



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**“SISTEMA DE FORMADO, GUIADO Y ARRASTRE DE FUNDA
PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS.”**

AUTOR: JAIRO ANDRÉS MANTILLA YÉPEZ

DIRECTOR: ING. CHRISTIAN VÁSQUEZ

IBARRA – ECUADOR

2018

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer los textos completos de forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO				
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100364913-2			
APELLIDOS Y NOMBRES:	MANTILLA YÉPEZ JAIRO ANDRÉS			
DIRECCIÓN:	AV. ATAHUALPA Y NAZACOTA PUENTO			
EMAIL:	jamantilla@utn.edu.ec			
TELÉFONO FIJO:	2 651-359	TELÉFONO MÓVIL:	0980260667	
DATOS DE LA OBRA				
TÍTULO:	SISTEMA DE FORMADO, GUIADO Y ARRASTRE DE FUNDA PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS			
AUTOR:	JAIRO ANDRÉS MANTILLA YÉPEZ			
FECHA:	2018-Febrero-09			
AAAAMMDD				
PROGRAMA:	PREGRADO	X	POSTGRADO	
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA			
DIRECTOR:	ING. CHRISTIAN VÁSQUEZ			



2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Jairo Andrés Mantilla Yépez, con cédula de identidad Nro. 100364913-2, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jairo Andrés Mantilla Yépez', is written over a dotted line.

FIRMA

Nombre: Jairo Andrés Mantilla Yépez

Cédula: 100364913-2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Jairo Andrés Mantilla Yépez, con cédula de identidad Nro. 100364913-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. Mantilla Yépez', is written over a dotted line.

FIRMA

Nombre: Jairo Andrés Mantilla Yépez

Cédula: 100364913-2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

CERTIFICO QUE:

Que la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniería en Mecatrónica con el tema **SISTEMA DE FORMADO, GUIADO Y ARRASTRE DE FUNDA PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS**, ha sido desarrollada y terminada en su totalidad por el Sr. Jairo Andrés Mantilla Yépez, con cédula de identidad:100364913-2, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

Atentamente:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'C. Vásquez', is written over a horizontal dotted line.

Ing. Christian Vásquez

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado principalmente a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera

Con mucho honor a mi madre Dolores Nohemi Yépez Cifuentes por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para mi futuro, por creer en mi capacidad y por qué me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos David Mantilla, Carolina Mantilla y Steven Yépez, por estar siempre a mi lado apoyarme en todo momento.

Andrés.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte agradezco sus conocimientos impartidos.

A mi madre, por mostrarme el camino a la superación.

A mis hermanos por brindarme su apoyo y por permitirme aprender más de la vida a su lado.

Andrés.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	I
CONSTANCIAS.....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
DECLARACIÓN	III
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICES DE FIGURAS	X
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I.....	1
1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.5. ALCANCE.....	3
CAPÍTULO II	5

2.	MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.	MÁQUINAS EMPACADORAS	5
2.1.1.	EMPACADORAS MANUALES	7
2.1.2.	EMPACADORAS SEMIAUTOMÁTICAS.....	8
2.1.3.	EMPACADORAS AUTOMÁTICAS	9
2.2.	EMPAQUES FLEXIBLES EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA.....	10
2.2.1.	PROPIEDADES NECESARIAS PARA EMPAQUES FLEXIBLES. 10	
2.2.2.	MATERIALES EMPLEADOS EN EMPAQUES FLEXIBLES Y APLICACIONES	11
2.3.	FORMADORES DE FUNDA.....	12
2.4.	SISTEMA DE GUIADO Y ARRASTRE.....	14
2.4.1.	SISTEMA DE GUIADO	14
2.4.2.	SISTEMA DE ARRASTRE	16
2.5.	ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO	18
2.5.1.	EJES DE TRANSMISIÓN	18
2.5.2.	RODAMIENTOS O COJINETES.....	22
2.5.3.	FRENO DE BANDA	26
2.5.4.	SOLDADURA	28
2.5.5.	ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO	29
	CAPÍTULO III.....	34
3.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	34
3.1.	RESTRICCIONES Y LIMITACIONES	34
3.2.	ESPECIFICACIONES	35
3.2.1.	DIMENSIÓN DE LA FUNDA.....	35
3.3.	MATERIALES UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	35
3.4.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	36
3.4.1.	CUADRO COMPARATIVOS DE LAS ALTERNATIVAS DE LOS SISTEMAS.	37
3.4.2.	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	40
3.4.3.	PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS	41
3.5.	SISTEMA DETALLADO DE ALTERNATIVAS	42
3.5.1.	SISTEMA DE FORMADO	42

3.5.2.	SISTEMA DE ARRASTRE	52
3.5.3.	SISTEMA DE GUIADO	69
3.6.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA MÁQUINA EMPACADORA.....	91
CAPÍTULO IV		95
4.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS	95
4.1.	PRUEBAS FUNCIONALES	95
4.1.1.	PRUEBAS EN VACÍO.....	95
4.1.2.	PRUEBAS CON CARGA	97
4.2.	COSTOS	99
4.2.1.	Costos de materiales e insumos de los sistemas.	99
4.2.2.	Costos de insumos eléctricos de los sistemas	102
4.2.3.	Costos de insumos indirectos	102
4.2.4.	Costos compartidos	103
4.2.5.	Costo total del proyecto	106
CAPÍTULO V		107
CONCLUSIONES		107
RECOMENDACIONES		107
BIBLIOGRAFÍA		108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Factores de carga radial y de empuje, para rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda.	26
Tabla 3.1	Alternativa de formación de funda.....	37
Tabla 3.2	Alternativa de guiado y arrastre de empaque.....	38
Tabla 3.3	Evaluación alternativas de formación de funda	41
Tabla 3.4	Evaluación alternativas de guiado y arrastre.....	41
Tabla 3.5	Parámetros de funda.....	42
Tabla 3.6	Cargas aplicadas en el ducto de alimentación.....	49
Tabla 3.7	Cargas aplicadas en la palanca de arrastre.	54
Tabla 3.8	Diámetros del eje de soporte del sistema de arrastre.....	60

Tabla 3.9 Cargas aplicadas en la palanca de arrastre.	60
Tabla 3.10 Inercia de los elementos del eje porta bobinas.....	72
Tabla 3.11 Peso total del conjunto regulador de tensión	75
Tabla 3.12 Valores de cargas en el eje porta bobina.....	76
Tabla 3.13 Diámetros del eje porta bobina	83
Tabla 3.14 Cargas aplicadas en el eje porta bobina.....	83
Tabla 3.15 Cargas aplicadas en la estructura.	91
Tabla 4.1 Pruebas de formado de funda.....	97
Tabla 4.2 Pruebas del tamaño de funda	98
Tabla 4.4 Costos de materiales e insumos	99
Tabla 4.5 Costos de insumos eléctricos	102
Tabla 4.6 Costos de insumos indirectos.....	102
Tabla 4.7 Costos directos compartidos	103
Tabla 4.8 Costos indirectos compartidos	105
Tabla 4.9 Costo total del proyecto	106

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 2.1 Empacadora vertical.	6
Figura 2.2 Empacadora horizontal.	7
Figura 2.3 Empacadora manual.....	7
Figura 2.4 Empacadora semiautomática.	8
Figura 2.5 Empacadora automática.....	9
Figura 2.6 Empaques flexibles.....	10
Figura 2.7 Partes de un formador de funda.	13
Figura 2.8 Formador de cuello circular.....	14
Figura 2.9 Formador de cuello rectangular.	14
Figura 2.10 Sistema de guiado y arrastre de funda.	15
Figura 2.11 Sistema de arrastre por mordazas.	16
Figura 2.12 Sistema de arrastre por rodillos.	17
Figura 2.13 Sistema de arrastre por bandas.	17
Figura 2.14 Factor kt para chaveteros.....	20
Figura 2.15 Factor kt para escalones.....	21

Figura 2.16 Nomenclatura de un cojinete de bolas	23
Figura 2.17 Tipos de cojinetes de bolas.	23
Figura 2.18 Factores por duración y velocidad, para rodamientos de bolas	25
Figura 2.19 Freno de banda sencillo	27
Figura 2.20 Elementos de un cilindro neumático.....	30
Figura 2.21 Áreas del embolo de avance y retroceso.....	31
Figura 2.22 Unidad de mantenimiento.....	32
Figura 2.23 Modelos de electroválvulas	33
Figura 3.1 Geometría base del formador.....	43
Figura 3.2 Doblado de la base del formador	43
Figura 3.3 Geometría de inclinación de la capa del formador	44
Figura 3.4 Geometría de la capa del formador.....	44
Figura 3.5 Doblado de la capa del formador.....	45
Figura 3.6 Geometría de la placa de soporte.....	46
Figura 3.7 Ducto de alimentación	47
Figura 3.8 Diagrama de fuerzas del ducto de alimentación	47
Figura 3.9 Diagrama de corte y momento del ducto de alimentación	48
Figura 3.10 Cargas y restricciones del ducto de alimentación.....	49
Figura 3.11 Simulación del límite elástico del ducto de alimentación	50
Figura 3.12 Simulación del desplazamiento del ducto de alimentación	50
Figura 3.13 Simulación del factor de seguridad del ducto de alimentación	51
Figura 3. 14 Curva de convergencia del ducto de alimentación	51
Figura 3.15 Sistema de formado del material de empaque	52
Figura 3.16 Síntesis de mecanismo del sistema de arrastre	52
Figura 3.17 Diagrama de cargas en el sistema de arrastre	53
Figura 3. 18 Cargas y restricciones de la palanca de arrastre	54
Figura 3.19 Simulación del límite elástico de la palanca de arrastre.....	54
Figura 3.20 Simulación del desplazamiento de la palanca de arrastre.....	55
Figura 3.21 Simulación del factor de seguridad de la palanca de arrastre.....	55
Figura 3. 22 Curva de convergencia de la palanca de arrastre.....	56
Figura 3.23 Análisis de cargas en el eje de soporte del sistema de arrastre.....	56
Figura 3.24 Diagrama corte y momento eje de soporte del sistema de arrastre.....	57
Figura 3. 25 Cargas y restricciones del eje de soporte.....	61

Figura 3.26 Simulación del límite elástico carga puntual y torsión del eje de soporte	61
Figura 3.27 Simulación del desplazamiento del eje de soporte	62
Figura 3.28 Simulación del factor de seguridad del eje de soporte	62
Figura 3. 29 Simulación de fatiga del eje de soporte	63
Figura 3. 30 Curva de convergencia del eje de soporte	63
Figura 3.31 Sistema de arrastre del material de empaque.....	69
Figura 3.32 Dimensiones de la lámina de polipropileno.....	71
Figura 3.33 Diagrama de cuerpo libre freno de banda.....	73
Figura 3.34 Diagrama de cargas en el eje porta bobina	75
Figura 3.35 Diagrama de cuerpo libre freno de polea.....	76
Figura 3.36 Diagrama de cuerpo libre plano Y-Z.....	77
Figura 3.37 Diagrama de corte y momento plano Y-Z.....	78
Figura 3.38 Diagrama de cuerpo libre plano X-Z.....	78
Figura 3.39 Diagrama de corte y momento plano X-Z.....	79
Figura 3.40 Cargas y restricciones del eje porta bobina	84
Figura 3. 41 Simulación del límite elástico del eje porta bobina.....	84
Figura 3.42 Simulación del desplazamiento del eje porta bobina.....	85
Figura 3.43 Simulación del factor de seguridad del eje porta bobina.....	85
Figura 3. 44 Simulación de fatiga del eje porta bobina.....	86
Figura 3. 45 Curva de convergencia del eje porta bobina.....	86
Figura 3.46 Dimensiones del soporte del sistema de frenado.....	88
Figura 3.47 Sistema de guiado del material de empaque.....	91
Figura 3.48 Cargas aplicadas en la estructura.....	92
Figura 3.49 Simulación del límite elástico de la estructura	92
Figura 3. 50 Simulación del desplazamiento de la estructura.....	93
Figura 3.51 Simulación del factor de seguridad de la estructura	93
Figura 3.52 Curva de convergencia de la estructura	94

RESUMEN

El proyecto se crea en base a la necesidad de mejorar la etapa de empacado de snacks de la microempresa “Marcita Trujillo”, que actualmente se encuentra realizando el proceso de manera manual, con una producción de 54 fundas de 140 gramos por hora, por lo que se pretende implementar una máquina empacadora que incremente el proceso a 70 fundas por hora y que su funcionamiento sea de manera automática.

La construcción de la máquina empacadora de snacks, se desarrolla en conjunto, por lo que éste se divide en tres partes, siendo la primera parte el sistema de dosificación, la segunda parte corresponde al sistema de sellado vertical y horizontal y la tercera parte corresponde al sistema de formado, guiado y arrastre de funda.

El presente trabajo constituye la tercera parte del proyecto, en el que se desarrolla el diseño y construcción del sistema de formado guiado y arrastre de funda.

El proyecto está constituido por seis capítulos. El primer capítulo se enfoca en los aspectos generales como antecedentes, problema, objetivos, justificación y alcance.

El segundo capítulo se establece la base teórica en el que se presenta un estudio de los diferentes sistemas de empacado donde se especifica cada uno de ellos. Se realizó un estudio de los empaques flexibles en la industria alimenticia.

En el tercer capítulo se evalúa cada una de las alternativas y posibilidades planteadas orientadas a los requerimientos y necesidades de la empresa hasta llegar a las especificaciones finales de la máquina para posteriormente realizar una recopilación de todos los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería en Mecatrónica. Se presenta un diseño detallado del sistema de guiado, formado y arrastre de funda.

En el cuarto capítulo se muestra las pruebas de funcionamiento y los costos de los sistemas de guiado, formado y arrastre de funda.

Finalmente en el capítulo cinco, se presenta las respectivas conclusiones, recomendaciones y fuentes bibliográficas del proyecto.

ABSTRACT

The project is created based on the need to improve the packaging stage of snacks of the "Marcita Trujillo" micro-enterprise, that is currently performing the process manually, with a production of 54 bags of 140 grams per hour, which is intended to implement a packaging machine that increases the process to 70 bags per hour and that its operation is automatic.

The construction of the snack packing machine is developed together, so it is divided into three parts, being the first part the dosing system, the second part corresponds to the vertical and horizontal labelling system and the third part corresponds to the forming, guiding and bag drag system.

This work constitutes the third part of the project, which develops the design and construction of the forming, guiding and bag drag system.

The project consists of six chapters. The first chapter focuses on general aspects such as background, problem, objectives, justification and scope.

The second chapter established the theoretical basis which presents a study of the different packaging systems where each of them is specified. A study of flexible packaging in the food industry was carried out.

In the third chapter, each of the alternatives and possibilities proposed was evaluated, oriented to the requirements and needs of the company, until reaching the final specifications of the machine, to subsequently, it was carried out a compilation of all the knowledge acquired during the Mechatronics Engineering career. It presents a detailed design of the guiding , formed and bag drag system.

In the fourth chapter, the performance tests and the costs of the systems for guiding, forming and dragging bag, are shown.

Finally, in chapter five, the respective conclusions, recommendations and bibliographic sources of the project, are presented.

CAPÍTULO I

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES

En la industria alimenticia las microempresas de Snacks han usado procesos manuales para pretender tener un formado de funda adecuado del producto.

El proceso de formado de funda en la microempresa Snacks Marcita Trujillo se lo ha venido realizando manualmente, existiendo inconvenientes al momento de doblar la funda debido a que se obtiene un mal acabado y se expone a agentes contaminantes.

Los métodos para realizar el formado de funda se ha venido tecnificando durante el transcurso del tiempo, siendo la manera más económica y sencilla el uso de cuellos formadores, en que recorre el material de empaque obteniendo un diámetro uniforme en el ancho de funda y se utiliza mecanismos de arrastres para controlar el tamaño de la misma logrando así un proceso continuo.

León Corrales, Gabriela del Rocío. (2013). Máquina de empaqueo y control de peso para panela granulada. En el desarrollo del proyecto ha adoptado el sistema de arrastre por bandas obteniendo así una gran tracción con el material de empaque y mayor producción

Moreno, Eduardo. (2010). Acota que desarrolla el diseño de una máquina empacadora, dosificadora y selladora de fundas para arroz atendiendo la necesidad de la empresa ecuatoriana ASTIMEC S.A. La que consta de un formador de cuello circular, logrando un formado de funda uniforme.

Vélez, José. Tipantacig, Byron. (2013). Acota que desarrolla el diseño y construcción de un prototipo de una maquina dosificadora y selladora para condimentos. El proyecto de este mecanismo abarca un análisis que toma en cuenta factores que simplifican su ejecución y funcionamiento en comparación de otros mecanismos de diseño donde utilizan elementos más complejos para llegar al mismo fin.

Iza, Mauricio. Medina, Alex. (2013). Acota que desarrolla el diseño y Construcción de una máquina dosificadora y empacadora controlada por PLC para la línea de

producción de Snacks de la empresa ECUAMEX S.A. Costa de un formador de cuello rectangular, logrando un mejor presentación del producto.

1.2. PROBLEMA

En la industria alimenticia las microempresas de snacks utilizan métodos de operación manual para realizar procesos de formado de funda, en los que se tiene un mal acabado además requiere de más tiempo para su elaboración interfiriendo así con una mayor producción.

En algunas industrias existen distribuidores intermediarios que son los que suministran estas fundas para luego de manera manual proceder con el llenado del producto, por lo cual el proceso es lento se introduce agentes contaminantes en el mismo exponiéndose a condiciones de salubridad no adecuadas, debido a esto se ha visto la necesidad de utilizar máquinas que realicen el proceso de formado, guiado y arrastre de funda. Por lo que mejorará los procesos de manufactura, las condiciones de salubridad y mayor producción de la microempresa Marcita Trujillo, contribuyendo de esta manera a ser más competitiva en el mercado de snacks.

Algunas microempresas poseen una demanda considerable de su producto por lo que es obligado a que intervengan más personas en el proceso de la obtención final del producto para poder aumentar su producción y cumplir con los pedidos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Las microempresas tienen la necesidad de incorporar máquinas automáticas, para así mejorar sus procesos y alcanzar estándares de calidad de sus productos además de satisfacer las necesidades del mercado nacional, pero debido al alto costo de estas máquinas empacadoras, dosificadoras y selladoras de fundas en el mercado y orientación a gran escala de producción, hacen que exista la necesidad de construir una máquina que realice todos estos procesos que se adapte a las condiciones de producción de la pequeña industria y a un costo asequible.

La construcción de esta máquina empacadora se la realiza con el fin de cambiar el proceso manual del formado de funda mejorando su presentación, los estándares de salubridad y aumentando su producción de las papas chips.

Además el sistema de formador de funda ayudará a que la microempresa no dependa de un intermediario distribuidor de fundas, sino que tenga ya incorporado en su máquina y pueda trabajar de manera continua.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un sistema de formado, guiado y arrastre de funda para la máquina empacadora de chips.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar las diferentes alternativas del formador de la funda y el sistema de guiado y arrastre en base a las necesidades de la microempresa Marcita Trujillo.
- Diseñar la parte mecánica del sistema del formador, guiado y arrastre para la máquina empacadora.
- Construir el formador y el sistema de guiado y arrastre de funda.
- Implementar el control de funcionamiento del sistema de guiado y arrastre de funda para la máquina empacadora.
- Realizar pruebas de funcionamiento del formador de funda y el sistema de guiado y arrastre
- Realizar ajustes para su perfecto funcionamiento del sistema de guiado y arrastre de funda.

1.5. ALCANCE

Para el diseño y construcción de la máquina empacadora se pretende desarrollar sistemas que dan soporte al formado, guiado y arrastre de funda, se considerarán características que mejorarán la producción como reducción de tiempos e intervención mínima de los trabajadores, en el que constará de una serie de rodillos para la guía de la lámina de polipropileno.

Constará de un sistema regulador de tensión.

Constará de un formador de funda de acero inoxidable AISI 304.

El formador de funda estará diseñado para realizar fundas de 6 pulgadas de ancho. Seguidamente de un sistema mecánico que será controlado para el guiado y arrastre de la funda.

El sistema de guiado y arrastre de la lámina de polipropileno tendrá la capacidad de arrastrar 70 fundas en una hora.

Sincronización de todo los sistemas para el funcionamiento de la máquina de empacado.

Dentro de los documentos principales, constará del manual de funcionamiento, mantenimiento, detección de fallas de toda la máquina.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Se establece la base teórica en la que se presenta un estudio de los diferentes sistemas de empaqueo donde se especifica cada uno de ellos. Se realizó un estudio de los empaques flexibles en la industria alimenticia.

2.1. MÁQUINAS EMPACADORAS

En la actualidad existen tres tipos de empacadoras: de tipo manual, semiautomáticos y automáticos.

Para la máquina empacadora existe dos formas de operación: verticales y horizontales siendo estos términos los que indican la dirección de avance del material durante la confección del envase. (Diseño y Fabricación de máquinas de envasado, 2015)¹

La forma de operación vertical es ideal para empaquear granos o polvos aprovechando la caída del producto para alimentar fundas como se observa en la *figura 2.1*.² (Maquinaria de alimentos, Maquinaria de empaqueo, 2016)

Características: (Astimec S.A., 2016)³

Material de empaque: Polipropileno, poliéster, aluminio PE, etc.

Tipo de calefacción: Vertical: 2x250 vatios

Velocidad de empaque: Regulable desde 30 hasta 60 fundas x minuto.

Material de estructura: Partes internas SAE 102; partes externas y las partes en contacto con el producto y material de empaque construidas en acero inoxidable.

Tamaño de funda: Ancho de 40 a 120 mm; Largo de 40 a 150mm

Tensión requerida: 220VAC, 2 fases con neutro, 60 HZ. Consumo aproximado 2,3 Kw.

Peso: 300Kg. (neto)

¹ <http://www.ulmapackaging.com/maquinas-de-ensado>

² <http://www.packagingmachine.es/5-Food-machinery.html>

³ <https://astimec.net/producto/empacadora-vertical-automatica/>



Figura 2.1 Empacadora vertical.

Fuente: <http://www.packagingmachine.es/5-granule-powder-machine.html>

La forma de operación horizontal es ideal para empaclar productos formados en una sola pieza de dimensiones no muy grandes que requieren cadencias altas y lotes homogéneos, por ejemplo jabones, helados, galletas entre otros como se observa en la figura 2.2. (Maquinaria, Equipoy Mantenimiento Industrial, 2016)⁴

Características: (Astimec S.A., 2016)⁵

Material de empaque: Polipropileno, poliéster, aluminio PE, etc.

Tipo de calefacción: Horizontal: 2x250 vatios

Velocidad de empaque: Regulable desde 25 hasta 50 fundas x minuto.

Material de estructura: Partes internas SAE 102; partes externas y las partes en contacto con el producto y material de empaque construidas en acero inoxidable.

Tamaño de funda: Ancho de 100 a mm 150; Largo de 50 a 200mm

Tensión requerida: 220VAC, 2 fases con neutro, 60 HZ. Consumo aproximado 2,3 Kw.

Peso: 350Kg. (neto)

⁴ <https://www.qncomponentes.com/empacadoras-horizontales.html>

⁵ <https://astimec.net/producto/empacadora-vertical-automatica/>



Figura 2.2 Empacadora horizontal.

Fuente: <http://www.citalsa.com/ciproducts/1/493#firstproduct>

2.1.1. EMPACADORAS MANUALES

Este tipo de máquinas son las primeras utilizadas en las líneas de producción, cuya eficiencia dependía del trabajo y desenvolvimiento del operario, por lo que la producción era lenta y baja no satisfaciendo con las exigencias del mercado en el que se competía. Para este proceso se utilizaban selladores manuales como se muestra en la *figura 2.3*.

