferior	$J_w = \frac{(b + 2d)^3}{12} - \frac{d^2(b + d)^2}{(b + 2d)}$
	$Z_w = \frac{4bd + d^2}{3} = \frac{4bd^2 + d^3}{6b + 3d}$ Parte superior Parte inferior	$J_w = \frac{d^3(4b + d)}{6(b + d)} + \frac{b^3}{6}$
	$Z_w = bd + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{b^3 + 3bd^2 + d^3}{6}$
	$Z_w = 2bd + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{2b^3 + 6bd^2 + d^3}{6}$
	$Z_w = \frac{\pi d^2}{4}$	$J_w = \frac{\pi d^3}{4}$
	$Z_w = \frac{\pi d^2}{2} + \pi D^2$	

Anexo A4

ELECTRODO E70 INDURA

FICHA DE PRODUCTO

Característica	Detalle
Usos	Este electrodo está proyectado para soldar bronce, latón, cobre, acero, fundición gris y maleable. Se recomienda para soldar metales diferentes y sus características permiten usarlo cuando se necesitan capas superpuestas de bronce fosfórico.
Aplicaciones	Relleno de descanso. Relleno de piezas de cobre. Soldaduras de alambiques. Soldaduras de hierro fundido. Relleno de contactos eléctricos.
Seguridad	Se recomienda mantener un arco medianamente corto, sin permitir que el revestimiento del electrodo toque el metal fundido. Para soldar fundición gris, maleable y acero, deben ajustarse los amperajes más bajos. Para bronce se recomienda un amperaje medio entre el mínimo y el máximo, y para los latones con alto porcentaje de zinc se recomienda los amperajes cercanos al máximo. En todos los casos, se debe remover totalmente la escoria antes de depositar el cordón o capa siguiente. Se recomienda soldar con cordones sencillos para lograr características mecánicas máximas en el depósito. En general no es necesario precalentar en espesores delgados. Se aconseja precalentamiento de 90°C a 200°C para soldar secciones gruesas. En las soldaduras de cobre y bronce se recomienda precalentar la zona de iniciación de la soldadura. Para soldar en posición vertical se necesita una velocidad de avance mayor, con un amperaje ligeramente menor que el que se usaría con electrodos de acero dulce en condiciones similares. Las soldaduras verticales deben hacerse en dirección ascendente. En posición sobrecabeza, se recomienda soldar con cordones sencillos, para mantener el baño de fusión lo más pequeño posible.
Tipo	Mantenimiento
Material a Soldar	Acero al Carbono y Bronce
Tipo de Corriente	AC/DC
Diámetro	1/8"

Composición química (típica) del metal depositado:					
P 0,10%; Si 0,1%; Fe 0,25%; Sn 6,0%; Cu balance					
Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.6-84):					
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte				Requerimientos	
Resistencia a la tracción : 300 MPa				240 MPa	
Alargamiento en 50 mm : 22%				20%	
Amperajes recomendados:					
Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.	
		mín.	máx.		
*2,4	300	40	75	61	
3,2	350	80	120	34	
4,0	350	130	190	23	
*4,8	350	140	250	16	

Fuente: INDURA Grupo AIR PRODUCTS (s.f.). *Electrodo INDURA 70 1/8.*

Anexo A5

PLACA DE ACERO - FORTACERO

Placa de Hoja / Placa de Acero

Contamos con Pantógrafo, Plasma y Láser en donde podemos hacer la pieza que su empresa requiera.
Si ocupa medidas o grados especiales, contáctenos ¡Se los conseguimos!

La Placa de Hoja / Placa de Acero es usada en la fabricación de estructuras, tanques, maquinaria industrial, postes, carrocerías, etc. Siempre brindamos precios competitivos.

ESPE- SOR pulg – mm	PESO kg/m ²	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos	Peso x placa en Kilos
— 4.8	37.35	–	84	105	112	140	176	351	421	–	562	1,123	–
6.4	49.79	–	112	140	150	187	234	468	562	–	749	1,498	–
— 7.9	62.24	–	140	176	187	234	293	585	702	–	936	–	–
9.5	74.69	–	168	211	225	281	351	702	842	1,685	1,123	2,246	2,808
11.1	87.14	–	–	246	–	–	–	–	983	–	–	–	–
12.7	99.59	–	225	281	300	374	468	936	1,123	2,246	1,498	2,995	3,744
— 14.3	112.04	–	–	316	–	–	–	–	1,264	–	–	–	–
15.9	124.49	211	281	351	374	468	585	1,170	1,404	2,808	1,872	3,744	4,680
19.1	149.38	253	337	421	449	562	702	1,404	1,685	3,370	2,246	4,493	5,616
22.2	174.38	–	–	491	–	–	–	–	1,966	–	2,621	–	–
25.4	199.18	337	449	562	599	749	936	1,872	2,246	4,493	2,995	5,990	7,488
— 28.6	224.07	–	–	632	–	–	–	–	2,527	–	3,370	6,739	–