Este tipo de máquinas tiene un sistema básico de calentamiento por resistencias y transferencia de calor. (Maquinaria, Equipoy Mantenimiento Industrial, 2016)⁶



Figura 2.3 Empacadora manual.

Fuente: http://mercamaquinas.com/productos_desarrollados.htm

⁶ <https://www.qncomponentes.com/empacadoras-horizontales.html>

2.1.2. EMPACADORAS SEMIAUTOMÁTICAS

Macroempresas y microempresas han adoptado un mecanismo de empaquetamiento en el que existe intervención del trabajo humano en cooperación con el funcionamiento electromecánico de la máquina empacadora como se observa en la *figura 2.4*.

Este tipo de máquinas tienen incorporado un formador de funda con el objetivo de aprovechar al máximo el plástico y realizar a una medida deseada.

El material utilizado para el empaque se presenta en bobinas o rollos, el mismo que es guiado hasta el formador en donde se produce un tubo continuo de material flexible en el que se adhiere un pliegue longitudinal, permitiendo introducir al interior de la funda formada.

En este tipo de empacadoras solamente se requiere de un operador que realice las tareas de dosificación y empaque, en el que la velocidad de producción depende del trabajo y desempeño del operador. (Maquinaria, Equipoy Mantenimiento Industrial, 2016)⁷



Figura 2.4 Empacadora semiautomática.

Fuente: <http://www.virtual.maplascal.com/>

⁷ <https://www.qncomponentes.com/empacadoras-horizontales.html>

2.1.3. EMPACADORAS AUTOMÁTICAS

Este tipo de máquinas tienen una combinación de sistemas neumáticos, mecánicos, eléctricos y electrónicos dominados por un sistema de control lógico programable, los que son es ideal para una mayor producción. Véase *figura 2.5*.

Los sistemas de control con la participación de sensores y actuadores han incorporado sistemas de mando autómatas, que realizan funciones complejas, de esta manera han permitido que las empacadoras evolucionen en su diseño y funcionalidad.

La automatización de un proceso asegura una mejora en la calidad del trabajo y en el desarrollo del mismo, además se obtiene una reducción tanto en los costos como en los tiempos de procesamiento de información. (Información Técnica y Comercial de las Empacadoras, 2016)⁸



Figura 2.5 Empacadora automática.

Fuente: <http://san-marcos-ss.all.biz/maquina-ensasadora-vertical-automatizada-de-copas-g294#.WCuTSbLhDIU>

⁸ <https://www.cosmos.com.mx/wiki/4b0b/empacadoras-maquinas-empaquetadoras>

2.2. EMPAQUES FLEXIBLES EN LA INDUSTRIA

ALIMENTICIA

La industria alimenticia local utiliza diversos materiales para empaclar sus productos, los que necesitan cumplir con requisitos para poder mantener un alimento apto para el consumo. Véase *figura 2.6*

Los procedimientos más comunes en el desarrollo de empaques son la coextrusión y la laminación plástica. Entre las propiedades de mayor importancia para la industria alimenticia se encuentran las propiedades mecánicas, tales como la resistencia a la ruptura, resistencia al impacto y los coeficientes de fricción de los materiales usados como empaques. (Empaque Flexible, 2016)⁹



Figura 2.6 Empaques flexibles.

Fuente: <https://www.victorypackaging.com/es/productos/empaque-flexible>

2.2.1. PROPIEDADES NECESARIAS PARA EMPAQUES FLEXIBLES.

Los empaques plásticos de barrera contienen en su estructura algún tipo de material con la propiedad de disminuir sustancialmente o eliminar el paso de una o más sustancias, especialmente gases como oxígeno, vapor de agua, dióxido de carbono, etileno, entre otros. También los olores, aromas, aceites y productos químicos en general.

Entre las principales propiedades, un empaque flexible.

⁹ <https://www.victorypackaging.com/es/productos/empaque-flexible>

- Debe tener propiedades de barrera al oxígeno, vapor de agua, vapores orgánicos para evitar que alteren física y químicamente al producto
- Debe presentar una resistencia mecánica adecuada, para resistir todas las etapas por las que atraviesa el proceso desde la fabricación, almacenamiento, transporte y distribución.
- Debe dar integridad para asegurar el contenido del producto, impedir la contaminación microbiológica o de cualquier naturaleza y disminuir el intercambio gaseoso con el ambiente.
- Debe permitir ser sellados de alguna manera, la gran mayoría mediante el proceso de termo sellado que consiste en unir dos superficies de similar constitución hasta que se solidifiquen formando una sola capa. (Empaque Flexible, 2016)

2.2.2. MATERIALES EMPLEADOS EN EMPAQUES FLEXIBLES Y APLICACIONES

Los polímeros más importantes utilizados para fabricar laminados flexibles se procesan por el sistema de extrusión (o coextrusión) directa, ya sea para recubrimientos o para laminación

2.2.2.1. Polietileno (PE)

El polietileno es el plástico más popular del mundo. Éste es el polímero que hace las bolsas para almacén, los frascos de champú, los juguetes de los niños, e incluso chalecos a prueba de balas. Por ser un material tan versátil, tiene una estructura muy simple, la más simple de todos los polímeros comerciales.

El Polietileno como material plástico es uno de los polímeros de mayor aplicación a nivel industrial, por este motivo es imprescindible conocer su comportamiento e impacto sobre el medio ambiente desde el punto de vista de su reciclado. (polimeros, 1996)¹⁰

¹⁰ <http://www.pslc.ws/spanish/pe.htm>

2.2.2.2. Polipropileno (PP)

El polipropileno es producido por polimerización del propileno. Los polímeros termoplásticos *PP* se caracterizan por su baja densidad ((0.89-0.92 g/cm³), buena resistencia a los químicos y resistencia a la fatiga mecánica incluyendo el agrietamiento de tensión medioambiental

El polipropileno permite crear materiales de empaque altamente resistentes, y con características particulares muy importantes de considerar a la hora de seleccionar el empaque de sus productos, como lo es la resistencia, la transparencia, la rigidez o flexibilidad, la porosidad y así obtener el balance ideal del material, de acuerdo a su producto. (polimeros, 1996)

2.2.2.3. Foil de aluminio (AL)

El foil de aluminio es producido a partir de lingotes laminados de alta calidad y bobinas Caster. Es fabricado con equipos sofisticados y con estrictos controles de calidad que aseguran una gama de clase mundial de láminas, extrusiones, aislamiento térmico y productos de aluminio.

El “foil” de aluminio no es afectado por la luz solar y es, por lo general, dimensionalmente estable. Es completamente impermeable a las grasas y a los aceites, ya que resulta útil para productos que requieren esa propiedad. Tampoco se mancha en contacto prolongado con estos elementos, aún a altas temperaturas. (Excelentes Características del Foil de aluminio Flexible, 2013)¹¹

2.2.2.4. Poliéster

El Poliéster (PET) es utilizado para conformar envases de barrera, especialmente frente a dióxido de carbono y aromas. Va siempre laminado con otros materiales y utilizado frecuentemente para estampar impresiones, debido a su alta cristalinidad y transparencia, además este material presenta excepcionales características mecánicas y dimensionales a altas temperaturas. (polimeros, 1996)

2.3. FORMADORES DE FUNDA

El formador está compuesto de tres partes:

¹¹ <http://www.almexa.com.mx/blog/4-excelentes-caracteristicas-del-foil-de-aluminio-flexible/>

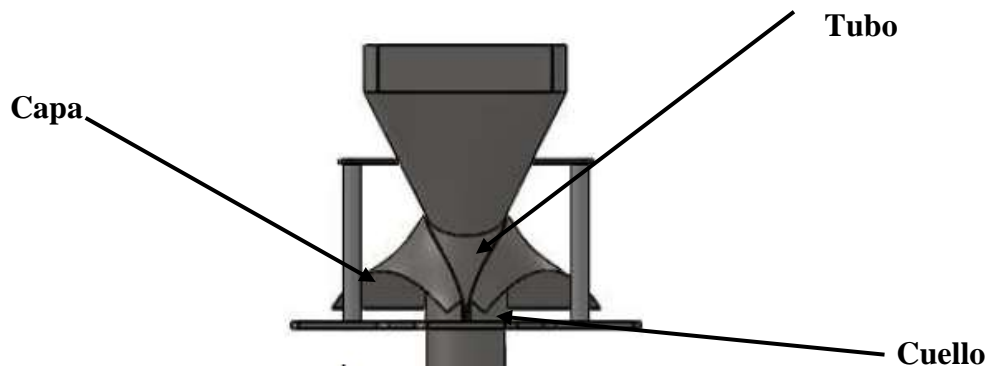


Figura 2.7 Partes de un formador de funda.

Fuente: <http://irtagroup.com/accesorios-packaging/tubos-formadores/>

El tubo o conducto de alimentación: Es el elemento cuyo diámetro varía según el envase que se quiere formar.

La capa: Es el elemento en el que se desliza la lámina de plástico hacia el tubo para adquirir su forma.

El cuello: Es la parte más importante de este subproceso. Es el encargado de doblar la lámina de plástico de su posición estirada a una forma cilíndrica dejándolo listo para el sellado vertical.

Uno de los aspectos importantes en el proceso de empaclado es la correcta selección y diseño del tipo de formador que se va utilizar, tomando en cuenta parámetros como forma, tamaño y grosor de la funda.

El formador de funda radica en doblar la lámina plástica de empaque en forma cilíndrica, de modo que al sellar forme una funda pequeña. (Tubos formadores para maquinaria de envasado, 2016).¹²

Los formadores de fundas son construidos de acero inoxidable y existen dos tipos de diseño: Cuello circular, véase *figura 2.8* y Cuello rectangular, véase *figura 2.9*.

¹² <http://irtagroup.com/accesorios-packaging/tubos-formadores/>



Figura 2.8 Formador de cuello circular.

Fuente: <http://irtagroup.com/accesorios-packaging/tubos-formadores/>



Figura 2.9 Formador de cuello rectangular.

Fuente: <http://irtagroup.com/accesorios-packaging/tubos-formadores/>

2.4. SISTEMA DE GUIADO Y ARRASTRE

2.4.1. SISTEMA DE GUIADO

Generalmente el rollo de plástico se ubica en la parte posterior de la máquina sobre un eje llamado bobina en donde este material de empaque es guiado por una serie de rodillos hasta el cuello formador. Véase *figura 2.10*.

La ubicación de los rodillos depende del tipo de accesorios que se desee instalar teniendo como función fundamental mantener tenso el plástico de manera que no ocurran desalineaciones con respecto al formador. (Accesorios Packaging para Máquinas Envasadoras, 2016; Bautista, 2013)¹³

¹³ <http://irtagroup.com/accesorios-packaging/>

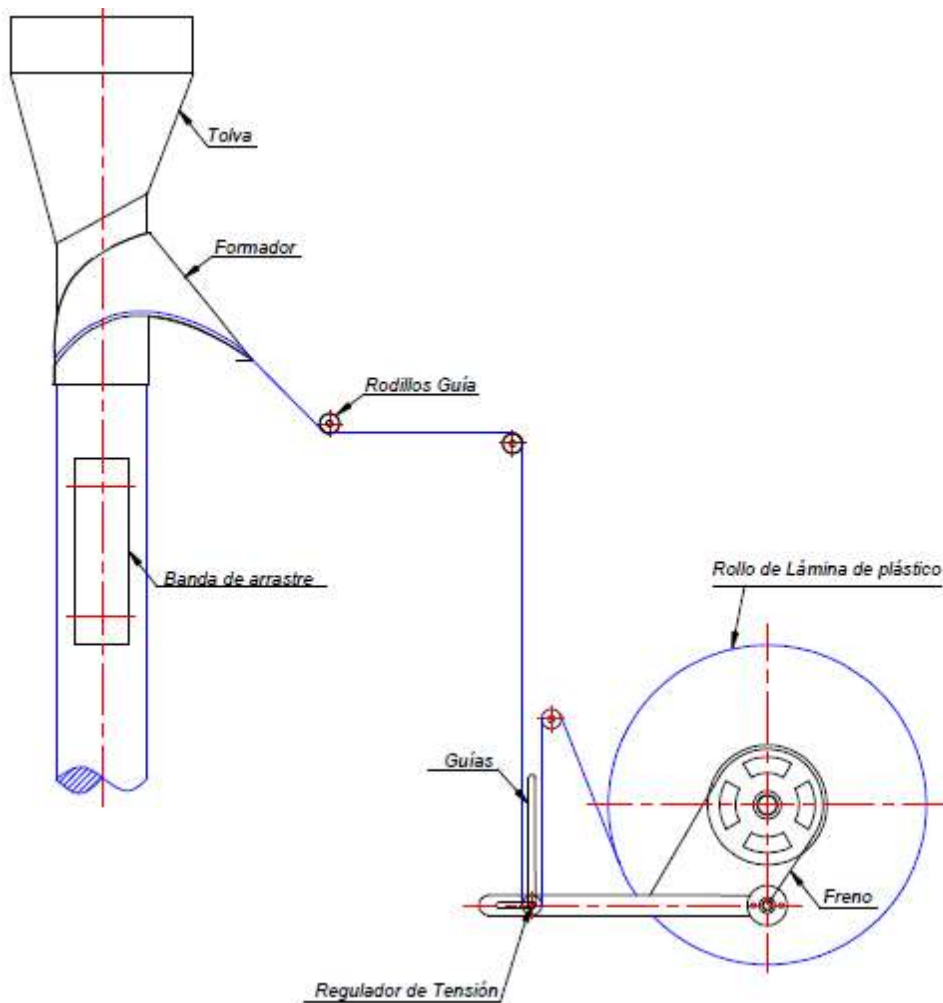


Figura 2.10 Sistema de guiado y arrastre de funda.

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/2273644/>

Todos los elementos que intervienen en este proceso son elaborados en acero inoxidable. Se presenta una breve descripción de los mismos.

Bobina: se encuentra en la parte posterior de máquina con la finalidad de mantener la lámina plástica de empaque en una posición fija.

Los costado de la bobina están diseñados con un tubo roscado y cuadrado, el roscado tiene el objetivo de mover el material de empaque de derecha a izquierda y el cuadrado sirve de guía.

Guías del material de empaque: son tubos hechos de aluminio y su función es mantener tenso el material de empaque durante todo el proceso de empaclado.

Regulador de tensión

El regulador de tensión está formado por un rodillo móvil y un sistema de freno por banda. La función del rodillo móvil es permitir que el rollo de plástico gire cuando la banda de frenado libere la polea solidaria al eje del porta bobina.

2.4.2. SISTEMA DE ARRASTRE

La lámina de plástico debe seguir un proceso continuo para la producción de empaques por lo que es necesario un mecanismo de arrastre que ejerza una tracción en el material produciendo que se deslice por el formador y de manera inmediata pasar a la siguiente etapa que es el sellado tanto vertical como horizontal. (Bautista, 2013)¹⁴

Existen tres tipos de arrastre, siendo estas por mordazas, por rodillos y por correas.

2.4.2.1. Por mordazas

El sistema dispone de un marco donde se sitúan las mordazas las mismas que se cierran en el punto *A* presionando y sellando el material de empaque, en ese instante, el marco se desplaza hacia abajo, guiado por unos ejes verticales, y arrastrando el plástico. Cuando llega al punto *B*, donde se produce la dosificación del producto y el corte de la bolsa, las mordazas se abren permitiendo que el marco suba para comenzar un nuevo ciclo.

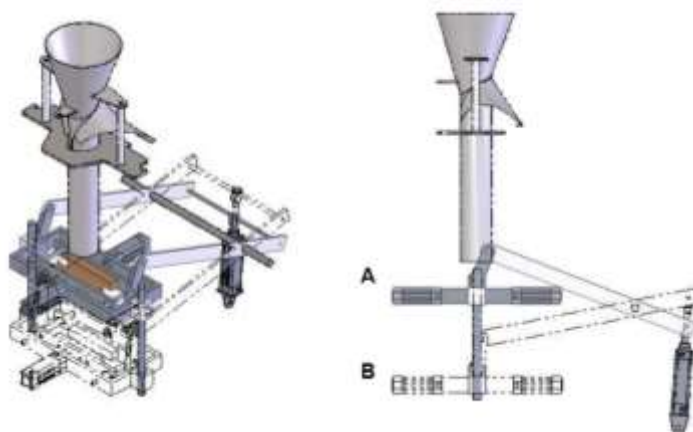


Figura 2. 11 Sistema de arrastre por mordazas.

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/2273644/>

¹⁴ http://www.empacadorasmultipack.com/a_tecnicos_02.html

2.4.2.2. Por rodillos

Los rodillos giran debido a la acción de dos motores, uno por cada rodillo. El sistema de rodillos vulcanizados (capa de poliuretano o silicona en todo el perímetro del rodillo) son ubicados a la izquierda y a la derecha del tubo de alimentación con el fin de generar tracción y así lograr el arrastre del material de empaque.



Figura 2.12 Sistema de arrastre por rodillos.

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/2273644/>

2.4.2.3. Por bandas

El funcionamiento del sistema es similar al de arrastre por rodillos. El giro de los rodillos se da por la acción de un sistema motriz el que debe ser accionado por un variador de velocidad para controlar la aceleración y desaceleración del plástico, o a su vez deberá contar por un freno-embague de accionamiento electromagnético, que le permita arrastrar plástico y pararlo suavemente y así no dañarlo.

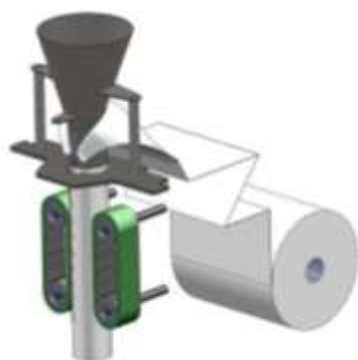


Figura 2.13 Sistema de arrastre por bandas.

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/2273644/>

2.5. ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO

2.5.1. EJES DE TRANSMISIÓN

Un eje de transmisión (o árbol) es un elemento cilíndrico de sección circular, que puede estar fijo o estar girando, sobre el que se montan engranes, poleas, volantes, ruedas de cadena, manivelas o manubrios, así como otros elementos mecánicos de transmisión de fuerza o potencia.

Los ejes de transmisión o simplemente ejes son barras sometidas a cargas de flexión, tensión, compresión o torsión que actúan individualmente o combinadas.

El término “eje” abarca otras variedades, como los ejes de soporte o los husillos. Un eje de soporte es el que no transmite carga de torsión y puede ser fijo o rotatorio. Un eje de transmisión rotatorio de corta longitud se denomina husillo. (Shigley & Mitchell, 1998, pág. 728)¹⁵

2.5.1.1. Esfuerzo normal de diseño - carga por fatiga

Para el diseño de ejes se utiliza el procedimiento por la ASME. Las condiciones para utilizar este procedimiento es que, la sección de análisis sea circular sólida y esté sometida sólo a un par de torsión y a un momento flector constantes.

Los ejes que sostienen engranes rectos, poleas para bandas V o ruedas para cadenas están sometidos solo a flexión y torsión. Se preparan primero los diagramas de momento flexionante para dos planos perpendiculares. Después, se determina el momento flexionante resultante en cada punto de interés. La cual se aplica la siguiente ecuación. (Mott R. , 2006, pág. 173)

$$D = \left[\frac{32 * N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{Kt * M}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (Ec. 2.1)$$

Donde:

D= Diámetro mínimo de la sección de eje

N= Factor de seguridad.

Kt= Factor de concentración de esfuerzos

¹⁵ Joseph Edward Shigley, Larry D. Mitchell, Diseño en Ingeniería Mecánica, Pag. 728

S_y = Resistencia de fluencia del material

M = Momento flexionante

T = Par torsional

S'_n = Límite de resistencia a la fatiga estimada

2.5.1.2. Resistencia a la fatiga real estimada, S'_n

Si las características del material, o las condiciones de operación reales para una pieza de máquina, son distintas de aquellas para las que se determinó la resistencia a la fatiga, ésta se debe reducir, respecto del valor consultado. La descripción solo se relaciona con la resistencia a la fatiga de materiales sometidos a esfuerzos de tensión normal, como flexión y tensión axial directa. (Mott R. , 2006, pág. 173)¹⁶

La resistencia a la fatiga S'_n implica aplicar varios factores de corrección a la resistencia a la fatiga básica de un material. Las cuales son:

- Acabado superficial
- Factor de material, C_m
- Factor de tipo de esfuerzo, C_{st}
- Factor de confiabilidad, C_R
- Factor de tamaño, C_S

De esta manera la resistencia a la fatiga real estimada queda definida por la ecuación

$$S'_n = S_n(C_m)(C_{st})(C_R)(C_S) \quad (Ec. 2.2)$$

2.5.1.3. Factor de concentración de esfuerzos en los ejes

Para montar y ubicar los diversos tipos de elementos de máquina en los ejes, en forma adecuada un diseño final típico contiene varios diámetros, cuñeros, ranuras para anillo, y otras discontinuidades geométricas que producen concentraciones de esfuerzos.¹⁷ (Mott R. , 2006, pág. 541)

A continuación se presentan algunos casos:

¹⁶ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 173

¹⁷ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 541

- **Cuñero.** Un cuñero o Chavetero es una ranura longitudinal que se corta en un eje, para montar una cuña o chaveta que permita la transferencia de par torsión del eje al elemento transmisor de potencia, o viceversa.

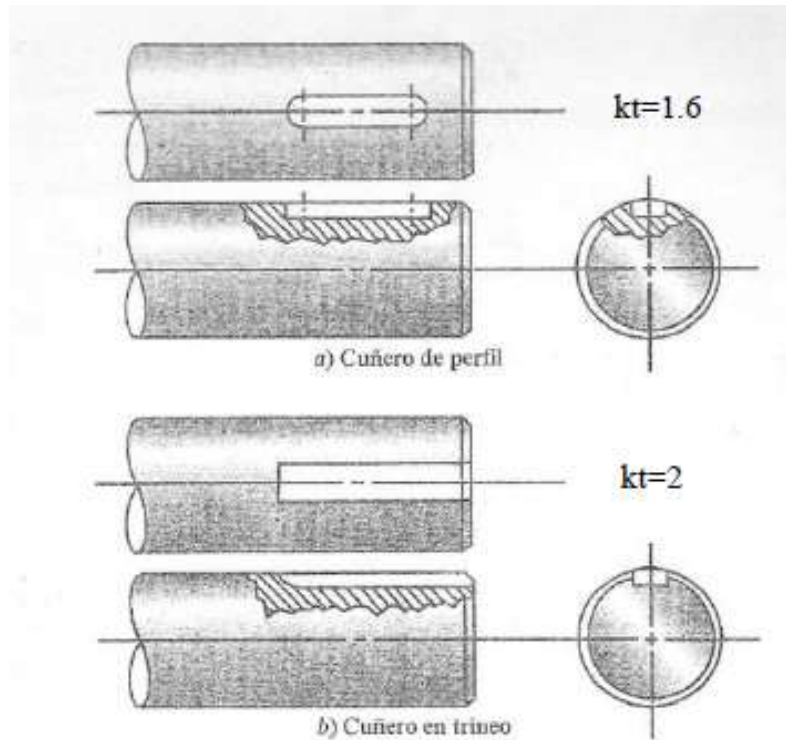


Figura 2.14 Factor kt para chaveteros.

Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 541

Se aplica cada uno de estos valores al cálculo del esfuerzo flexionante en el eje, tomando como base su diámetro total. Los factores ya toman en cuenta tanto la reducción de área transversal como el efecto de la discontinuidad.

- **Chaflanes en escalones.** Cuando en un eje se presenta un cambio de diámetro, para formar un escalón contra el cual localizar un elemento de máquina, se produce una concentración de esfuerzos que depende de la relación entre los dos diámetros y el radio del chaflán. Se recomienda que el radio del chaflán (o radio tangencial) sea el mayor posible para minimizar la concentración de esfuerzos, pero veces el diseño del engrane, cojinete u otro elemento es el que afecta el radio que se puede usar. Se clasifican los chaflanes en dos categorías: agudas y bien redondeadas. (Mott R. , 2006, pág. 541)

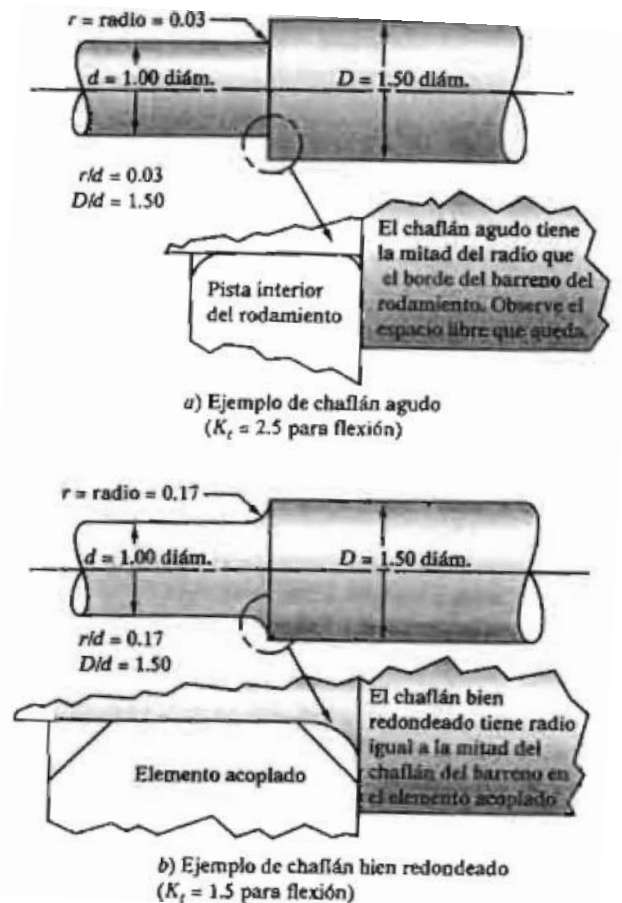


Figura 2.15 Factor k_t para escalones

Fuentes: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 542

2.5.1.4. Factor de seguridad

Se emplea el factor de seguridad para asegurarse contra condiciones inciertas o desconocidas.

El factor de seguridad es la relación entre resistencia de pérdida de la función sobre la resistencia permisible. (Mott R. , 2006, pág. 542)¹⁸

$$N = \frac{S_y}{\sigma(o \tau)} \quad (Ec. 2.3)$$

Donde:

N = Factor de seguridad

S_y = Resistencia de pérdida de la función

σ = Resistencia permisible

¹⁸ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 542

2.5.2. RODAMIENTOS O COJINETES

El propósito de un cojinete es soportar una carga y al mismo tiempo permitir el movimiento relativo entre dos elementos de una máquina. El termino cojinetes con contacto de rodadura se refiere a una gran variedad de cojinetes llamados rodamientos, que usan bolas esféricas o algún otro tipo de rodillos entre los elementos estacionario y móvil. El tipo más común de cojinete soporta un eje rotatorio, y resiste cargas puramente radiales, o una combinación de cargas radiales y axiales (de empuje). (Mott R. , 2006, pág. 598) ¹⁹

La expresión cojinete de rodamiento, cojinete de contacto directo y cojinete antifricción se emplean para describir aquellos en los que la carga principal se transmite a través de elementos que están en contacto de rodadura y no de deslizamiento.

La carga, la velocidad y la viscosidad de operación del lubricante afectan las características relacionadas con el rozamiento de un cojinete con contacto de rodamiento.

En los cojinetes se tiene que considerar factores como cargas de fatiga, rozamiento, calentamiento, resistencia a la corrosión, problemas cinemáticos, propiedades de los materiales, lubricación, tolerancias de maquinado, ensamble, utilización y costo.

Los cojinetes se fabrican para soportar cargas puramente radiales, de empuje puro o una combinación de ambas.

En la *figura 2.16* se aprecian las cuatro partes esenciales de un cojinete, que son el anillo o aro exterior, el anillo o aro interior, las bolsas o elementos rodantes y el separador. (Shigley & Mitchell, 1998, pág. 513)²⁰

¹⁹ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 598

²⁰ Joseph Edward Shigley, Larry D. Mitchell, Diseño en Ingeniería Mecánica, Pag. 513

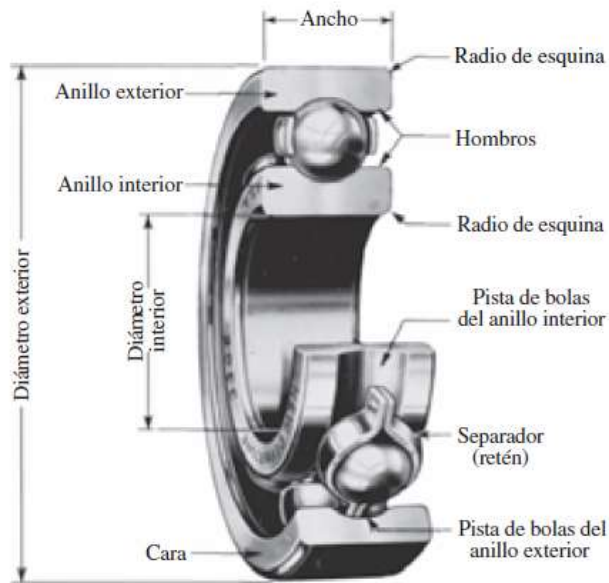


Figura 2.16 Nomenclatura de un cojinete de bolas

Fuente: Joseph Edward Shigley, Larry D. Mitchell, Diseño en Ingeniería Mecánica, Pag. 513

En la *figura 2.17* se ilustran algunos tipos de cojinetes estandarizados que se fabrican. Los cojinetes de ranura profunda y una sola hilera de bolas soportan carga radial y también ciertas cargas de empuje.

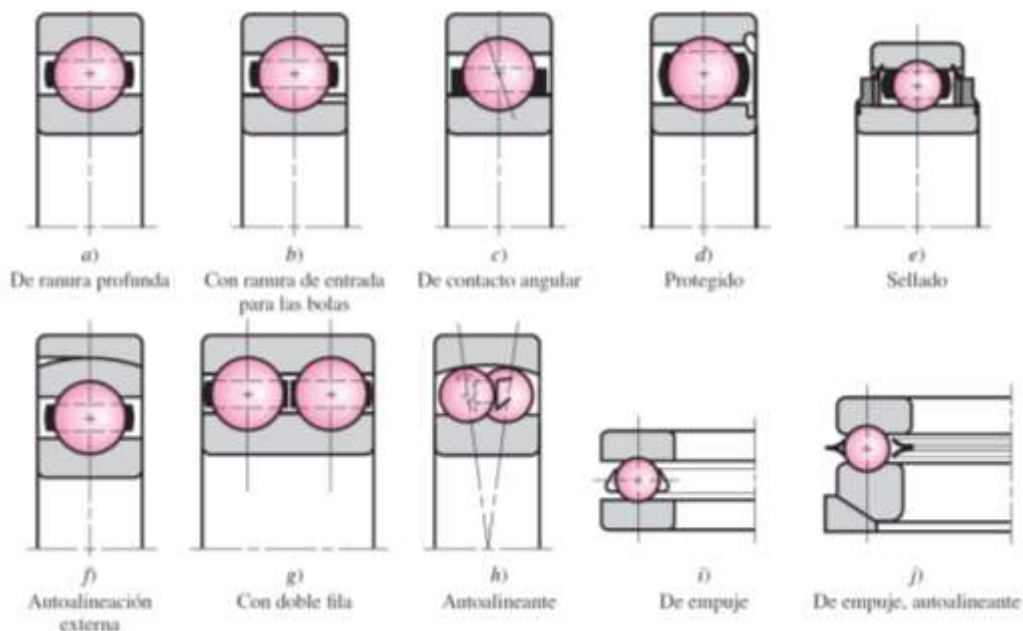


Figura 2.17 Tipos de cojinetes de bolas.

Fuente: Joseph Edward Shigley, Larry D. Mitchell, Diseño en Ingeniería Mecánica, Pag. 514

2.5.2.1. Carga en cojinetes

La vida de un cojinete en particular se define como el número de revoluciones de horas de trabajo a una velocidad constante dada, requeridos para que se desarrollen los criterios de falla.

A pesar de usar aceros de muy alta resistencia, todos los rodamientos tienen una duración finita, y terminarán por fallar debido a la fatiga causada por altos esfuerzos de contacto. Pero es obvio que, mientras menor sea la carga, la duración será mayor, y viceversa. (Shigley & Mitchell, 1998, pág. 514). La relación entre la carga P y la duración L se determina, para los cojinetes con contacto de rodadura, con

$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^a \quad (Ec. 2.4)$$

Donde:

a= 3 para cojinetes de bolas

a= $\frac{10}{3}$ para los cojinetes de rodillos

La AFBMA (American Bearing Manufacturers Association) ha establecido una norma de carga nominal para cojinetes en la que no interviene la velocidad. A la capacidad definida con tal norma se le llama capacidad básica de carga. Esta carga básica C se define como la carga radial constante que puede soportar un grupo de cojinetes, aparentemente idénticos, para una vida nominal de un millón de revoluciones del anillo interior. (Shigley & Mitchell, 1998, pág. 514)²¹

2.5.2.2. Selección de cojinetes

Para facilitar los cálculos, algunos fabricantes proporcionan graficas o tablas de factores de duración y factores de velocidad que hacen innecesario el cálculo del número de revoluciones. (Mott R. , 2006, pág. 612)

La capacidad de carga dinámica básica C, para que un rodamiento soporte una carga Pd de diseño se establece con la ecuación:

$$C = \frac{P_d * f_L}{f_N} \quad (Ec. 2.5)$$

²¹ Joseph Edward Shigley, Larry D. Mitchell, Diseño en Ingeniería Mecánica, Pag. 514

Donde:

C = Capacidad de carga dinámica básica.

P_d = Carga de diseño.

f_L = Factor de duración.

f_N = Factor de velocidad.

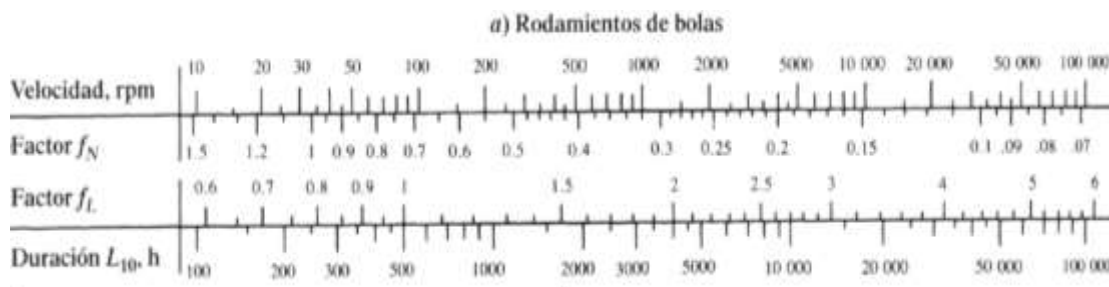


Figura 2.18 Factores por duración y velocidad, para rodamientos de bolas

Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 612²²

Con excepción de los cojinetes construidos para carga de empuje pura, los cojinetes de bolas trabajan generalmente con una combinación de carga radial y carga de empuje. Como las capacidades de catálogos están basadas solo en carga radial, conviene definir una carga radial equivalente F_e que tenga el mismo efecto en la vida del cojinete que las aplicadas. La AFBMA recomienda como la carga radial equivalente de cojinete de bolas, el mayor de los dos valores dados por las formulas siguientes: (Mott R. , 2006, pág. 615)

$$F_e = V * F_r \quad (Ec. 2.6)$$

$$F_e = XVF_r * YF_a \quad (Ec. 2.7)$$

Donde:

F_e = Carga radial equivalente.

F_r = Carga radial aplicada.

F_a = Carga de empuje aplicada.

V = Factor de rotación.

X = Factor radial.

Y = Factor de empuje.

²² Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 615

El factor V se le denomina factor de rotación y tiene el valor 1.0, si lo que gira es la pista interior del rodamiento. Se usa $V=1.2$, si lo que gira es la pista exterior.

Los valores de X y Y varían con el diseño específico del rodamiento, y con la magnitud de la carga de empuje en relación con la carga radial. Para cargas de empuje relativamente pequeñas, $X=1$ y $Y=0$. Para indicar la carga límite de empuje, para la cual es válido este caso, los fabricantes mencionan un factor llamado e . Si la relación $F_a/F_r > e$, se debe emplear la ecuación (2-5) para calcular F_e . Si $F_a/F_r < e$, se emplea la ecuación (2-6). La *tabla 2.1* muestra un conjunto de datos para un rodamiento de una hilera de bolas y ranura profunda. (Mott R. , 2006, pág. 615)

Tabla 2.1

Factores de carga radial y de empuje, para rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda.

e	F_a/C_o	Y
0.19	0.014	2.30
0.22	0.028	1.99
0.26	0.056	1.71
0.28	0.084	1.55
0.30	0.110	1.45
0.34	0.170	1.31
0.38	0.280	1.15
0.42	0.420	1.04
0.44	0.560	1.00

Nota: $X=0.56$, para todos los valores de Y

Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 615

2.5.3. FRENO DE BANDA

La banda flexible, tiene en la cara un material de fricción que se puede adaptar a la curvatura del tambor. La aplicación de una fuerza a la palanca pone la banda en tensión, y fuerza al material de fricción contra el tambor. La fuerza normal que se crea

así produce la fuerza de fricción tangencial a la superficie del tambor y lo retarda.
(Mott R. , 2006, pág. 860)²³

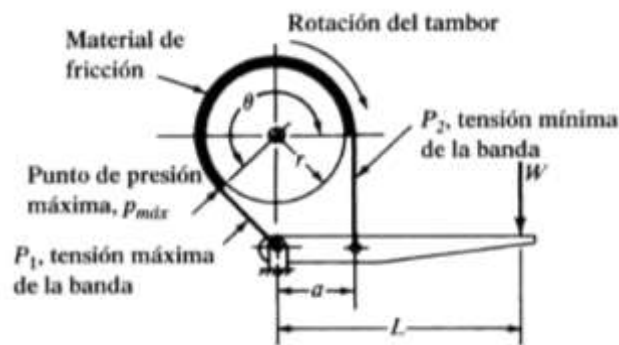


Figura 2. 19 Freno de banda sencillo

Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 860

La tensión en la banda disminuye desde el valor P_1 en el lado del pivote de la banda, hasta P_2 en el extremo de la palanca. El par torsional neto sobre el tambor está dada por la siguiente formula.

$$T_f = (P_1 - P_2)r \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

$$T_f = \text{Par torsional neto}$$

$$P_1 \text{ y } P_2 = \text{Tensiones de banda}$$

$$r = \text{Radio del tambor.}$$

La relación entre las tensiones P_1 y P_2 es una función logarítmica.

$$P_2 = \frac{P_1}{e^{f\theta}} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Debido a que el tambor gira en sentido contrario la formula está dada por:

$$P_1 = \frac{P_2}{e^{f\theta}} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde:

$$\theta = \text{Angulo total abarcado por la banda, en radianes}$$

²³ Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 860

f = Coeficiente de rozamiento

El punto de máxima presión sobre el material de fricción está en el extremo más cercano a la máxima tensión, P_1 , donde

$$P_1 = p_{m\acute{a}x}rw \quad (Ec. 2.11)$$

Donde:

P_{max} = Presión máxima del material de fricción

x = Ancho de banda

r = Radio de la polea

2.5.4. SOLDADURA

Una estructura soldada se fabrica soldando en conjunto un grupo de formas de metal, cortadas con configuraciones particulares. Durante la soldadura, las diversas partes se mantienen en contacto con firmeza, a menudo mediante abrazaderas o sujetadores. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 464)²⁴

2.5.4.1. Esfuerzos en uniones soldadas

La reacción en el soporte de un saliente siempre consiste en una fuerza cortante V y en un momento M . La fuerza cortante produce un cortante primario en las soldaduras de magnitud la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (Ec. 2.12)$$

Donde:

τ' = Cortante primario

V = Fuerza cortante

A = Área de soldadura

El momento en el soporte produce un cortante secundario o una torsión de las soldaduras, y dicho esfuerzo está dado por la siguiente ecuación.

$$\tau'' = \frac{Mr}{J} \quad (Ec. 2.13)$$

²⁴ Budynas, Richard G., Nisbett, J. Keith, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Pág. 464

Donde:

$\tau'' =$ Cortante secundario

M= Momento en relación de la fuerza

r= Distancia desde el centroide del grupo de soldaduras hasta el punto en la soldadura de interés

J= Distancia respecto a la Fuerza

Obteniendo los valores del cortante primario y secundario se puede obtener el esfuerzo resultante cortante con la siguiente ecuación:

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Donde:

$\tau =$ Esfuerzo resultante cortante

$\tau' =$ Cortante primario

$\tau'' =$ Cortante secundario

2.5.5. ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO

2.5.5.1. Actuadores neumáticos

Los actuadores son aquellos que cumplen directamente el trabajo dentro de un sistema automático o semiautomático.

Los tipos de actuadores están contruidos según las características propias de la aplicación. (Arce, 2016, pág. 6)²⁵

Las características genéricas de un actuador son:

- a) Principio operativo (doble efecto - simple efecto)
- b) Diámetro del émbolo
- c) Carrera de desplazamiento

En la siguiente figura se muestra los elementos de los que está compuesto un actuador neumático del tipo cilíndrico.

²⁵ https://es.scribd.com/document/61580605/Actuadores-Neumaticos#fullscreen&from_embed

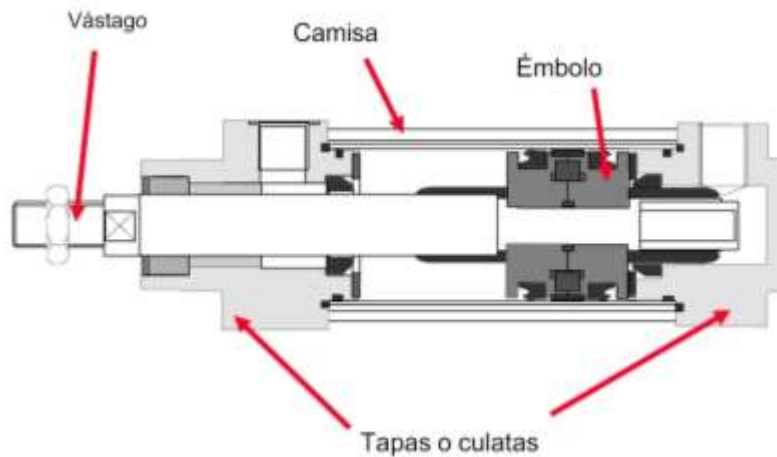


Figura 2.20 Elementos de un cilindro neumático

Fuente: https://es.scribd.com/document/61580605/Actuadores-Neumaticos#fullscreen&from_embed

2.5.5.1.1. Fuerza de trabajo de los actuadores neumáticos.

El diámetro del émbolo determina la fuerza que puede desarrollar el actuador. Por lo que la presión es la fuerza sobre unidad de área que está dada por la siguiente fórmula. (Arce, 2016, pág. 8)

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Donde:

P= Presión en (Kg-cm^2)

F= Fuerza en (Kg)

A= Área del embolo (cm^2)

La fuerza depende directamente de la presión y del área. Normalmente las máquinas manejan una presión constante (6 bares), es entonces que la fuerza que puede realizar un actuador neumático depende directamente del diámetro de su émbolo. (Arce, 2016, pág. 9)

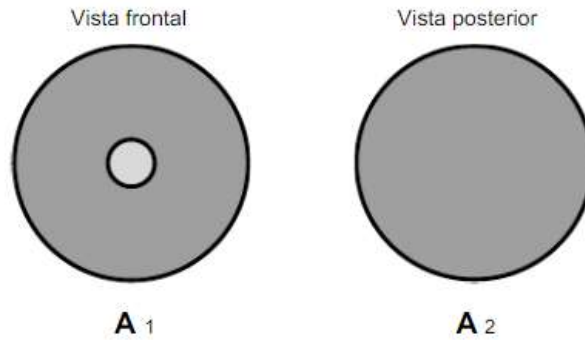


Figura 2.21 Áreas del embolo de avance y retroceso

Fuente: https://es.scribd.com/document/61580605/Actuadores-Neumaticos#fullscreen&from_embed

Las áreas del émbolo de avance y de retroceso son diferentes.

$$A_1 < A_2$$

Por lo tanto la fuerza de avance es mayor que la fuerza de retroceso en un actuador de doble efecto, con una misma presión de trabajo.

$$F_{\text{avance}} > F_{\text{retroceso}}$$

2.5.5.1.2. Consumo de aire de los actuadores neumáticos

El consumo de aire de los actuadores neumáticos determina las dimensiones de las válvulas de mando, tubo plástico flexible, velocidades de trabajo y las dimensiones del propio compresor. (Arce, 2016, pág. 11). Este consumo se puede calcular a través de la siguiente fórmula:

$$Q = 2 * n * s * q \quad (\text{Ec. 2.16})$$

Donde:

Q= Consumo de aire (l/min)

n= N° de ciclos por minuto

s= carrera (cm)

q= Consumo específico de aire (l/cm)

El consumo específico se determina a partir del nomograma representado en el *Anexo Tabla 16*.

La velocidad de un cilindro es la división entre el caudal y la superficie de empuje la cual está dada por la siguiente formula.

$$V = \frac{Q}{S} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

2.5.5.2. UNIDAD DE MANTENIMIENTO

La durabilidad y seguridad de funcionamiento de una Instalación neumática dependen en buena forma del acondicionamiento del aire, debido a que el compresor aspira aire húmedo y sus filtros de aspiración no pueden modificar ni eliminar totalmente las partículas contenidas en el aire atmosférico. (Márquez Sevillano, 2011)²⁶

Para evitar este tipo de problemas se emplea una unidad de mantenimiento, que está compuesto por los siguientes elementos:

- Filtro de aire comprimido.
- Regulador de aire comprimido.
- Lubricador de aire comprimido.
- Manómetro indicador de la presión



Figura 2.22 Unidad de mantenimiento

Fuente: <http://airtacmalaysia.com/index.php/airtac-products/product-introductions/preparation-unit/g-series/>

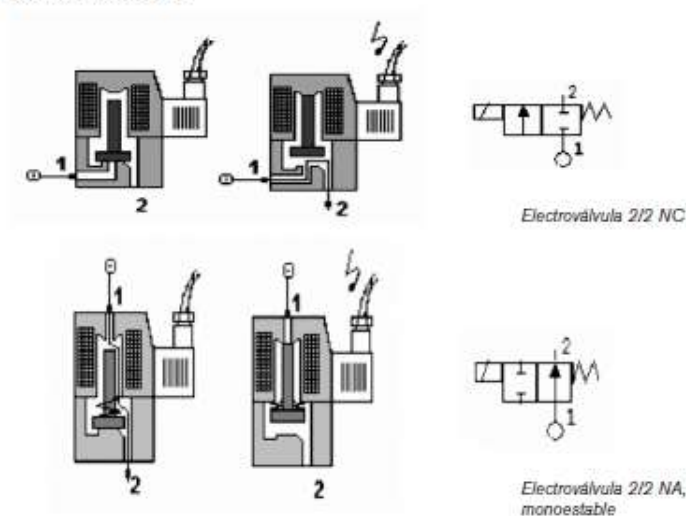
²⁶ http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/UNIDAD_DE_MANTENIMIENTO

2.5.5.3. ELECTROVÁLVULA

Cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrica o sensor de cualquier tipo (inductivo, capacitivo, óptico, etc.), presóstatos o mandos electrónicos, se utilizan este tipo de válvulas, excitando a un solenoide que por acción magnética provoca el desplazamiento de un núcleo móvil interno que habilita o no el pasaje de fluido. (Márquez Sevillano, 2011)

Se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Electroválvulas 2/2



Electroválvulas 3/2

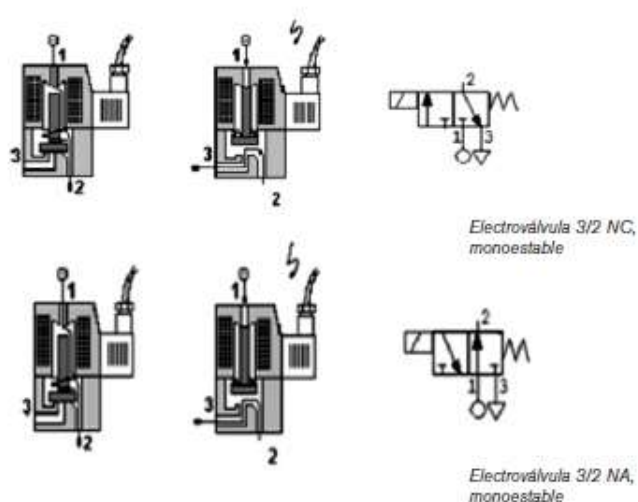


Figura 2.23 Modelos de electroválvulas

Fuente: <http://airtacmalaysia.com/index.php/airtac-products/product-introductions/preparation-unit/g-series/>

CAPÍTULO III

3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se evalúa cada una de las alternativas y posibilidades planteadas orientadas a los requerimientos y necesidades de la empresa hasta llegar a las especificaciones finales de la máquina.