Manejamos los siguientes grados: A-36, A-283°C, A-285°C, A-516°70, A-572°50, A-709°50, A-572°65, SAE 1045

EL MEJOR INVENTARIO... A TIEMPO®

FORTACERO© 2019 Copyright Derechos Reservados | **Planeta Web**

Fuente: FORTACERO (s.f.). *Placa de Acero. Hoja Técnica.*

Anexo A6

RUEDA ACERO INOXIDABLE PARA RIEL. GAYNER.

GAYNER®

soluciones en movimiento

Ø
100 y
150 mm.

ARG Monobloque de **acero** mecanizado color gris para **riel de grúa** con una **pestaña**

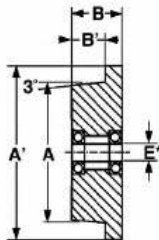
CATEGORIA
6 y 7

**1.140 a
2.040 Kg.**

Ejemplo de rueda:



18-66
150 ARG7



PARTICULARIDADES:

- Mecanizadas de barras de acero fundido (conforme a la norma EN 10083 C45).
- Máxima capacidad de soportar cargas y no presentan la fragilidad de las ruedas de hierro fundido.
- Montaje sobre eje de acero rectificado H7, o sobre soportes fijos de la serie 6 (Ver páginas 100 y 103). Consultar.
- Se deslizan sobre rieles para grúas (DIN 536).
- Al rodar sobre rieles metálicos se reduce el esfuerzo al desplazamiento y se protegen los pavimentos.

OPCIONAL (*):

- Posibilidad de diferentes diámetros y tipos de rodamiento. Consultar.

APLICACIONES:

- Vagonetas y aplicaciones industriales en general.

PROPIEDADES Y PRECAUCIONES:

- En general parecidas a las ruedas de hierro fundido (Ver página 37).
- Velocidad máxima recomendada 6 Km/h.



Código	Referencia	Cotas mm.					Tipo de cojinete	Kg	Montar en soporte categoría
		A	A'	B	B'	E*			
18-64	100 ARGB6	100	125	37	25	25,0	II	1.140	6-Fijo
18-66	150 ARGB7	150	190	55	40	30,0	II	2.040	6-Fijo

© GAYNER

39

Fuente: GAYNER (s.f.). *Monobloque de Acero mecanizado color gris para Riel de Grúa con una pestaña.*

Anexo A7

VIGAS. FICHA PROPIEDADES. MATERIALES LOS
ANDES

Vigas HEA

I= Momento de Inercia.
 S= Momento de Resistencia.
 R=Radio de Inercia, siempre referidos al eje de flexión correspondiente.
 Calidades: ASTM-A-36.
 ST-37-2.



HEA (I) IPBL	Dimensiones (mm)					Área cm ²	Peso Kg/m	Momento respecto a los ejes					
	h	b	s	t	r1			EJE-X-X			EJE-Y-Y		
								Ix cm ⁴	Sx cm ³	Rx cm	Iy cm ⁴	Sy cm ³	Ry cm
100	96	100	5.0	8.0	12	21.2	16.7	349	72.7	4.05	134	26.7	2.51
120	114	120	5.0	8.0	12	25.3	19.9	606	106.0	4.89	231	38.4	3.02
140	133	140	5.5	8.5	12	31.4	27.7	1030	155.0	5.73	389	55.6	3.52
160	152	160	6.0	9.0	15	38.8	30.4	1670	220.0	6.57	615	76.9	3.98
180	171	180	6.0	9.5	15	45.3	35.5	2510	294.0	7.45	924	103.0	4.52
200	190	200	6.5	10.0	18	53.8	42.3	3690	389.0	8.28	1330	133.0	4.98
220	210	220	7.0	11.0	18	64.3	50.5	5410	515.0	9.17	1950	178.0	5.51
240	230	240	7.5	12.0	21	76.8	60.3	7760	675.0	10.10	2770	231.0	6.00
260	250	260	7.5	12.5	24	86.8	68.7	9500	836.0	11.00	3660	282.0	6.50
280	270	280	8.0	13.0	24	97.3	76.4	13700	1010.0	11.90	4760	340.0	7.00

Vigas UPN

I= Momento de Inercia.
 S= Momento de Resistencia.
 R= Radio de Inercia, siempre referido al eje de flexión correspondiente.
 Calidades: ASTM-A-36.
 ST-37-2.