3.1. RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

La microempresa de Snacks MARCITA TRUJILLO S.A. con el fin de optimizar la calidad y cantidad del producto y suprimir pérdidas de tiempo en la producción, ha decidido incorporar máquinas automáticas, la que puede ser construida sin dificultades de tal manera satisfaga la necesidades de la microempresa y sea adquirida a un costo asequible.

La empresa de Snacks MARCITA TRUJILLO S.A. estableció restricciones y limitaciones las cuales son:

- La máquina empacadora debe ser automática y fácil de manipular.
- La máquina empacadora debe ser de un costo asequible.
- La máquina empacadora debe ser de fácil mantenimiento y remplazo de los componentes.
- Los elementos neumáticos de la máquina deben trabajar con una presión mínima de 5 Kg-cm², ya que la microempresa posee un compresor en el que se recarga a ese valor.
- La máquina debe proporcionar un empaque con un rango de variación en el tamaño y la forma de la funda de hasta ± 10 mm.
- La máquina empacadora debe formar la funda tipo almohadilla
- Cumplir con las normas tanto del estado como de la industria alimenticia refiriendo a seguridad e higiene, (Norma 131).
- La cantidad máxima aceptable de empaques mal formados o dañados es del 5% de la producción en el día.
- La máquina empacadora debe proporcionar una cantidad mínima de 70 fundas en una hora para fundas de 140g con una altura máxima de 280mm.

- La máquina empacadora debe proporcionar una cantidad máxima de 25 fundas por minuto para fundas de 70g y altura de 200mm.

3.2. ESPECIFICACIONES

Son parámetros de gran importancia que se deben tener en cuenta para iniciar con el diseño.

3.2.1. DIMENSIÓN DE LA FUNDA

- Ancho : 15,24mm
- Altura: La altura máxima de la funda es de 280mm.

3.3. MATERIALES UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

Todos los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos, en las condiciones normales o previsibles de empleo, no deben transferir sus componentes a los alimentos en cantidades que puedan:

- Representar un peligro para la salud humana.
- Provocar una modificación inaceptable de la composición de los alimentos o provocar una alteración de las características organolépticas de éstos.

Zona de contacto con alimentos

Todas las partes y componentes de una instalación que están en contacto directo con alimentos requieren de estos componentes:

- Lavables.
- Desinfectables.
- Resistentes a la corrosión.
- No tóxicos.
- No absorbentes.
- Lisos, de superficie continua o sellada.
- Utilización de lubricantes especiales compatibles con los alimentos. (FESTO, 2015)²⁷

²⁷ https://www.festo.com/cms/es_es/16983.htm

Zona expuesta a salpicaduras

-Todas las partes y componentes de una instalación que entran en contacto con alimentos que no retornan al flujo de producción.

-Debe planificarse y diseñarse aplicando los mismos criterios válidos en las zonas de flujo de alimentos. (FESTO, 2015)²⁸

Zona sin contacto con alimentos

Componentes que no están en contacto directo con alimentos, requieren de estos componentes para evitar la formación de focos de infestación:

-Resistentes a la corrosión.

-Lavables o desinfectables.

Según la definición de la norma Europea EN 10088-1, los aceros inoxidable deben tener un contenido mínimo de cromo del 10,5% y un máximo del 1,2% de carbono. (FESTO, 2015)

3.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

La máquina empacadora no define por sí sola una operación de empaquetado, existen varios elementos que rodean a la máquina cuya función es obtener una bolsa que cumpla con todos los requerimientos del mercado, como es proteger y presentar el producto. Para lo cual se tomará en consideración las diferentes posibilidades que existen para cada uno de los sistemas de formación y arrastre del material de empaque, basándose en las ventajas y desventajas que presentan cada una de ellas y las prestaciones que pueden dar.

²⁸ https://www.festo.com/cms/es_es/16983.htm

3.4.1. CUADRO COMPARATIVOS DE LAS ALTERNATIVAS DE LOS SISTEMAS.

A continuación se muestra una tabla de alternativas para los sistemas evaluando sus ventajas y desventajas de las mismas, basando a las restricciones de la microempresa.

3.4.1.1. Sistema de formación de funda

Tabla 3.1

Alternativa de formación de funda

SISTEMA DE FORMADO DE FUNDA				
	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ALTERNATIVA 1	FORMADOR DE CUELLO CIRCULAR	A partir de un rollo de material de empaque, el plástico ingresa por la parte posterior de la capa y se enrolla alrededor del conducto de alimentación del producto, formando un tubo continuo de material de empaque con un traslape que permite el sellado longitudinal.	Permite un suave deslizamiento del material de empaque (se le da una ponderación de 3 en (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)	Son utilizados únicamente para formar bolsas o fundas tipo almohadilla (se le da una ponderación de 3 (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)
			Las arrugas del plástico son mínimas, por lo que el número de fundas dañadas son menores. (se le da una ponderación de 3 en (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)	
			Versatilidad para adaptar a cualquier sistema de arrastre. (se le da una ponderación de 3 en (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)	Difícil construcción y elaboración, su costo oscila entre 120 a 360\$. (se le da una ponderación de 2 en (costos) y 1 en (manufactura) basado en las restricciones de la microempresa)



ALTERNATIVA 2	FORMADOR DE CUELLO RECTANGULAR	A partir de un rollo de material de empaque, el plástico ingresa por la parte posterior de la capa y se enrolla alrededor del conducto rectangular de alimentación del producto, formando un tubo continuo de material de empaque con un traslape que permite el sellado longitudinal.	Versatilidad para adaptar a cualquier sistema de arrastre antes mencionado. (se le da una ponderación de 3 en (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)	Dificultad de manufactura, su costo oscila entre 200 a 400\$. (se le da una ponderación de 2 en (costo) y 1 en (manufactura) basado en las restricciones de la microempresa)
			Ideal para la formación de fundas paralelepípedos, para mejor presentación del producto. (se le da una ponderación de 1 (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)	Podría rasgarse el plástico, por las esquinas agudas que presenta, especialmente si no está bien construido, por lo que el número fundas mal formadas o dañadas es mayor. (se le da una ponderación de 2 en (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)

Fuente: <https://astimec.net/producto/empacadora-vertical-automatica/>

3.4.1.2. Sistema de guiado y arrastre

Tabla 3.2

Alternativa de guiado y arrastre de empaque

SISTEMA DE GUIADO Y ARRASTRE				
	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ALTERNATIVA 1	Tracción del material por mordazas	El sistema dispone de un marco donde se sitúan las mordazas las mismas que se cierran en el punto A presionando y sellando el material de empaque, en ese instante, el marco se desplaza hacia abajo, guiado por unos ejes verticales, y	Flexible a distintos tamaños de empaques y versatilidad para adaptar a cualquier conducto de alimentación. (se le da una ponderación de 3 en (eficacia) y 3 en (versatilidad) basado en las restricciones de la microempresa)	El costo inicial oscila de 160 a 250 debido a la elaboración de las mordazas y mayores elementos neumáticos. (se le da una ponderación de 2 en (costos) basado en las restricciones de la microempresa)
				Ocupa mayor espacio debido a su tamaño por lo que



		<p>arrastrando el plástico. Cuando llega al punto B, donde se produce la dosificación del producto y el corte de la bolsa, las mordazas se abren permitiendo que el marco suba para comenzar un nuevo ciclo.</p>		<p>aumenta un 30% el costo en materiales para la estructura. (se le da una ponderación de 2 en (costos) basado en las restricciones de la microempresa)</p>
			<p>Fácil ensamblaje, mantenimiento, manufactura y servicio o remplazo de los componentes. (se le da una ponderación de 3 en (manufactura) basado en las restricciones de la microempresa)</p>	<p>20% menos en rendimiento comparado con otros sistemas ya que origina dos procesos el de arrastre y de sellado horizontal, por lo que se demora más tiempo en realizar el proceso. (se le da una ponderación de 3 en (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)</p>
<p>ALTERNATIVA 2</p>	<p>Tracción del material por rodillos</p>	<p>Los rodillos giran debido a la acción de dos motores, uno por cada rodillo. El sistema de rodillos vulcanizados (capa de poliuretano o silicona en todo el perímetro del rodillo) son ubicados a la izquierda y a la derecha del tubo de alimentación con el fin de generar tracción y así lograr el arrastre del material de empaque.</p>	<p>Facilidad de manufactura en cuanto a mecanizado. (se le da una ponderación de 3 en (manufactura) basado en las restricciones de la microempresa)</p>	<p>El costo de elaboración oscila de 160 a 300\$ y alto costo de mantenimiento, servicio o remplazo de los componentes. (se le da una ponderación de 1 en (costo) basado en las restricciones de la microempresa)</p>
			<p>20% más en rendimiento comparado con el sistema tracción de material por mordazas (se le da una ponderación de 2 en (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)</p>	
			<p>Versatilidad para adaptar a cualquier conducto de alimentación. (se le da una ponderación de 3 en (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)</p>	<p>Requiere de un mecanismo rebobinador, para facilitar el trabajo de los rodillos ya que estos tienen un menor contacto de área con el material de empaque. (se le da una ponderación de 2 en (costos) y 2 en (manufactura)</p>



ALTERNATIVA 3	Tracción del material por bandas	El giro de los rodillos se da por la acción de un sistema motriz el que debe ser accionado por un variador de velocidad para controlar la aceleración y desaceleración del plástico, o a su vez deberá contar por un freno-embrague de accionamiento electromagnético, que le permita arrastrar plástico y pararlo suavemente y así no dañarlo.	Mayor contacto de área con el material de empaque a arrastrar (se le da una ponderación de 3 (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)	Alto costo de elaboración. (se le da una ponderación de 1 en (costo) basado en las restricciones de la microempresa)
			Facilidad de manufactura (se le da una ponderación de 3 basado en las restricciones de la microempresa)	Dificultad de controlar y calibrar. (se le da una ponderación de 1 en (eficacia) basado en las restricciones de la microempresa)
			Alto rendimiento en producción aproximadamente 60 empaques por minuto (se le da una ponderación de 2 en (eficacia) basado en las restricciones de la empresa)	

Fuente: <https://astimec.net/producto/empacadora-vertical-automatica/>

3.4.2. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

La seguridad, la confiabilidad, la facilidad para fabricar, facilidad de operación, costo de operación y mantenimiento bajos, tamaño reducido, poco peso, materiales adecuados, la apariencia, la ergonomía, entre otros, son criterios de evaluación del diseño mecatrónico.

A continuación se presentan los criterios que se consideran los más apropiados para ser utilizados en el proceso de selección de alternativas.

3.4.2.1. Costo

Se puede considerar como el factor más importante en la máquina ya que no solo se debe tomar en cuenta el costo vs beneficio si no también los costos de operación y mantenimiento considerando las restricciones de la microempresa.

3.4.2.2. Manufactura

En este aspecto las partes que constituyen los diferentes sistemas deben poder ser manufacturados con tecnología nacional, con materiales disponibles en el mercado y componentes de fácil compra.

3.4.2.3. Eficacia

En este factor se analiza la capacidad o cualidad para lograr, obrar o conseguir algún resultado en particular, gozando de la virtud de producir el efecto deseado, basado en las restricciones de la microempresa.

3.4.2.4. Versatilidad

En este parámetro se analiza que los sistemas trabajen como conjunto debiéndose adaptar una pieza exactamente a la otra teniendo en cuenta que es un proceso continuo y si en elemento falla o no se acopla a todo el diseño se produce un retraso en la producción.

3.4.3. PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS

En las siguientes tablas las alternativas serán valoradas según los parámetros de evaluación antes mencionados, de acuerdo las restricciones de la microempresa.

Se asignará el valor de 1 en el cuadro cuando el parámetro sea *Poco Recomendable*, el valor de 2 cuando el parámetro sea *Recomendable*, el valor de 3 cuando el parámetro sea *Ideal* y el valor de 0 cuando el parámetro *No aplica*.

Tabla 3.3

Evaluación de alternativas de formación de funda

SISTEMA DE FORMACIÓN DE FUNDA					
Alternativas	Costo	Manufactura	Eficiencia	Versatilidad	Promedio
1	2	1	3	3	2,25
2	2	1	2	3	2

Tabla 3.4

Evaluación de alternativas de guiado y arrastre

SISTEMA DE GUIADO Y ARRASTRE					
Alternativas	Costo	Manufactura	Eficiencia	Versatilidad	Promedio
1	1	2	3	3	2,25
2	1	2	2	3	2
3	2	2	2	2	2

En conclusión para el sistema de formado de funda se eligió el formado de cuello circular y para el sistema de guiado y arrastre se eligió el sistema de tracción de

material por mordazas, basándose en las restricciones de la microempresa MARCITA TRUJILLO S.A.

3.5. SISTEMA DETALLADO DE ALTERNATIVAS

Se analiza los parámetros principales, para ser considerados en el desarrollo del sistema de formado y arrastre, para proceder a definir el sistema más adecuado mediante análisis de estos factores.

3.5.1. SISTEMA DE FORMADO

El formador de funda radica en doblar la lámina plástica de empaque en forma cilíndrica, de modo que al sellar forme una funda pequeña con el mínimo daño posible.

3.5.1.1. Dimensionamiento del formador de funda

Para determinar el diámetro del formador se utiliza el ancho de funda *Tabla 3.5*:

Tabla 3.5
Parámetros de funda

Cantidad	Ancho (mm)
140g	152,4

$$P = 2 * Af \quad (Ec. 3.1)$$

$$P = \pi * Df \quad (Ec. 3.2)$$

Donde:

P= Perímetro del plástico (mm)

Af= Ancho de la funda (mm)

Df= Diámetro del formador (mm)

Entonces:

$$P = 2 * 152,4 = 304,8$$

$$Df = \frac{P}{\pi}$$

$$Df = \frac{304,8}{\pi} = 97\text{mm}$$

En la base del Formador se dejó un espacio de 30 mm entre los traslapes, en el que viaja el material de empaque para su posterior sellado vertical. Véase *figura 3.1*

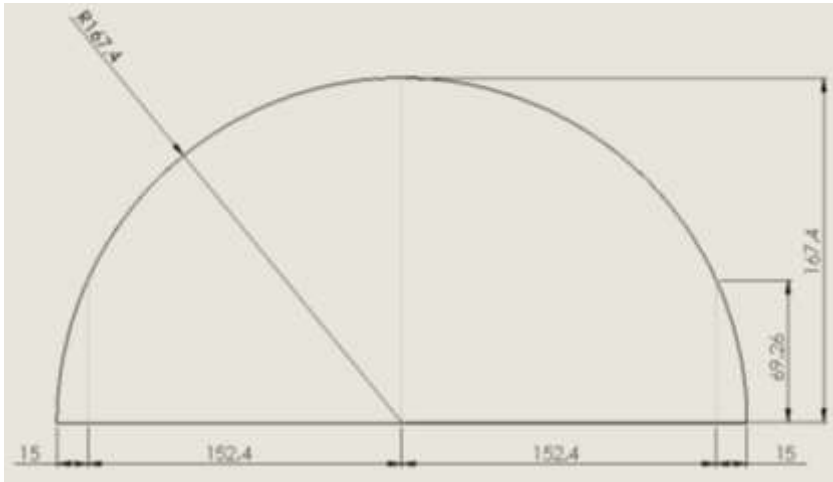


Figura 3.1 Geometría base del formador



Figura 3.2 Doblado de la base del formador

Para la capa nos basamos en el ancho de la funda más un espacio de regulación de la misma.

$$Acf = Af + r \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Donde:

Acf= Ancho de la capa del formador (mm)

Af= Ancho de la funda (mm)

r= espacio para la regulación del papel (mm)

Entonces:

$$Acf = 320 + 220 = 340 \text{ mm}$$

La inclinación de la capa debe ser de 45 grados, con el fin de que la fuerza de rozamiento entre el plástico y el acero sea mínima, *figura 3.3*.

$$c = \frac{a}{\text{Sen } 45^\circ} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

$$c = \frac{167,40 \text{ mm}}{\text{Sen } 45^\circ}$$

$$c = 236,74 \text{ mm}$$

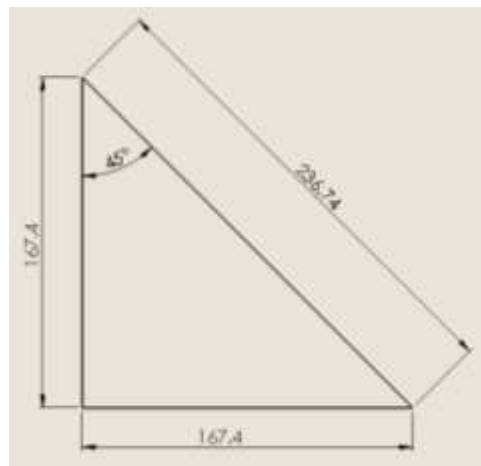


Figura 3.3 Geometría de inclinación de la capa del formador

Determinado los valores se obtiene la geometría de la capa del formador, véase *figura 3.4*.

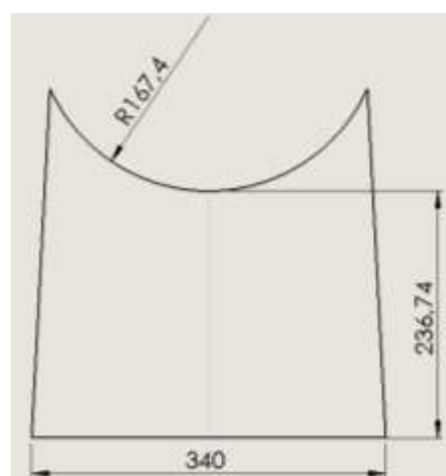


Figura 3.4 Geometría de la capa del formador

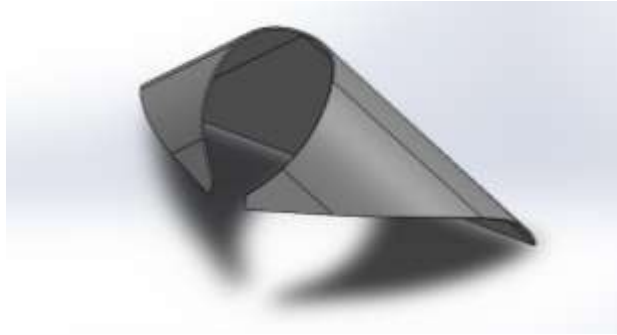


Figura 3.5 Doblado de la capa del formador

3.5.1.2. Placa de Soporte del Formador

Para la placa del formador se utiliza el al ancho de la capa del formador y se considera un rango de distancia de 70 mm a cada extremo para la sujeción de la placa.

$$L_{pl} = A_{cf} + E_s \quad (Ec. 3.5)$$

Donde:

L_{pl} = Largo de la Placa (mm)

A_{cf} = Ancho de la capa del formador (mm)

E_s = Rango de espacio para la sujeción (mm)

Entonces:

$$L_{pl} = 340 + 140$$

$$L_{pl} = 480mm$$

Para la profundidad se considera la siguiente ecuación:

$$A_{pl} = D_f + E_s \quad (Ec. 3.6)$$

Donde:

A_{pl} = Ancho de placa (mm)

D_f = Diámetro externo del cuello del Formador (mm)

E_s =Rango de espacio para la sujeción (mm)

Entonces:

$$A_{pl} = 100 + 80$$

$$A_{pl} = 180mm$$

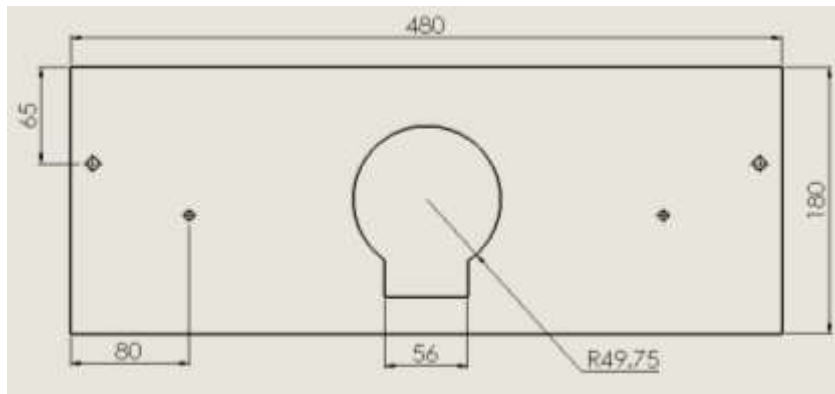


Figura 3.6 Geometría de la placa de soporte

3.5.1.3. Ducto de alimentación

El producto después de la dosificación cae en una pequeña tolva para posteriormente seguir por un tubo de alimentación hasta el sellado horizontal.

La pequeña tolva es de forma cónica en la que el diámetro superior es valor de la compuerta de dosificación y el diámetro inferior es valor del cuello del formador.

El material de empaque al pasar por el formador rodea el tubo de alimentación en el que adquiere una forma cilíndrica para un posterior sellado.

La longitud del tubo está dado por el alto del formador, la altura máxima de la funda y la distancia comprendida entre el formador y la bandeja de alimentación.

$$Du = hf + hmf + X \quad (\text{Ec. 3.7})$$

Donde:

Du= Longitud del ducto de alimentación (mm)

hf= Altura del formador (mm)

hmf= altura máxima de la funda (mm)

X= Espacio entre el formador y la dosificación (mm)

Entonces:

$$Du = 200 + 300 + 180$$

$$Du = 680 \text{ mm}$$

Para el diámetro del ducto se toma en cuenta el diámetro interno de la base del formador dejando una distancia de 2 mm para el recorrido del material de empaque dando como resultado un diámetro exterior de 95mm.

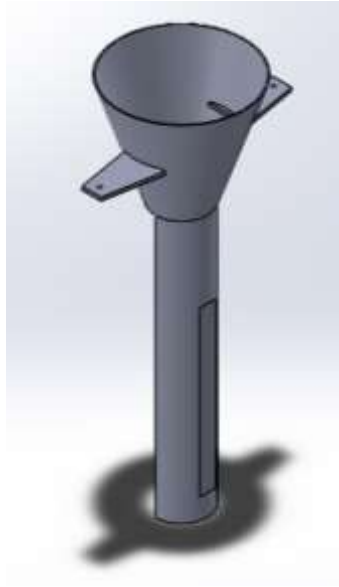


Figura 3.7 Ducto de alimentación

3.5.1.4. Análisis de fuerzas del ducto de alimentación

Debido al pistón de sellado vertical el ducto de alimentación está sujeto a una carga distribuida de (315 N), véase *figura 3.8*,

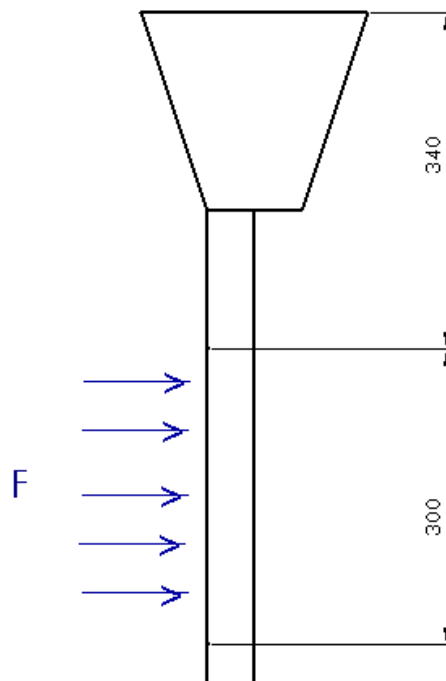


Figura 3.8 Diagrama de fuerzas del ducto de alimentación

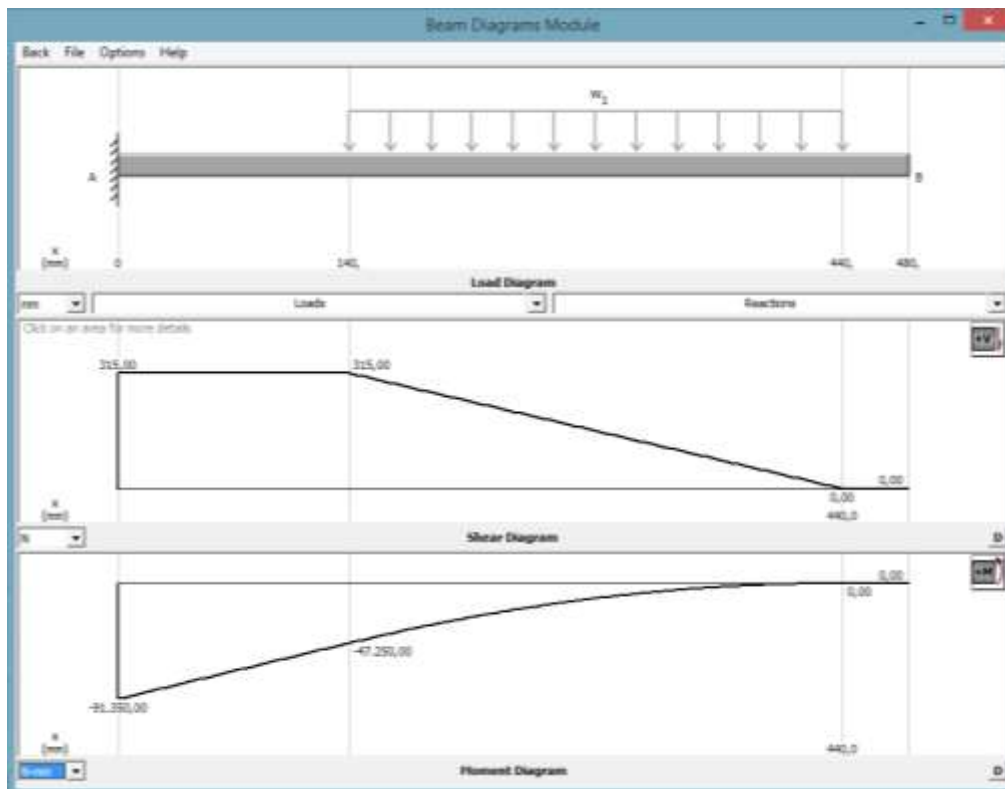


Figura 3.9 Diagrama de corte y momento del ducto de alimentación

Con la ayuda de un software de simulación, *figura 3.9*, se obtiene la fuerza de corte máxima 315N y el momento flector máximo 91350 N-mm, con lo que se calcula el mayor esfuerzo que sufre el ducto de alimentación, debido a la flexión.

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Donde:

σ = Esfuerzo a flexión (MPa)

M= Momento de flexión (N-mm)

S= Módulo de sección (mm^3)

Se calcula el módulo de sección, ver *Anexo 3, Tabla 1*, dicho valor se obtiene con la siguiente formula:

$$S = 0,024(D_E^3 - D_I^3) \quad (\text{Ec. 3.9})$$

Donde:

D_E = Diámetro externo (mm)

D_I = Diámetro interno (mm)

Entonces:

$$S = 0,024(95^3 - 92^3) = 1888,48mm^3$$

$$\sigma = \frac{91350 \text{ N}\cdot\text{mm}}{1888,48mm^3} = 48,37MPa$$

Se calcula el factor de seguridad con referencia al límite elástico del acero inoxidable 304 ($S_y = 206MPa$) con la *ecuación 2.3*.

$$N = \frac{206}{48,37} = 4,2$$

3.5.1.5. Simulación del ducto de alimentación:

A continuación se presenta el análisis de cargas en el ducto de alimentación que está construido en acero inoxidable 304. El punto de apoyo o restricción está a en la parte superior del ducto de alimentación. Ver *figura 3.10*.

Tabla 3.6

Cargas aplicadas en el ducto de alimentación.

Carga distribuida (N)	Dimensión (mm)
315	300

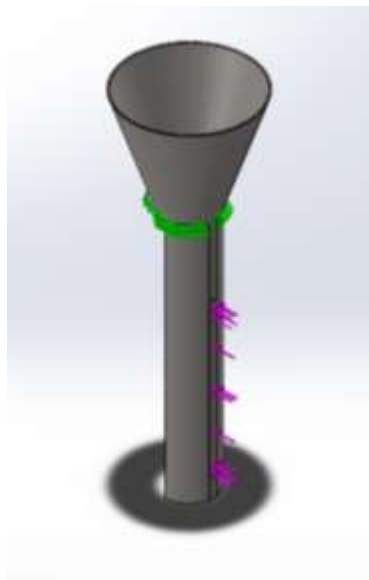


Figura 3.10 Cargas y restricciones del ducto de alimentación

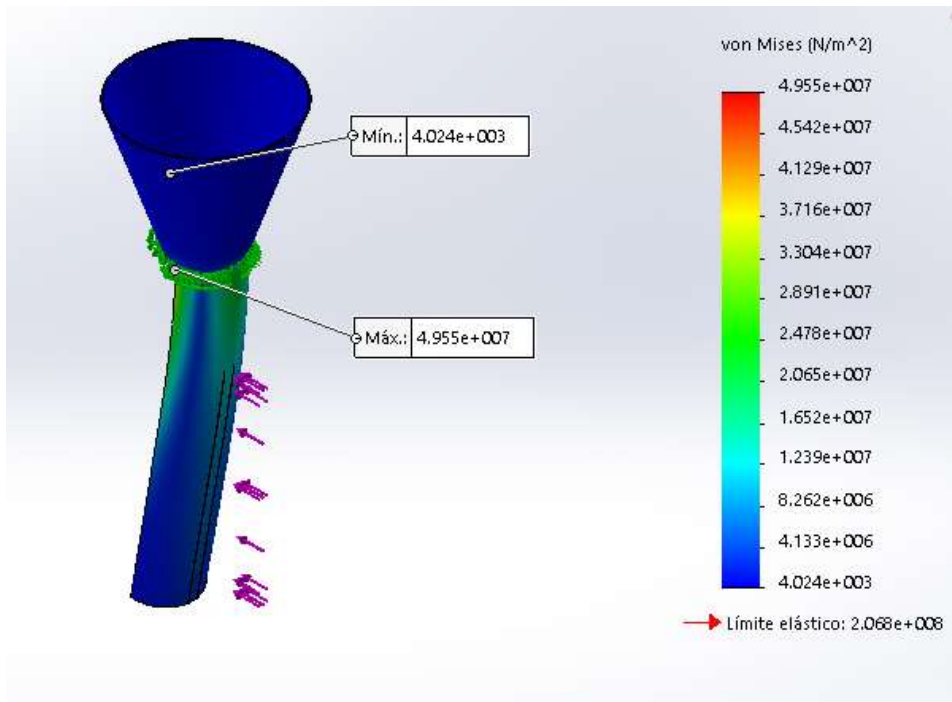


Figura 3.11 Simulación del límite elástico del ducto de alimentación

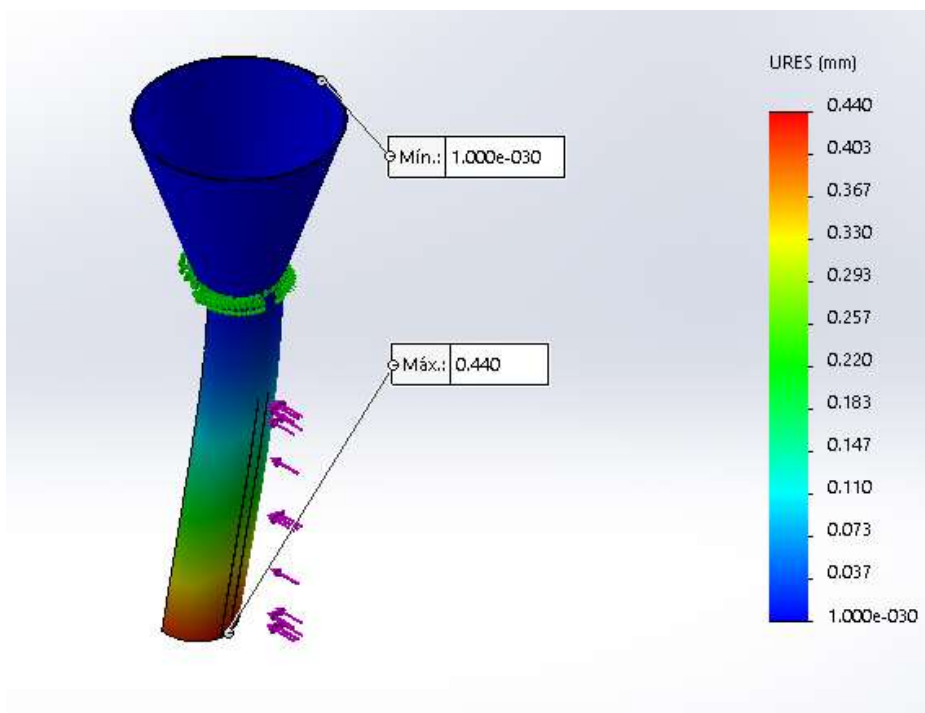


Figura 3.12 Simulación del desplazamiento del ducto de alimentación

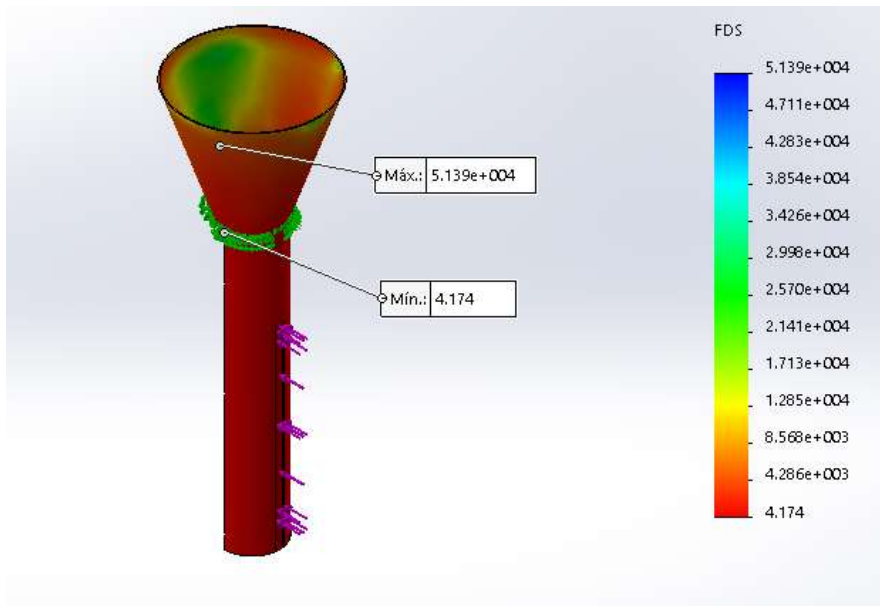


Figura 3.13 Simulación del factor de seguridad del ducto de alimentación

Una vez realizado el análisis de cargas haciendo uso de un software de simulación, se puede apreciar que los valores obtenidos del límite elástico es igual a 49,55 MPa, que se encuentra dentro del valor del material AISI 304, el factor de seguridad con un valor de 4,2 y deflexión máxima es de 0,4 mm.

El análisis de elementos finitos se lo realiza en un rango de 10 a 2000 elementos, en la que se obtuvo una variación mínima en los resultados del factor de seguridad con un error porcentual del 0,5%, como se muestra en la *figura 3.14*, relacionada a la curva de convergencia del ducto de alimentación.

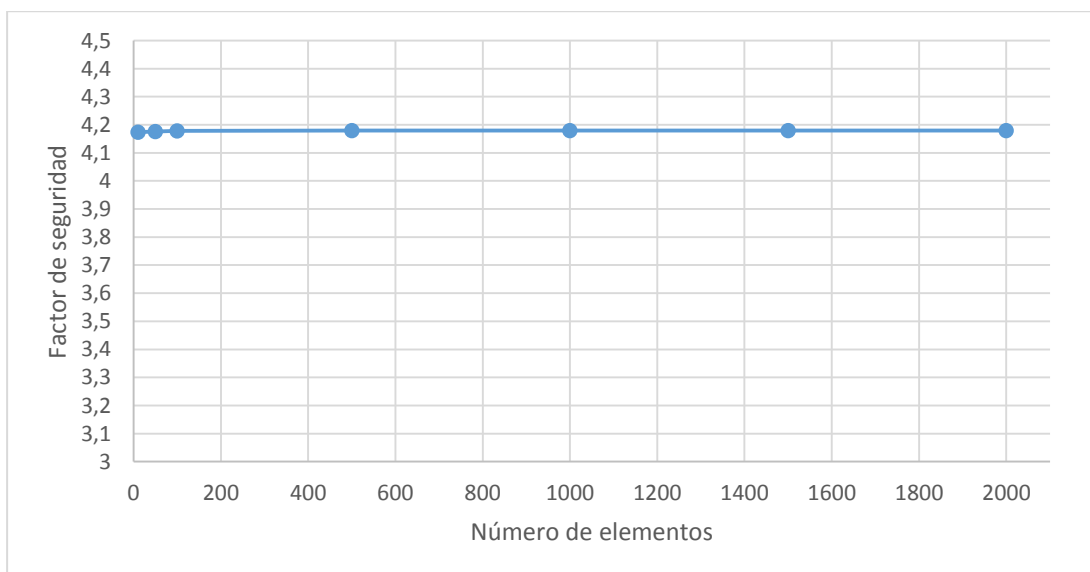


Figura 3. 14 Curva de convergencia del ducto de alimentación

Al realizar la simulación del ducto de alimentación *figura 3,13* y los cálculos correspondientes *sección 3.5.1.4* se observa que la variación del factor de seguridad es mínima.



Figura 3.15 Sistema de formado del material de empaque

3.5.2. SISTEMA DE ARRASTRE

En el sistema de arrastre se considera la distancia máxima de la funda (250 mm), a la que se añadió una distancia adicional para el sellado de las mordazas, dado estos datos se ha realizado la síntesis de mecanismo del sistema de arrastre en el que se utilizó un software de simulación para obtener dicha distancia .

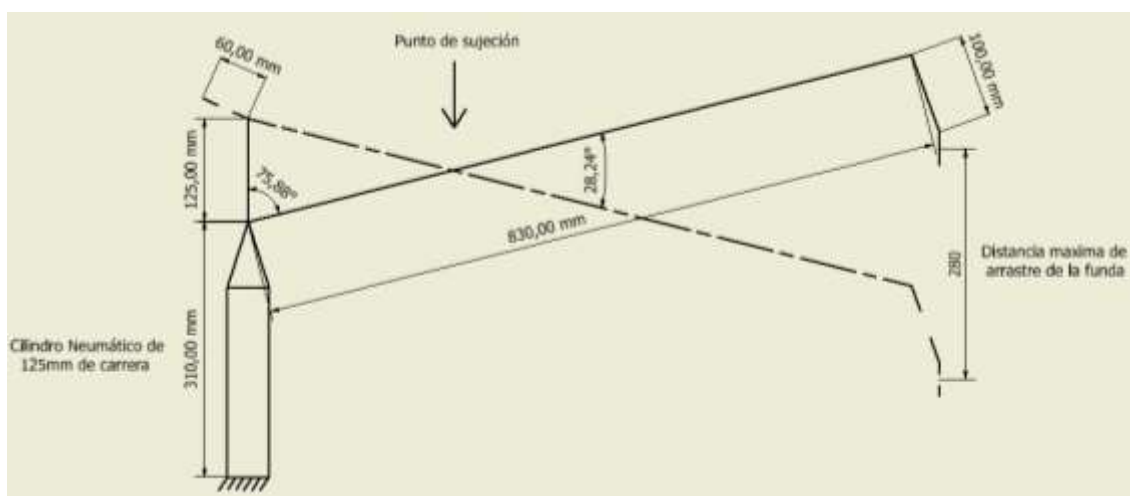


Figura 3.16 Síntesis de mecanismo del sistema de arrastre

Se utiliza un cilindro de 125 mm de carrera con una palanca de 830 mm en el que tiene su punto de sujeción a 256,24mm del origen para lograr la distancia máxima de la funda que es de 280 mm.

Se ha colocado una palanca de 100 mm para que no exista roce entre la palanca (830mm) y el sistema de sellado.

3.5.2.1. Análisis de cargas del sistema de arrastre

El peso del sistema de sellado es de $13\text{Kg} = 127.4\text{N}$

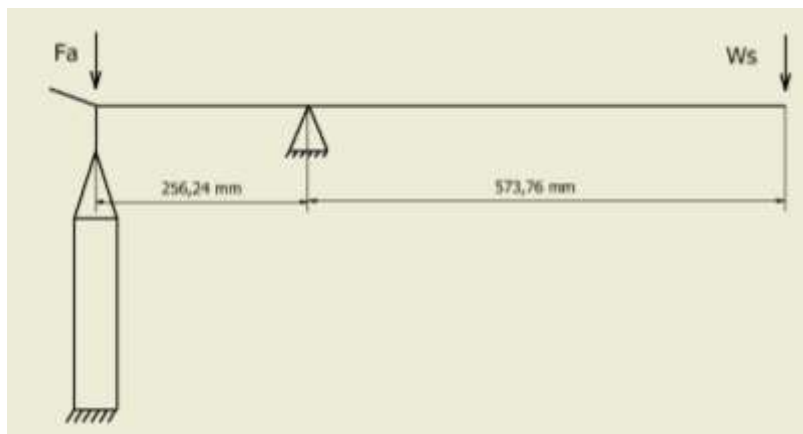


Figura 3.17 Diagrama de cargas en el sistema de arrastre

Donde:

F_a = Fuerza necesaria del cilindro (N)

W_s = Peso del sistema de sellado (N)

Entonces:

$$\Sigma M = 0$$

$$F_a * 256,24\text{mm} - W_s * 573,76\text{mm} = 0$$

$$F_a = \frac{W_s * 573,76\text{mm}}{256,24\text{mm}}$$

$$F_a = \frac{127,4\text{N} * 573,76\text{mm}}{256,24\text{mm}} = 285,26\text{N}$$

3.5.2.1.1. Simulación de la palanca de arrastre

A continuación se presenta el análisis de cargas en la palanca de arrastre de 830 mm de longitud con espesor de 10 mm y punto de apoyo o restricción está a 256,24 mm, véase *figura 3.18*. La palanca de arrastre está construido en acero inoxidable 304.

Tabla 3.7
Cargas aplicadas en la palanca de arrastre.