UPN	Dimensiones (mm)						Área cm ²	Peso Kg/m	Momento respecto a los ejes					
	h	b	s	t	r1	r2			EJE-X-X			EJE-Y-Y		
									Ix m ⁴	Sx cm ³	Rx cm	Iy cm ⁴	Sycm ³	Ry cm
80	80	45	6.0	8.0	8.0	4.0	11.0	8.65	106	26.5	3.10	19.4	6.35	1.33
100	100	50	6.0	8.5	8.5	4.5	13.5	10.6	205	41.1	3.91	29.1	8.45	1.47
120	120	55	7.0	9.0	9.0	4.5	17.0	13.3	364	68.7	4.63	43.1	11.10	1.50
140	140	60	7.0	10.0	10.0	5.0	20.4	16.0	605	86.4	5.45	62.5	14.70	1.75
160	160	65	7.5	10.5	10.5	5.5	24.0	18.9	925	116.0	6.21	85.0	18.20	1.89
180	180	70	8.0	11.0	11.0	5.5	28.0	22.0	1350	150.0	6.96	113.0	22.40	2.02
200	200	75	8.5	11.5	11.5	6.0	32.2	25.3	1910	191.0	7.71	148.0	26.90	2.14
220	220	80	9.0	12.5	12.5	6.5	37.4	29.4	2690	245.0	8.48	196.0	33.50	2.30

Fuente: Materiales Los Andes (s.f.). *Catálogo Vigas. Propiedades Mecánicas.*

Anexo A8

DIMENSIONES DE TUERCAS HEXAGONALES

Tabla A-31

Dimensiones de tuercas hexagonales

Tamaño nominal, pulg	Ancho W	Altura H		
		Hexagonal regular	Gruesa o ranurada	Contra-tuerca
$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{5}{32}$
$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{3}{16}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{7}{32}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{29}{64}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{31}{64}$	$\frac{39}{64}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{35}{64}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{3}{8}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{41}{64}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{27}{64}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{5}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{29}{32}$	$\frac{31}{64}$
1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{55}{64}$	1	$\frac{35}{64}$
$1\frac{1}{8}$	$1\frac{11}{16}$	$\frac{31}{32}$	$1\frac{5}{32}$	$\frac{39}{64}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{23}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{16}$	$1\frac{11}{64}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{25}{32}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	$1\frac{9}{32}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{27}{32}$

Tamaño nominal, mm				
M5	8	4.7	5.1	2.7
M6	10	5.2	5.7	3.2
M8	13	6.8	7.5	4.0
M10	16	8.4	9.3	5.0
M12	18	10.8	12.0	6.0
M14	21	12.8	14.1	7.0
M16	24	14.8	16.4	8.0
M20	30	18.0	20.3	10.0
M24	36	21.5	23.9	12.0
M30	46	25.6	28.6	15.0
M36	55	31.0	34.7	18.0

Fuente: Budynas R. y Nisbett, J. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*.

Anexo A9

ROSCA MÉTRICA ISO DIN 13.



valvias

Designación	Diámetro nominal		Paso		Diámetro Francos d2 (mm)	Diámetro Núcleo d3 (mm)	Area Núcleo A3 (mm ²)	Area Resistente As (mm ²)
	(mm)	(inch)	(mm)	(inch)				
M 1 x 0,25	1	0,04	0,25	0,01	0,839	0,693	0,377	0,461
M 1,1 x 0,25	1,1	0,04	0,25	0,01	0,939	0,793	0,494	0,589
M 1,2 x 0,25	1,2	0,05	0,25	0,01	1,039	0,893	0,626	0,733
M 1,4 x 0,3	1,4	0,06	0,3	0,01	1,206	1,032	0,836	0,983
M 4 x 0,7	4	0,16	0,7	0,03	3,548	3,141	7,749	8,785
M 4,5 x 0,75	4,5	0,18	0,75	0,03	4,016	3,58	10,066	11,329
M 5 x 0,8	5	0,2	0,8	0,03	4,484	4,019	12,686	14,196
M 5,5 x 0,9	5,5	0,22	0,9	0,04	4,919	4,396	15,178	17,037
M 6 x 1	6	0,24	1	0,04	5,355	4,773	17,893	20,141
M 7 x 1	7	0,28	1	0,04	6,355	5,773	26,175	28,881
M 8 x 1,25	8	0,31	1,25	0,05	7,194	6,466	32,837	36,638
M 9 x 1,25	9	0,35	1,25	0,05	8,194	7,466	43,779	48,152
M 10 x 1,5	10	0,39	1,5	0,06	9,032	8,16	52,296	58,034
M 11 x 1,5	11	0,43	1,5	0,06	10,032	9,16	65,899	72,322
M 12 x 1,75	12	0,47	1,75	0,07	10,871	9,853	76,248	84,329
M 14 x 2	14	0,55	2	0,08	12,71	11,546	104,702	115,523
M 15 x 2	15	0,59	2	0,08	13,71	12,546	123,623	135,359
M 16 x 2	16	0,63	2,5	0,1	14,387	12,933	131,368	146,552
M 18 x 2,5	18	0,71	2,5	0,1	16,387	14,933	175,139	192,608
M 20 x 2,5	20	0,79	2,5	0,1	18,387	16,933	225,194	244,947