Cargas (N)	Dimensiones (mm)
63,7	0
142,63	830

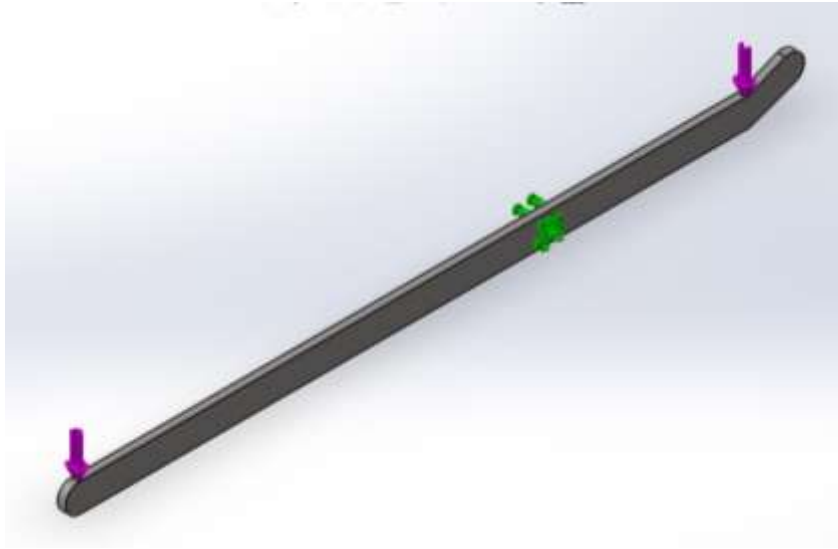


Figura 3. 18 Cargas y restricciones de la palanca de arrastre

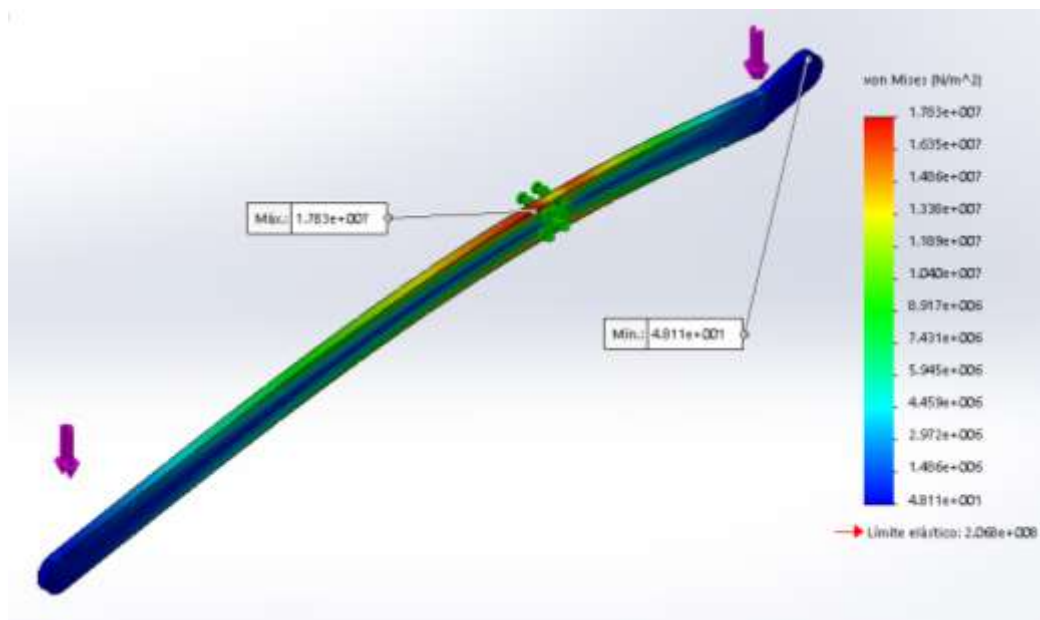


Figura 3.19 Simulación del límite elástico de la palanca de arrastre

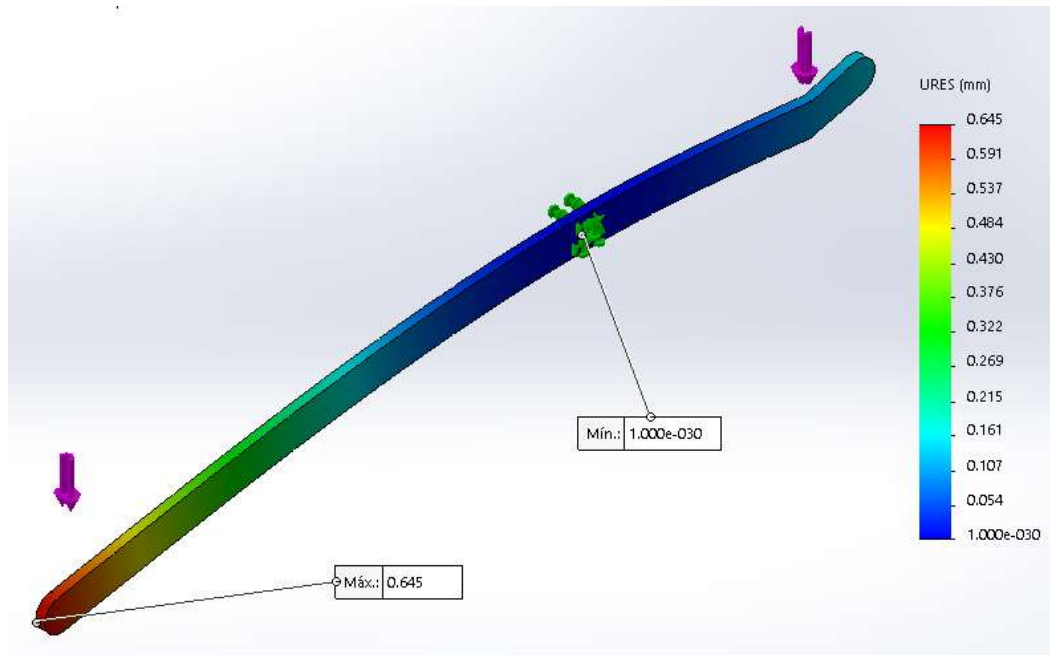


Figura 3.20 Simulación del desplazamiento de la palanca de arrastre

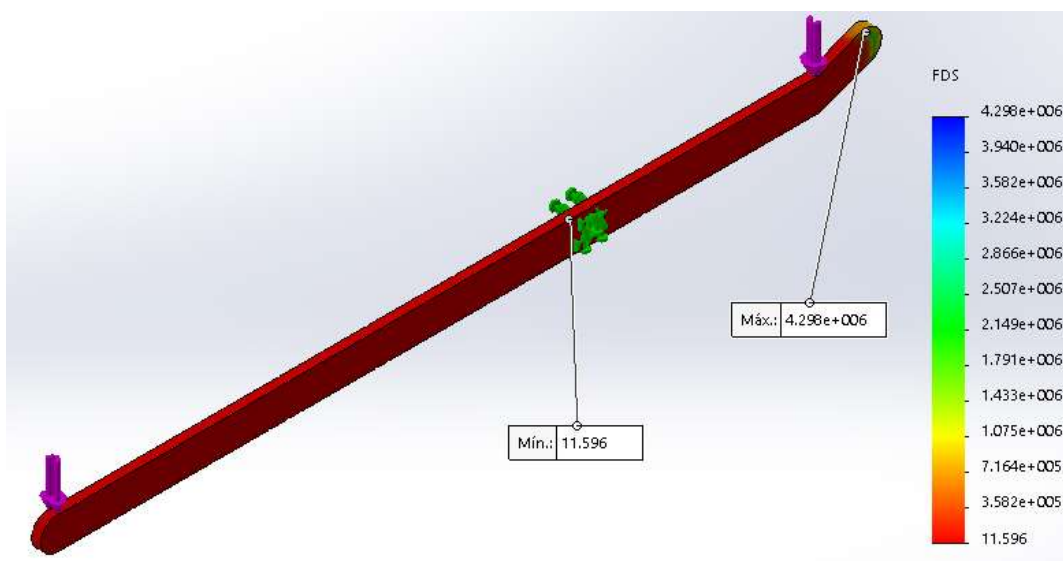


Figura 3.21 Simulación del factor de seguridad de la palanca de arrastre

Una vez realizado el análisis de cargas haciendo uso de un software de simulación, se puede apreciar que los valores obtenidos del límite elástico es igual a 17,83 MPa, que se encuentra dentro del valor del material AISI 304, el factor de seguridad con un valor de 11,6 y deflexión máxima es de 0,6 mm.

El análisis de elementos finitos se lo realiza en un rango de 10 a 2000 elementos, en la que se obtuvo una variación mínima en los resultados del factor de seguridad con un

error porcentual del 0,3%, como se muestra en la *figura 3.22*, relacionada a la curva de convergencia de palanca de arrastre.

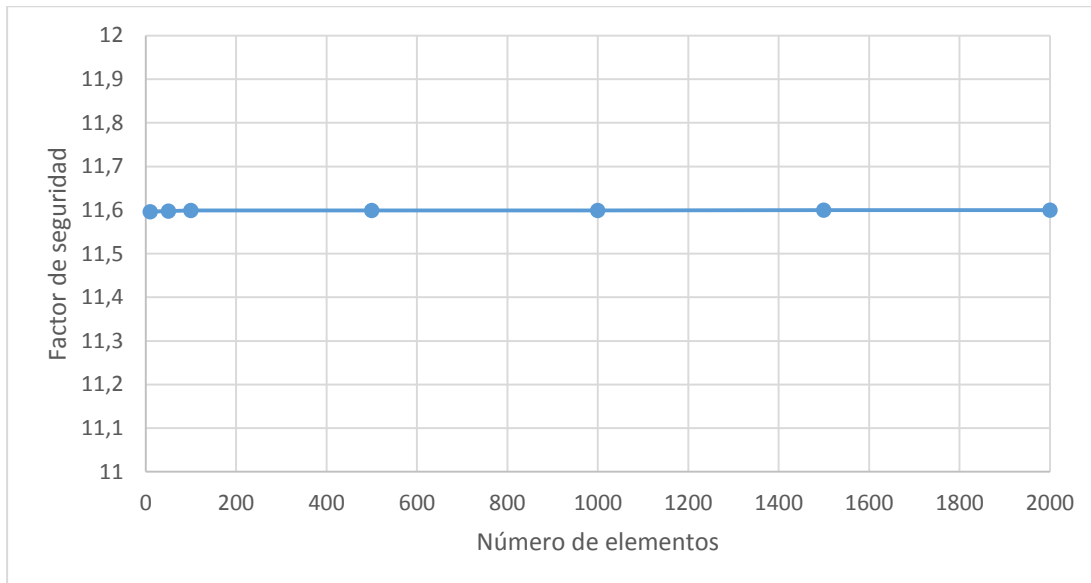


Figura 3. 22 Curva de convergencia de la palanca de arrastre

3.5.2.2. Análisis de cargas en el eje de soporte del sistema de arrastre

Se obtiene el peso del sistema de sellado horizontal que es de 13kg, más el peso de la palanca de arrastres y los ejes de separación igual a 5 kg, se calcula el diámetro adecuado para el eje donde soporta dicho peso.

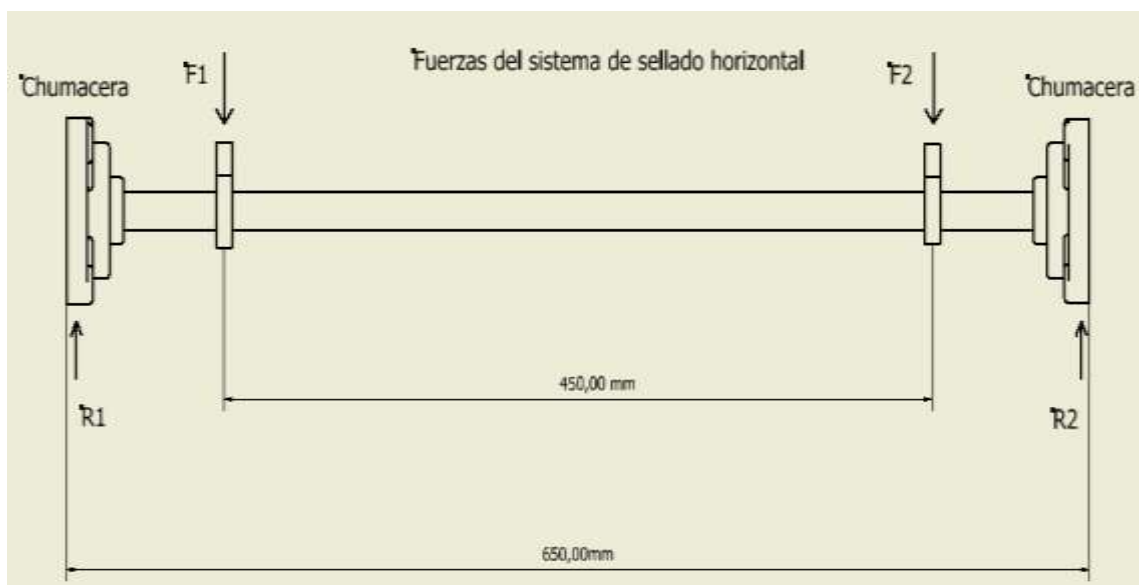


Figura 3.23 Análisis de cargas en el eje de soporte del sistema de arrastre

$$F_1 = F_2 = 9 \text{ Kg} = 88,2 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = F_1 + F_2$$

$$R_1 + R_2 = 88,2 \text{ N} + 88,2 \text{ N} = 176,4 \text{ N}$$

$$\Sigma M_{R_1} = 0$$

$$F_1 * (100\text{mm}) + F_2 * (550\text{mm}) = R_2 * (650\text{mm})$$

$$88,2 * (100\text{mm}) + 88,2 * (550\text{mm}) = R_2 * (650\text{mm})$$

$$R_2 = 88,2 \text{ N}$$

$$R_1 = F_1 + F_2 - R_2 = 88,2 \text{ N}$$

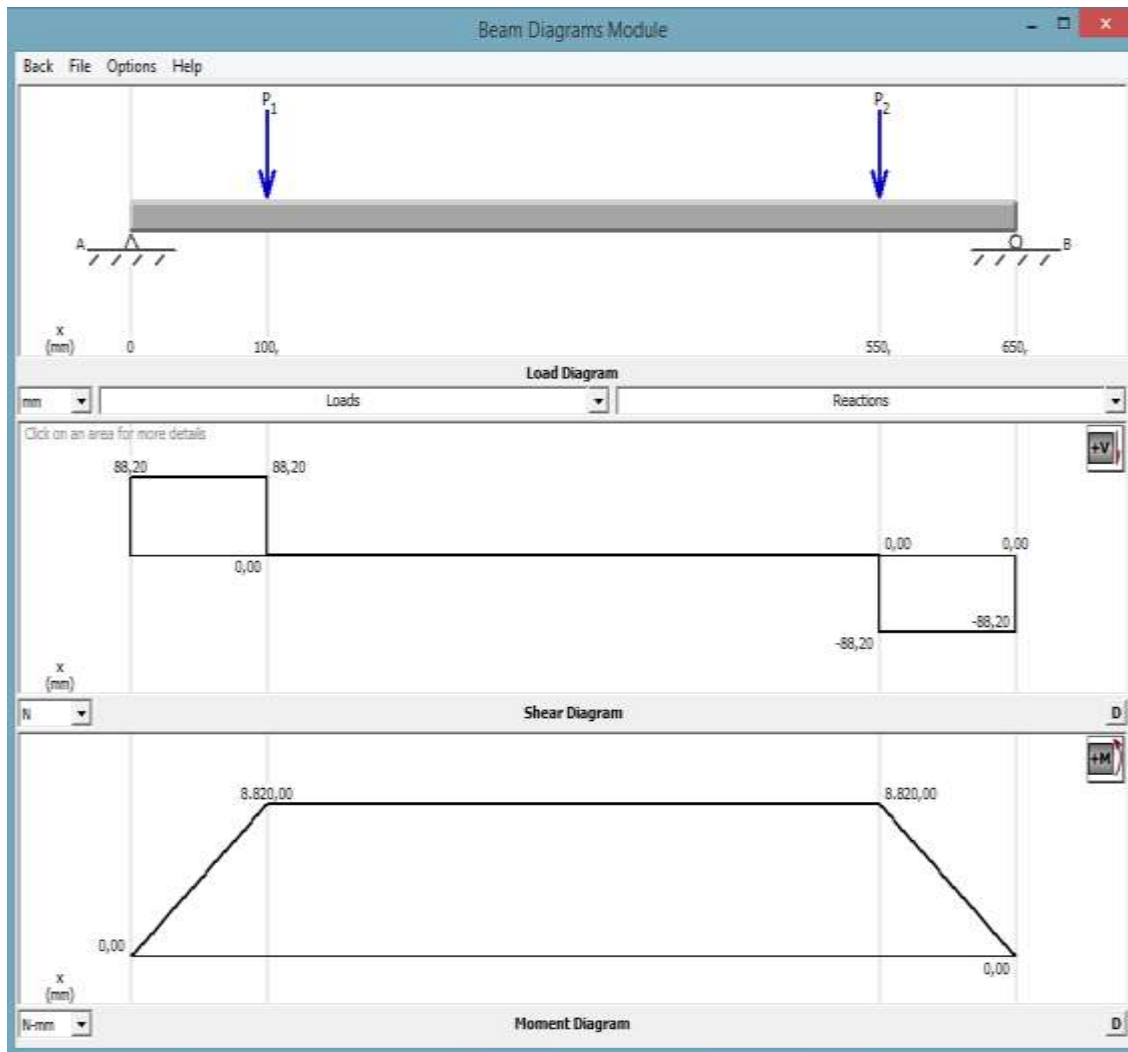


Figura 3.24 Diagrama corte y momento eje de soporte del sistema de arrastre

Debido a que existe torsión en el eje se calcula el torque dada por la siguiente ecuación:

$$\tau = F * d * \text{sen}\theta \quad (\text{Ec. 3.10})$$

Donde:

τ = Torque del eje (N-m)

F= Fuerza que ejerce el cilindro (N)

θ = 90° Máximo torque

Entonces:

$$\tau = 285,27 * 0,256 * \text{sen}90^\circ + 127,4N * 0,573 * \text{sen}90^\circ$$

$$\tau = 146Nm$$

El material del eje es de Acero Inoxidable 304, por lo que sus propiedades son:

$$S_y = 206 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$S_{ut} = 620 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

Ver Anexo 3, Tabla 2

Se calcula la resistencia a la fatiga real estimada con la ecuación 2.2:

$$S'_n = S_n * C_m * C_{st} * C_R * C_t$$

Donde:

$S_n = 32kpsi$; Resistencia a la fatiga modificada (Maquinado). Anexo 3, Tabla 3

$C_m = 0,8$; Factor de material. Anexo 3, Tabla 4

$C_{st} = 0,8$; Factor de tipo de esfuerzo. Anexo 3, Tabla 5

$C_R = 0,81$; Factor de confiabilidad (99%). Anexo 3, Tabla 6

$C_s = 0,99$; Factor de tamaño. Anexo 3, Tabla 7

Entonces:

$$S'_n = 32 * 0,8 * 0,8 * 0,81 * 0,99$$

$$S'_n = 16,42 kpsi = 113,21 Mpa$$

Se calcula los diámetros del eje con la ecuación 2.1.

Se consideró un factor de seguridad de 2. Véase Anexo 3, Tabla 18.

SECCIÓN A

En este punto se trasmite un par de torsión de 146N-m

Momento flexión $M=0$.

$$D = \left[\frac{32 * N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{Kt * M}{S'_n}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2 * 0}{113,21 * 10^6}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{146}{206 * 10^6}\right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0,023 = 23mm$$

SECCIÓN B

En este punto se coloca la palanca de arrastre, en el que se trasmite un par de torsión de 146 N-m.

Momento $M= 8820Nmm = 8,82$ N-m. Véase *figura 3.24*.

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2,5 * 8,82}{113,21 * 10^6}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{146}{206 * 10^6}\right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0,02357 = 24mm$$

SECCIÓN C

En este punto se coloca la palanca de arrastre, en el que se trasmite un par de torsión de 146 N-m.

Momento $M= 8330Nmm = 8,33$ N-m. Ver *figura 3.24*.

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2,5 * 8,82}{113,21 * 10^6}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{146}{206 * 10^6}\right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0,02357 = 24mm$$

SECCIÓN D

En este punto se trasmite un par de torsión de 146N-m.

Momento flexión $M=0$.

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2 * 0}{113,21 * 10^6} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{146}{206 * 10^6} \right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0,023 = 23mm$$

Tabla 3. 8

Diámetros del eje de soporte del sistema de arrastre.

SECCIÓN	DIÁMETRO MÍNIMO (mm)	DIÁMETRO ESPECIFICADO (mm)
A	23	24
B	23,5	24
C	23,5	24
D	23	24

3.5.2.2.1. Simulación del eje de soporte

A continuación se presenta el análisis de cargas del eje de soporte del sistema de arrastre que tiene 650 mm de longitud y punto de apoyo o restricción están a los extremos del eje y soporta un torque de 146 N-m, véase *figura 3.25*. El eje de soporte está construido en acero inoxidable 304.

Tabla 3. 9

Cargas aplicadas en el eje de soporte.

Cargas (N)	Dimensiones (mm)
88,2	100
88,2	550

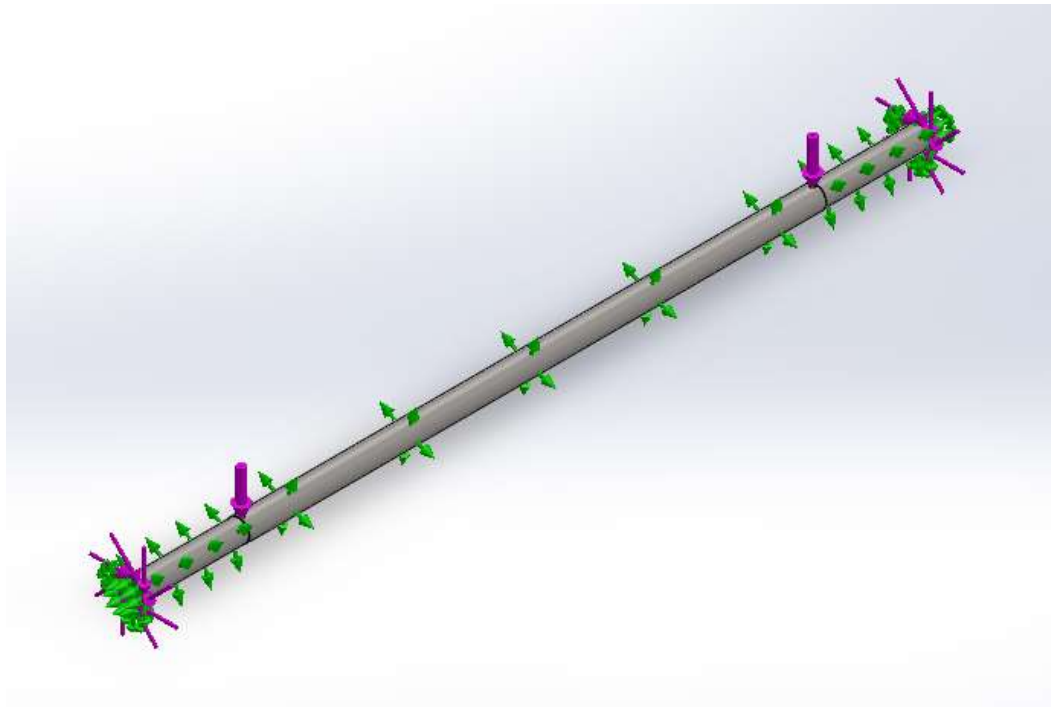


Figura 3.25 Cargas y restricciones del eje de soporte

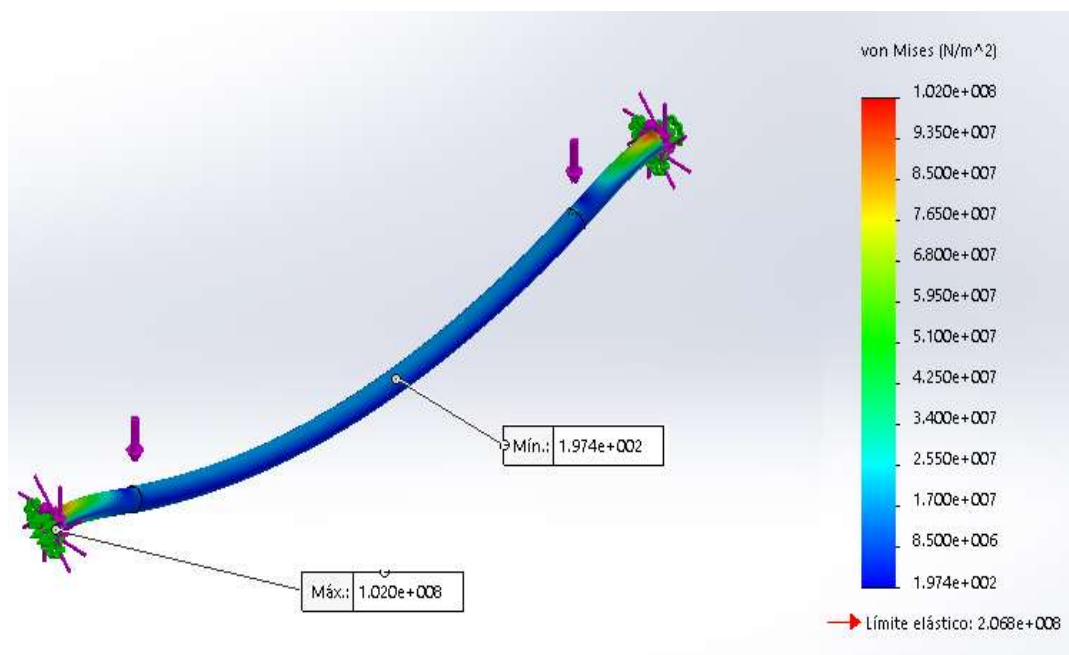


Figura 3.26 Simulación del límite elástico carga puntual y torsión del eje de soporte

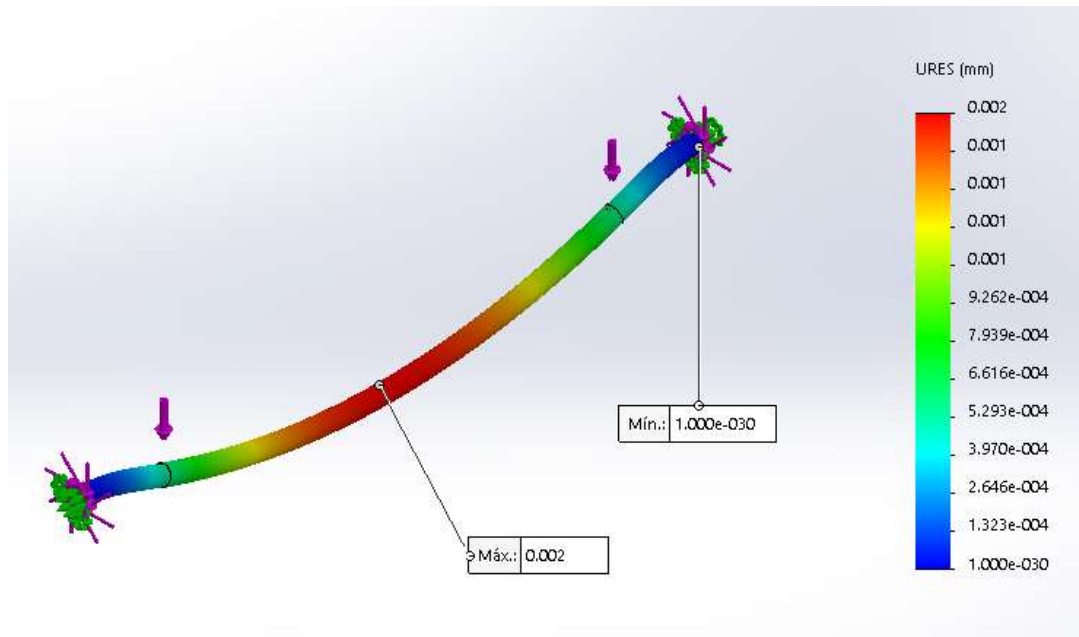


Figura 3.27 Simulación del desplazamiento del eje de soporte

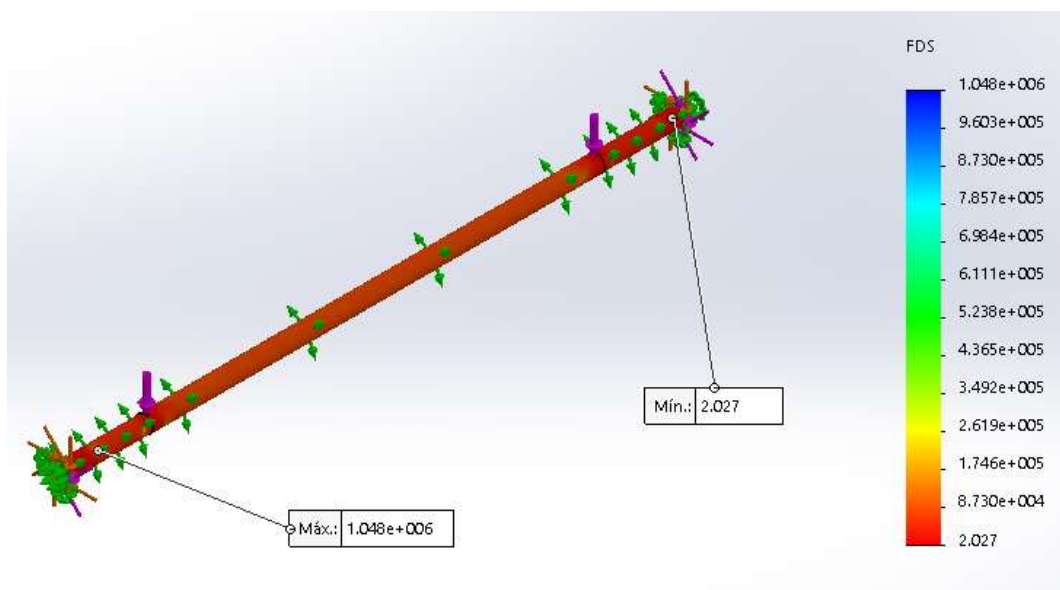


Figura 3.28 Simulación del factor de seguridad del eje de soporte

Una vez realizado el análisis de cargas haciendo uso de un software de simulación, se puede apreciar que los valores obtenidos del límite elástico es igual a 102 MPa, que se encuentra dentro del valor del material AISI 304, el factor de seguridad con un valor de 2 y deflexión máxima es de 0,002 mm.

Para el análisis de fatiga se consideró la cantidad de ciclos que genera las cargas durante un año, que es igual a 204400, se obtuvo como resultado un valor máximo del 24,06% de daño en el eje. Véase *figura 3.29*.

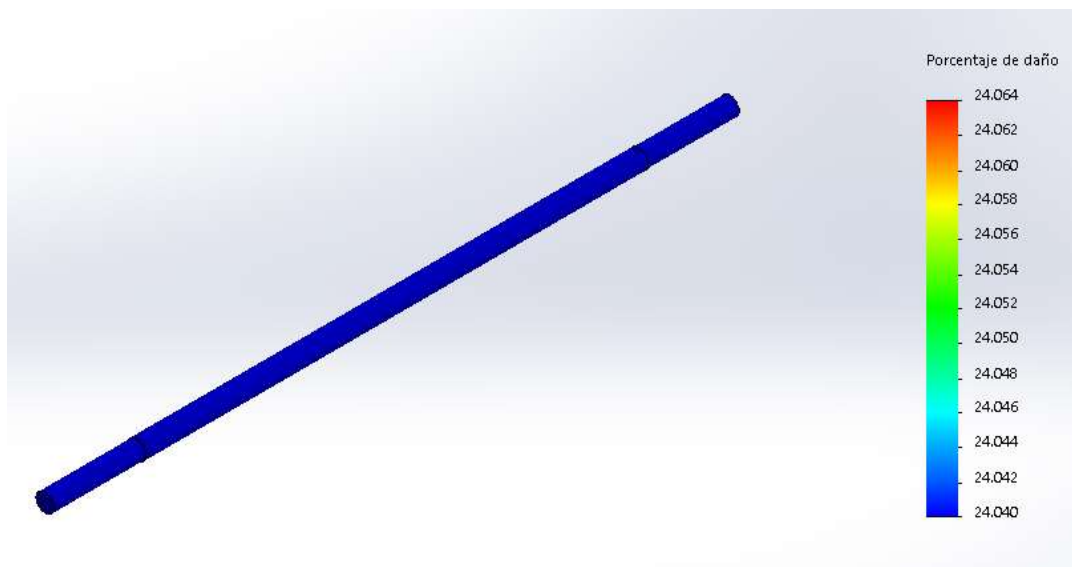


Figura 3. 29 Simulación de fatiga del eje de soporte

El análisis de elementos finitos se lo realiza en un rango de 10 a 2000 elementos, en la que se obtuvo una variación mínima en los resultados del factor de seguridad con un error porcentual del 0,8%, como se muestra en la *figura 3.30*, relacionada a la curva de convergencia del eje de soporte.

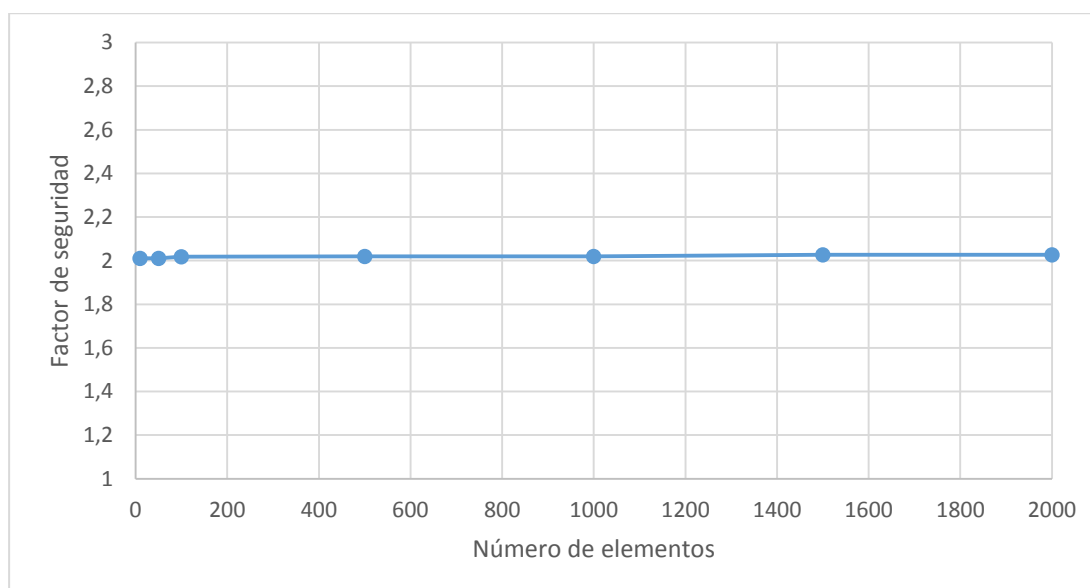


Figura 3. 30 Curva de convergencia del eje de soporte

Al realizar la simulación del eje de soporte con los diámetros mínimos, véase *tabla 3.8* y *figura 3.28* y los cálculos correspondientes *sección 3.5.2.2* se observa que la variación del factor de seguridad es mínima.

3.5.2.3. Cálculo del diámetro del embolo del cilindro

Para la elección del cilindro neumático se calcula el radio del embolo para que ejerza la fuerza necesaria para levantar el sistema de sellado horizontal por lo que se utiliza la ecuación 2.15.

Los cilindros neumáticos por lo general no funcionan al 100% por diferentes factores, por lo que se considera un rendimiento del 80% y una presión de 5 Kg-cm² basado en las restricciones de la microempresa antes mencionados.

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

$$F = \pi r^2 * P * \eta$$

$$r = \sqrt{\frac{F}{P * \pi * \eta}}$$

Donde:

P= Presión en (Kg-cm²)

F= Peso del sistema de sellado (Kg)

A= Área del embolo (cm²)

r= Radio del embolo (cm)

η = Rendimiento del cilindro neumático

Entonces:

$$r = \sqrt{\frac{29,12Kg}{5 \frac{Kg}{cm^2} * \pi * 0,80}}$$

$$r = 1,52 \text{ cm} = 15,2 \text{ mm}$$

El área que se requiere para ejercer la fuerza necesaria se calcula con la siguiente fórmula.

$$S = \pi r^2$$

$$S = \pi(15,2)^2 = 726 \text{ mm}^2$$

La diferencia de áreas es debido al área que ocupa el vástago en el émbolo ver figura 2.21.

El cilindro de 32mm no es admisible debido a que no cumple con el área requerida para ejercer la fuerza necesaria debido a que se le resta el área del vástago que es de 12 mm de diámetro por lo que se ha elegido un cilindro de 40mm. Ver Anexo 3, Tabla 17.

En el sistema de arrastre se colocó un contrapeso de 29 kg para que exista un equilibrio de fuerzas y se eligió el cilindro de 40mm.

Se toma en cuenta la velocidad de avance máxima que genera el cilindro neumático para el arrastre del material de empaque, este se calcula con la ecuación 2.17.

$$V = \frac{Q}{S}$$

Donde:

V=Velocidad del vástago (m/s)

Q= Caudal de aire (l/min)

S= Superficie de empuje (cm²)

El consumo de aire se obtiene mediante la ecuación 2.16.

$$Q = 2 * n * s * q$$

Donde:

Q= Consumo de aire (l/min)

n= N° de ciclos por minuto

s= carrera (cm)

q= Consumo específico de aire (l/cm)

La cantidad mínima a producir es de 70 fundas/hora por lo que:

$$\frac{60 \text{ min}}{70 \text{ fundas}} = 0,86 \frac{\text{min}}{\text{fundas}} * 60 \text{seg} = 51.6 \text{s} \approx 52 \text{s}$$

Por lo que el número de ciclos por minuto es de n=1

No se puede obtener un valor específico del número de ciclos por minuto de un cilindro neumático debido a que este valor varía dependiendo de la cantidad de presión que se

le suministre por lo que se consideró la cantidad de 25 ciclos por minuto basándose en las restricciones de la empresa para obtener la velocidad máxima. (Bernal, 2016)²⁹

$$\frac{1 \text{ min}}{25 \text{ ciclos}} = 0,04 \frac{\text{min}}{\text{fundas}} * 60 \text{seg} = 2,4 \text{ s}$$

El consumo específico se determina a partir del nomograma. Ver *Anexo 3, Tabla 16*. Con el valor de presión de trabajo y el diámetro del émbolo se localiza el punto de intersección de ambas líneas y se proyecta hacia el eje horizontal, consumo l/cm. Este valor se sustituye en la fórmula anterior y se calcula el consumo.

El consumo de aire $q= 0.065$ l/cm, ver *Anexo Tabla 16*, con 40mm de diámetro del embolo y presión de 5 bares basado en las restricciones de la empresa.

$$Q_{min} = 2 * 1 * 12,5 * 0,065 = 1,625 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$Q_{max} = 2 * 25 * 12,5 * 0,065 = 40,625 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Se calcula el área del embolo tanto de avance como de retroceso para posteriormente obtener las velocidades del cilindro.

$$S_{avance} = \pi(20 \text{ mm})^2 = 1256 \text{ cm}^2$$

$$S_{retroceso} = S_{avance} - A2$$

$$S_{retroceso} = 1256 \text{ mm}^2 - 226 \text{ mm}^2 = 1029 \text{ cm}^2$$

Donde:

$$S_{avance} = \text{Área del embolo de avance (mm}^2\text{)}$$

$$S_{retroceso} = \text{Área del embolo de retroceso (mm}^2\text{)}$$

$$A2 = \text{Área del vástago (mm}^2\text{)}$$

Con las áreas del embolo de avance y de retroceso se calcula la velocidad de máxima y mínima para obtener la velocidad angular.

$$V = \frac{Q_{min}}{S}$$

²⁹ <http://automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/GUIA%20NEUMATICA%205.pdf>

$$V = \frac{1,625 \text{ l/min}}{1256 \text{ mm}^2}$$

$$1,625 = 27083,33 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

$$V_{\text{avance-min}} = \frac{27083,33 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}}{1256 \text{ mm}^2}$$

$$V_{\text{avance-min}} = 21,56 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 0,02156 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{retroceso-min}} = \frac{27083,33 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}}{1054,9 \text{ mm}^2} = 25,67 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 0,0257 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V = \frac{Q_{\text{max}}}{S}$$

$$V = \frac{40,625 \text{ l/min}}{1256 \text{ mm}^2} = 677083,33 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

$$V_{\text{avance-max}} = \frac{677083,33 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}}{1256 \text{ mm}^2}$$

$$V_{\text{avance-max}} = 539,08 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 0,539 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_{\text{retroceso-max}} = \frac{677083,33 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}}{1054,9 \text{ mm}^2} = 641,85 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 0,64 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Se calcula la velocidad angular y la aceleración angular para el diseño del eje porta bobinas, la cual se obtiene con la siguiente ecuación:

Véase *Anexo3, Tabla 8*

$$w = \frac{V}{R_{\text{rollo}}} \quad (\text{Ec. 3.11})$$

Donde:

w= Velocidad angular (rad/s)

Rollo= Radio de bobina (mm)

Entonces:

$$w_{max} = \frac{539,08 \frac{mm}{s}}{125mm}$$

$$w_{max} = 4,31 \frac{rad}{s}$$

Se calcula la aceleración angular con el tiempo de 2,4 segundos calculado de los 25 ciclos por minuto máximos que puede hacer el cilindro de arrastre. Véase *Anexo 3, Tabla 8*.

$$\alpha_{bobina} = \frac{w_f - w_i}{t} \quad (Ec. 3.12)$$

Donde:

α_{bobina} = Aceleración angular de la bobina (rad/s²)

Entonces:

$$\alpha_{max-bobina} = \frac{4,31 \frac{rad}{s}}{2,4s} = 1,8 \frac{rad}{s^2}$$

3.5.2.4. Selección de rodamientos

Rodamiento A-B

En este punto soporta una carga radial, por lo que se emplea la *ecuación 2.6*.

El factor $V=1$, debido a que gira la pista interior del rodamiento.

$$F_e = V * F_r$$

$$F_r = R_1 = 83,3 N$$

$$F_e = 1 * 88,2N$$

$$F_e = P_d = 88,2N$$

La velocidad angular es de 4,31 rad/s= 41,16 rpm por lo que la el factor de velocidad f_N es de 0.94. Véase *figura 2.18*.

La vida útil se consideró por diseño un total de 30000 horas por lo que el factor por duración f_L es de 3.9. Véase *figura 2.18*.

Obteniendo dichos datos se calcula la capacidad de carga básica con la *ecuación 2.5*.

$$C = \frac{P_d * f_L}{f_N}$$

$$C = \frac{88,2 * 3,9}{0,94} = 341,04 \text{ N}$$

Dado la carga se seleccionó un rodamiento UC 204-12, C=13600N, Co=6600N. Ver *Anexo 3, Tabla 9*.

3.5.2.5. ELECCIÓN DE SENSOR

El sensor es el encargado de controlar la distancia de arrastre de la funda, dando una señal a las electroválvulas del cilindro de arrastre, las mordazas y el de corte, accionándolas de forma coordinada para el correcto funcionamiento.

Se eligió un sensor magnético CS1-B1, véase *Anexo 3, Tabla 10*, para detectar un imán que se encuentra en el rodamiento lineal, que esta paralelo a las mordazas.



Figura 3.31 Sistema de arrastre del material de empaque

3.5.3. SISTEMA DE GUIADO

El sistema de guido consta de un conjunto de rodillos guía y un regulador de tensión, que está formado por un rodillo móvil y un sistema de freno por banda. La función del rodillo móvil es permitir que el rollo de plástico gire cuando la banda de frenado libere la polea solidaria al eje del porta bobina.

3.5.3.1. Análisis de la F1 para transportar la lámina de polipropileno

La fuerza necesaria para transportar la fuerza plástica es la misma que se necesita para vencer la acción de freno de banda.

La fuerza que genere el pistón para elevar el mecanismo de elevación es la fuerza que se encargada de transportar la lámina de plástico, este se calcula con la *ecuación 2.15*.

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

$$F = P * A$$

Donde:

P= Presión en (kg- cm^2)

F= Fuerza que ejerce el cilindro (kgf)

A= Área del embolo en (cm^2)

Entonces:

$$F = 5,08kg/cm^2 * \pi * (2cm)^2$$

$$F = 51,27kgf \quad F = 502,446N$$

Calculo de la fuerza F para mover la bobina de polipropileno

Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$T = I * \alpha_{bobina} \quad (Ec. 3.13)$$

Donde:

T= Torque necesario para girar los elementos (N-m)

I= Inercia del elemento que se va a mover ($Kg-m^2$)

α_{bobina} = Aceleración angular de la bobina (rad/s^2)

Se calcula la masa de la bobina con la siguiente ecuación para posteriormente calcular la inercia.

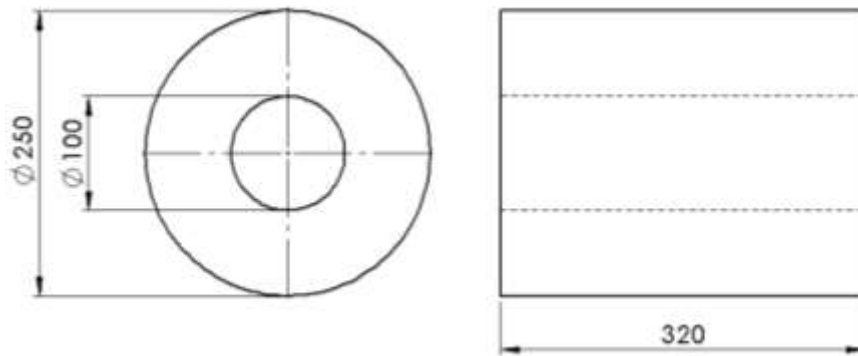


Figura 3.32 Dimensiones de la lámina de polipropileno

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Ec. 3.14})$$

$$m = \rho * v$$

$$m = \rho * \frac{\pi * (D^2 - d^2) * L}{4}$$

$$m = 946 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{\pi * ((0,250\text{m})^2 - (0,1\text{m})^2) * 0,32\text{m}}{4} = 12,48 \text{ Kg}$$

Se determina la inercia de la lámina de polipropileno con la siguiente ecuación:

Véase *Anexo, Tabla 1*.

$$I = \frac{m}{2} * (D^2 + d^2) \quad (\text{Ec. 3.15})$$

$$I = \frac{12,48 \text{ kg}}{2} * ((0,250\text{m})^2 + (0,1\text{m})^2)$$

$$I = 0,4524 \text{ kg} * \text{m}^2$$

Donde:

I= Inercia del elemento que se va a mover ($\text{Kg} \cdot \text{m}^2$)

m= masa del elemento a mover (kg)

ρ = Densidad del polipropileno ($\text{kg} \cdot \text{m}^3$) *Anexo 3, Tabla 11*.

v= volumen del elemento (m^3)

D= Diámetro mayor de la bobina (m)

d= Diámetro menor de la bobina (m)

L= Longitud de la bobina (m)

Se calcula la longitud de la lámina de polipropileno para posteriormente obtener la cantidad total de fundas.

$$L_t = \left(\frac{\pi}{4 \cdot h}\right) * [(D_f^2 - D_i^2)] \quad (Ec. 3.16)$$

$$L_t = \left(\frac{\pi}{4 * 0,018}\right) * [(25^2 - 10^2)]$$

$$L_t = 22907,45cm = 229m$$

Al obtener la longitud del rollo se dividió la altura máxima de la funda para determinar la cantidad de fundas que se obtendrá.

$$N_f = \frac{22907,45cm}{28cm}$$

$$N_f = 818$$

Donde:

L_t = Longitud del rollo de polipropileno (cm)

h = Espesor del material (cm)

D_f = Diámetro final del rollo (cm)

D_i = Diámetro del centro al borde donde empieza el material (cm)

N_f = Cantidad de fundas obtenidas por un rollo

Tabla 3.10

Inercia de los elementos del eje porta bobinas

Elemento	Inercia Kg m ²
Polea de freno – Eje porta bobinas	0,316
Bobina de polipropileno	0,4524
Conos de sujeción	0,02
Cono de bobina	0,017
Total	0,8

Con ayuda del software de simulación se obtuvo la inercia total la cual es de 0,8 kg m²

Teniendo los datos se reemplaza en la *ecuación 3.14*.

$$T = I * \alpha_{bobina}$$

$$F * R_{bobina} = I * \alpha_{bobina}$$

$$F = I * \frac{\alpha_{bobina}}{R_{bobina}}$$

$$F = \frac{0,8 \text{ kg m}^2 * 1,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}}{0,125\text{m}} = 11,52\text{N}$$

$$T = 0,8 \text{ kg m}^2 * 1,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$T = 1,44\text{Nm}$$

Calculo de la fuerza F3 banda de freno

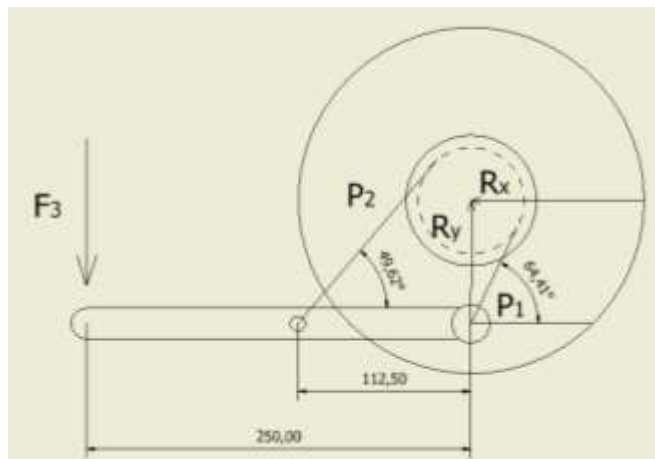


Figura 3.33 Diagrama de cuerpo libre freno de banda

$$\Sigma M_{P1} = 0$$

$$F_3 * 250\text{mm} = P_2 * 112,5\text{mm} * \text{sen } 49,62^\circ$$

$$P_2 = 2,92 * F_3$$

La tensión P_1 y P_2 están relacionadas en la *ecuación 2.9*.

$$P_1 = \frac{P_2}{e^{f*\theta}}$$

$$P_1 = \frac{2,92 * F_3}{e^{0,35*\pi \text{ rad}}} = 0,97 * F_3$$

Donde:

$\theta =$ Angulo total abarcado por la banda $180^\circ = \pi \text{ rad}$

$f =$ Coeficiente de rozamiento $f=0,35$

$F_3 =$ Fuerza aplicada en el sistema de frenado (N)

El torque calculado es de $1,44Nm$.