Valvias (s.f.). Rosca Métrica ISO DIN 13.

Anexo A10

CABLE DE TRACCIÓN 16MM 8X19 DIN 3062

CABLE 8x19 SEALE (1+9+9)+FC = 152 HILOS



8 x 19 + 1 SEALE

DIN 3062

Código CD	Código CI	Diámetro (mm)	Peso (kg/m)	Carga de rotura calculada		Carga de rotura mínima	
				(kN)	(kp)	(kN)	(kp)
980080	980081	8	0,223	38,7	3940	32,5	3310
980090	980091	9	0,285	49,6	5045	41,6	4240
980100	980101	10	0,348	60,5	6150	50,8	5170
980110	980111	11	0,422	73,2	7440	61,5	6250
980120	980121	12	0,502	87,1	8850	73,2	7440
980130	980131	13	0,589	102	10400	85,9	8730
980140	980141	14	0,683	119	12100	99,6	10100
980150	980151	15	0,784	136	13800	114	11600
980160	980161	16	0,892	155	15700	130	13200
980170	980171	17	1,010	175	17800	147	14900
980180	980181	18	1,130	196	19900	165	16700
980190	980191	19	1,260	218	22200	183	18600
980200	980201	20	1,390	242	24600	203	20700
980220	980221	22	1,690	293	29800	246	25000
980240	980241	24	2,010	348	35400	293	29800
980260	980261	26	2,360	409	41600	343	34900
980280	980281	28	2,730	474	48200	398	40500
980320	980321	32	3,570	619	63000	520	52900
980360	980361	36	4,520	784	79700	658	66900

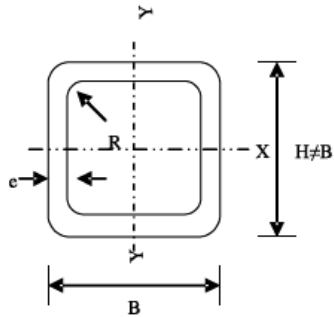
CABLEADO CRUZADO DERECHA - CD - GRIS ENGRASADO - ALMA DE FIBRA
 CABLEADO CRUZADO IZQUIERDA - CI - GRIS ENGRASADO - ALMA DE FIBRA

CARGOFLETBLASANT (s.f.). *Catálogo de Cables de Acero, Tenazas y Accesorios.*

Anexo A11

HIERROBECO, C.A. TUBERIA RECTANGULAR

SECCIÓN CUADRADA



Materia Prima: Astm – A – 500 Grado C
 Esfuerzo De Fluencia $F_y = 3.515. \text{ kgf/cm}^2$
 $F_b = 0.69 \times F_y.$

Recomendado como Columna, para cargas axiales grandes, momentos moderados y (KL) grandes.

♦ Norma Covenin: 2063-2005

Longitud 12 Metros.

DIMENSIONES			SECCIÓN A cm ²	PESO kgf/m	PROPIEDADES ESTÁTICAS		
H x B mm	mm				I cm ⁴	S cm ³	r cm
	e	r					
60 x 60	2.25	3.38	5.02	3.94	27.40	9.13	2.34
70 x 70	2.25	3.38	5.92	4.65	44.60	12.74	2.74
90 x 90	2.50	3.75	8.54	6.70	107.46	23.88	3.55
100 x 100	3.00	4.50	11.32	8.89	175.10	35.02	3.93
110 x 110	3.40	5.10	14.10	11.07	263.04	47.82	4.32
120 x 120	4.00	6.00	18.01	14.14	397.30	66.22	4.70
135 x 135	4.30	6.45	21.85	17.15	612.27	90.71	5.29
155 x 155	4.50	6.75	26.39	20.72	982.43	126.77	6.10

HIERROBECO, C.A. (s.f.). *Catálogo de Productos Siderúrgicos.*