Donde el torque de frenado está dado por la *ecuación 2.8*:

$$T_f = (P_2 - P_1) * r$$

$$1,44Nm = (2,92 * F_3 - 0,97 * F_3) * 0,0345m$$

$$F_3 = 21,40N$$

$$P_1 = 0,97 * 21,40N = 20,76N$$

$$P_2 = 2,92 * 21,40 = 62,48N$$

Donde:

$T_f =$ Torque de frenado (Nm)

Para el frenado se utiliza una banda y una polea trapecial.

La presión máxima se determina mediante la *ecuación 2.11*.

$$P_2 = P_{max} * r * x$$

$$P_{max} = \frac{62,48N}{0,01m * 0,0345m}$$

$$P_{max} = 181,12 * 10^3 \frac{N}{m^2}$$

Donde:

$P_{max} =$ Presión máxima del material de fricción (N/m^2)

$x =$ Ancho de banda

$r =$ Radio de la polea

El peso del conjunto regulador de tensión (Palanca de freno, rodillo guía, ejes de separación) es aproximadamente 16,99 N por lo que hay la necesidad de colocar un contrapeso de 6,7 N para que la suma de estos pesos nos dé un valor aproximado a la F_3 .

Tabla 3.11

Peso total del conjunto regulador de tensión

ELEMENTO	MATERIAL	VOLUMEN	DENSIDAD	MASA
Palanca de freno	Acero inoxidable 304	64,175 cm ³	7,93 g/cm ³	0,50 kg *2= 1kg
Ejes de separación	Acero inoxidable 304	28,353cm ³	7,93 g/cm ³	0,223 kg*2=0,44g
Eje rodillo guía	Aluminio	53,174 cm ³	2,93 g/cm ³	0,144 kg
Eje contra peso	Acero inoxidable 304	86,528 cm ³	7,93 g/cm ³	0,633 kg
Peso total				2,217kg =21,7N

La fuerza de F2 se produce en el formador, en el ducto de alimentación y en el conjunto de rodillos guía. Por cuestiones de diseño este valor se consideró aproximadamente 15N.

$$F1 = F + F2 + F3$$

$$F1 = 11,52N + 15N + 21,40N$$

$$F1 = 47,92N$$

3.5.3.2. Diseño de eje de porta bobina

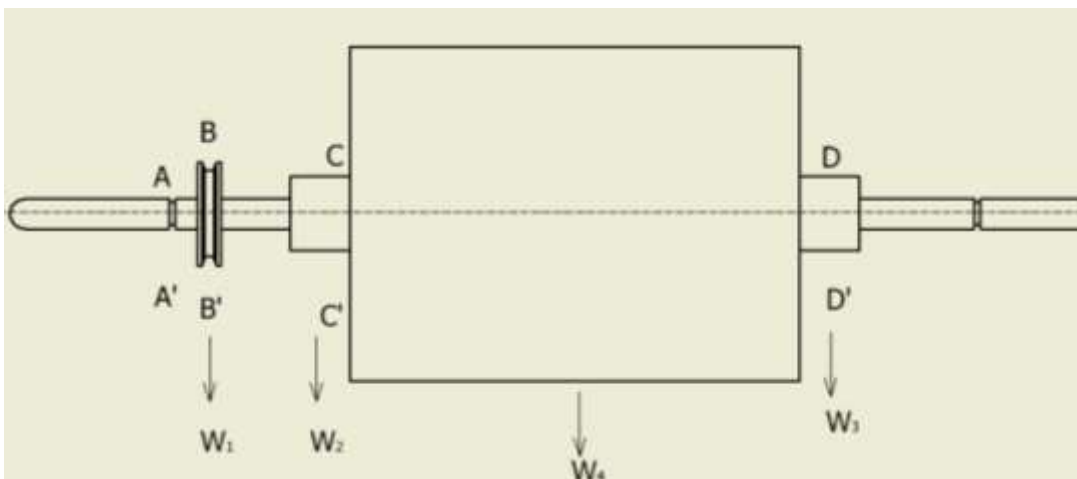
**Figura 3.34** Diagrama de cargas en el eje porta bobina

Tabla 3.12

Valores de cargas en el eje porta bobina

ELEMENTO	MATERIAL	VOLUMEN	DENSIDAD	MASA
Polea de freno	Aluminio	62,798 cm ³	2,71 g/cm ³	0,493 kg
Bobina de polipropileno	Polipropileno	13194,689 cm ³	0,899 g/cm ³	11,862 kg
Conos de sujeción	Aluminio	154,31 cm ³	2,71 g/cm ³	0,418Kg
Cono de bobina	Cartón	975,465 cm ³	0,550 g/cm ³	0,537 kg

$$W_1 = 0,493 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

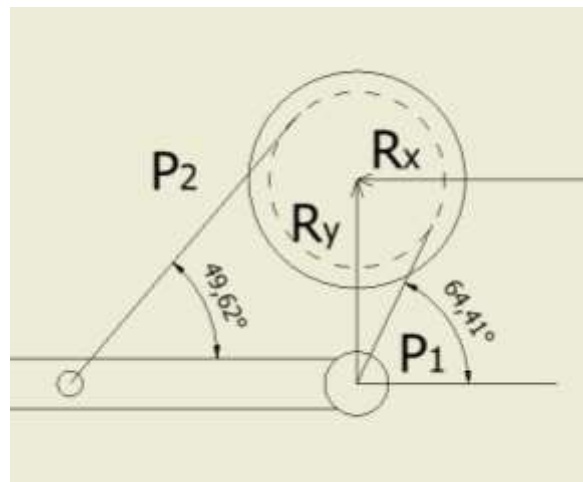
$$W_1 = 4,83 \text{ N (Peso de polea de freno)}$$

$$W_2 = W_3 = 0,418 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4.1 \text{ (Peso de conos de sujeción)}$$

$$W_4 = 12,48 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_4 = 122,30 \text{ N (Peso de la bobina de polipropileno)}$$

$$F_2 = F_3 = \frac{W_4}{2} = \frac{122,30 \text{ N}}{2} = 61 \text{ N}$$

**Figura 3.35** Diagrama de cuerpo libre freno de polea

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_x = P_1 * \cos 64,41^\circ + P_2 * \cos 49,62^\circ$$

$$R_x = 20,76 N * \cos 64,41^\circ + 62,48 N * \cos 49,62^\circ = 49,44 N$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y = P_1 * \sin 64,41^\circ + P_2 * \sin 49,62^\circ$$

$$R_y = 20,76 N * \sin 64,41^\circ + 62,48 N * \sin 49,62^\circ = 66,31 N$$

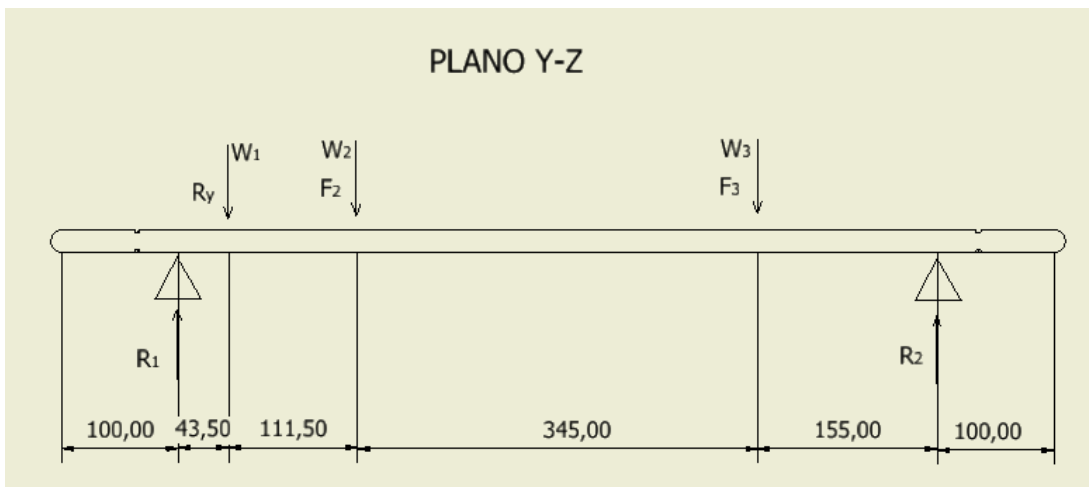


Figura 3.36 Diagrama de cuerpo libre plano Y-Z

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = W_1 + R_y + W_2 + F_2 + W_3 + F_3$$

$$R_1 + R_2 = 4,83 N + 66,31 N + 4,0964 N + 61 N + 4,0964 N + 61 N$$

$$R_1 + R_2 = 201,33 N$$

$$\Sigma M_{R_1} = 0$$

$$(W_1 + R_y) * 43,5 mm + (W_2 + F_2) * 155 mm + (W_3 + F_3) * 500 mm \\ = R_2 * 655 mm$$

$$(4,83 N + 66,31 N) * 43,5 mm + (4,0964 N + 61 N) * 155 mm + (4,0964 N \\ + 61 N) * 500 mm = R_2 * 655 mm$$

$$3094,6Nmm + 10089,94Nmm + 32548,2Nmm = R_2 * 655mm$$

$$R_2 = 69,82N$$

$$R_1 = 201,33N - R_2$$

$$R_1 = 201,33N - 69,82N = 131,5N$$

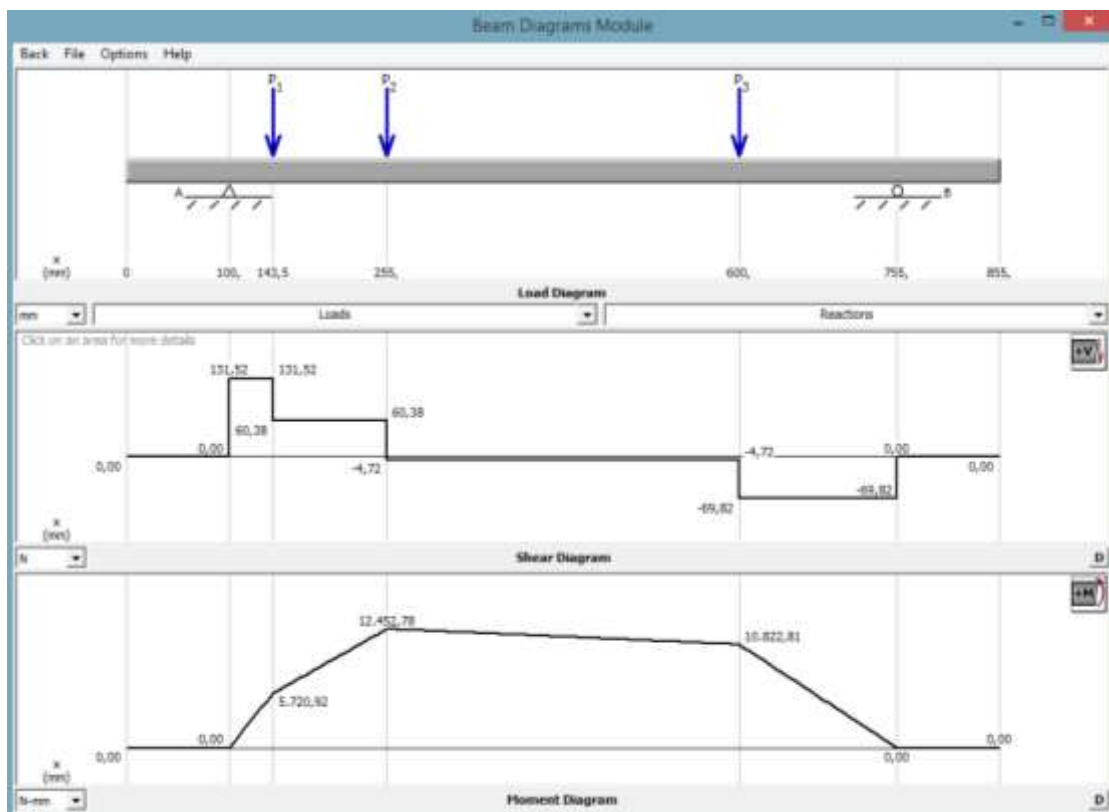


Figura 3.37 Diagrama de corte y momento plano Y-Z



Figura 3.38 Diagrama de cuerpo libre plano X-Z

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_3 + R_4 = R_x$$

$$R_3 + R_4 = 49,44 \text{ N}$$

$$\Sigma M_{R_1} = 0$$

$$R_x * 43,5 \text{ mm} = R_4 * 655 \text{ mm}$$

$$49,44 \text{ N} * 43,5 \text{ mm} = R_4 * 655 \text{ mm}$$

$$R_4 = 3,28 \text{ N}$$

$$R_3 = 49,44 \text{ N} - R_4$$

$$R_3 = 49,44 \text{ N} - 3,28 \text{ N} = 46,16 \text{ N}$$

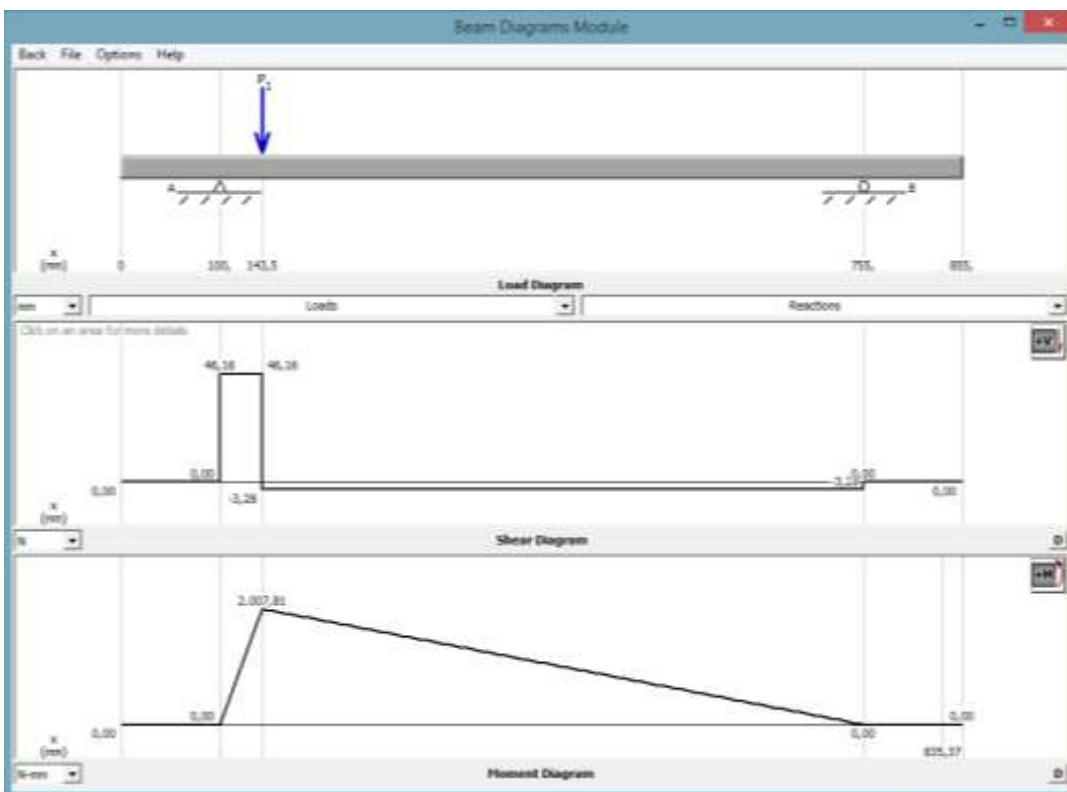


Figura 3.39 Diagrama de corte y momento plano X-Z

El material del eje es de Acero 1018 por lo que sus propiedades son:

$$S_y = 32 \text{ ksi} = 220 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$S_{ut}=58\text{Ksi}= 400*10^6 \frac{N}{m^2}$$

Ver Anexo 3, Tabla 12.

Se calcula la resistencia a la fatiga real estimada con la ecuación 2.2:

$$S'_n = S_n * C_m * C_{st} * C_R * C_t$$

Donde:

$S_n = 20\text{ksi}$; Resistencia a la fatiga modificada (Maquinado) Ver Anexo 3, Tabla 3.

$C_m = 0,8$; Factor de material. Ver Anexo 3, Tabla 4.

$C_{st} = 0,8$; Factor de tipo de esfuerzo. Ver Anexo 3, Tabla 5.

$C_R = 0,81$; Factor de confiabilidad (99%). Ver Anexo 3, Tabla 6.

$C_t = 0,99$; Factor de tamaño. Ver Anexo 3, Tabla 7.

Entonces:

$$S'_n = 20 * 0,8 * 0,8 * 0,81 * 0,99$$

$$S'_n = 10,26 \text{ kpsi}$$

$$S'_n = 10,26 * 10^3 \frac{lb}{pul^2} * \frac{4,5N}{1lb} * \frac{pul^2}{0,0254^2 m^2}$$

$$S'_n = 72 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

Se calcula los diámetros del eje con la ecuación 2.1.

Se consideró un factor de seguridad adecuado de 2. Véase Anexo 3, Tabla 18.

SECCIÓN A

En este punto se transmite un par de torsión de 2 N-m.

A la derecha existe un cambio de sección, por ende existe un chaflán agudo donde $kt=2,5$.

En el plano Y-Z el momento $M= 0$ Nmm.

En el plano X-Z el momento $M= 0$ Nmm.

Dados los datos se calcula el diámetro mínimo en la sección crítica.

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{Kt * M}{S'_n}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2,5 * 0}{72 * 10^6}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{2}{220 * 10^6}\right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0,00929 = 9,29mm$$

SECCIÓN B

En este punto se coloca el freno de banda y se transmite un par de torsión de 2 N-m.

En el plano Y-Z el momento $M = 5720,92 \text{ Nmm} = 5,72 \text{ Nm}$. Ver *figura 3.37*.

En el plano X-Z el momento $M = 2007,81 \text{ Nmm} = 2,01 \text{ Nm}$ Ver *figura 3.39*.

$K_t = 1,6$ por el cuñero de trineo.

Donde el momento de flexión está dada por la siguiente formula:

$$M_B = \sqrt{5,72^2 + 2,01^2}$$

$$M_B = 6,06 \text{ Nm}$$

Dados los datos se calcula el diámetro.

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1,6 * 6,1}{72 * 10^6}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{2}{220 * 10^6}\right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0,014 = 14mm$$

SECCIÓN C

En este punto se coloca el cono de sujeción de la bobina y se transmite un par de torsión de 2 N-m.

En el plano Y-Z el momento $M = 12452,78 \text{ Nmm} = 12,45 \text{ Nm}$. Ver *figura 3.37*.

En el plano X-Z el momento $M = 1641,71 \text{ Nmm} = 1,64 \text{ Nm}$. Ver *figura 3.39*.

$K_t = 1$ Debido a que existe agujeros transversales para fijar el cono de sujeción.

$$M_C = \sqrt{12,45^2 + 1,64^2}$$

$$M_C = 12,55 \text{ Nm}$$

Dados los datos se calcula el diámetro.

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1 * 12,55}{72 * 10^6}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{2}{220 * 10^6}\right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0,015 = 15mm$$

SECCIÓN D

En este punto se coloca el cono de sujeción de la bobina y se transmite un par de torsión de 2 N-m.

En el plano Y-Z el momento $M = 10822,81 \text{ Nmm} = 10,82 \text{ Nm}$. Ver figura 3.37.

En el plano X-Z el momento $M = 508,93 \text{ Nmm} = 0,51 \text{ Nm}$. Ver figura 3.39.

$K_t = 1$ Debido a que existe agujeros transversales para fijar el cono de sujeción.

$$M_D = \sqrt{10,82^2 + 0,51^2}$$

$$M_D = 10,83 \text{ Nm}$$

Dados los datos se calcula el diámetro.

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{1 * 10,83}{72 * 10^6}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{2}{210 * 10^6}\right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0,0145 = 14,5mm$$

SECCIÓN E

En este punto se transmite un par de torsión de 2 N-m.

$K_t = 2,5$.

En el plano Y-Z el momento $M = 0 \text{ Nmm}$.

En el plano X-Z el momento $M = 0 \text{ Nmm}$.

Dados los datos se calcula el diámetro mínimo en la sección crítica.

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{2,5 * 0}{72 * 10^6 \frac{N}{m^2}}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{2}{220 * 10^6 \frac{N}{m^2}}\right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0,00929m = 9,29mm$$

Como se puede observar el diámetro del eje oscila entre 9 y 15 mm, por cuestiones de geometría con la máquina, el diámetro interno que tiene la bobina y los conos de sujeción para la misma, se ha aumentado 10 mm a los diámetros.

Tabla 3.13

Diámetros del eje porta bobina

SECCIÓN	DIÁMETRO MÍNIMO (mm)	DIÁMETRO ESPECIFICADO (mm)
A	9,29	20
B	14	25
C	15	25
D	14,8	25
E	9,29	20

3.5.3.2.1. Análisis del eje porta bobina

A continuación se presenta el análisis de cargas del eje porta bobina que tiene 855 mm de longitud donde los puntos de apoyo o restricción están a 100 mm y a 755 del eje y, véase *figura 3.40*. El eje porta bobina está construido en acero inoxidable 304.

Tabla 3. 14

Cargas aplicadas en el eje porta bobina

Cargas (N)	Dimensiones (mm)
4,83	143,5
65,25	255
65,25	600

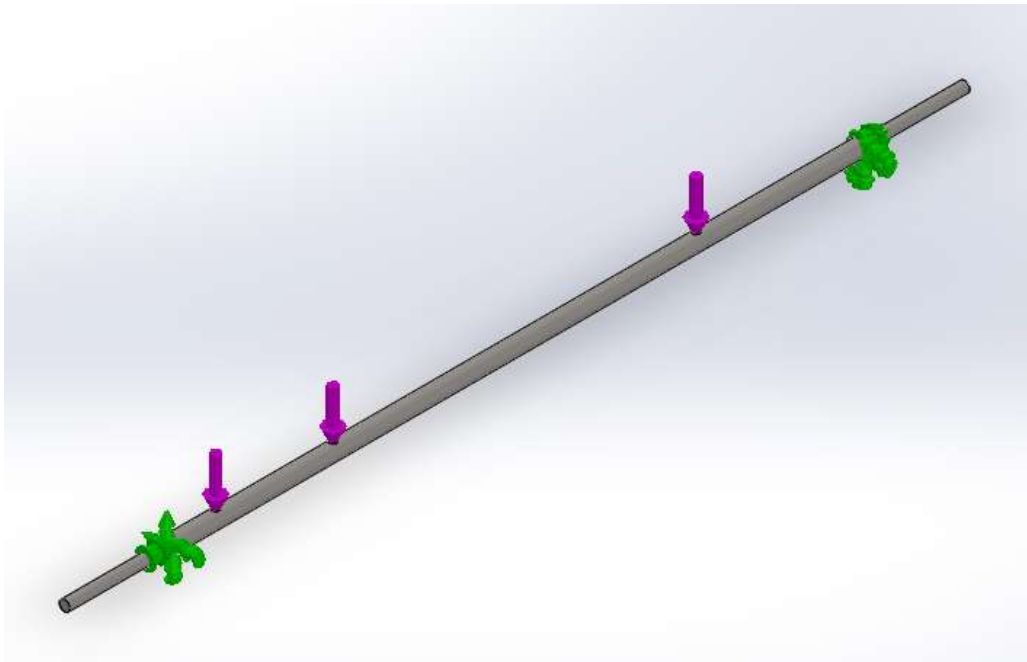


Figura 3.40 Cargas y restricciones del eje porta bobina

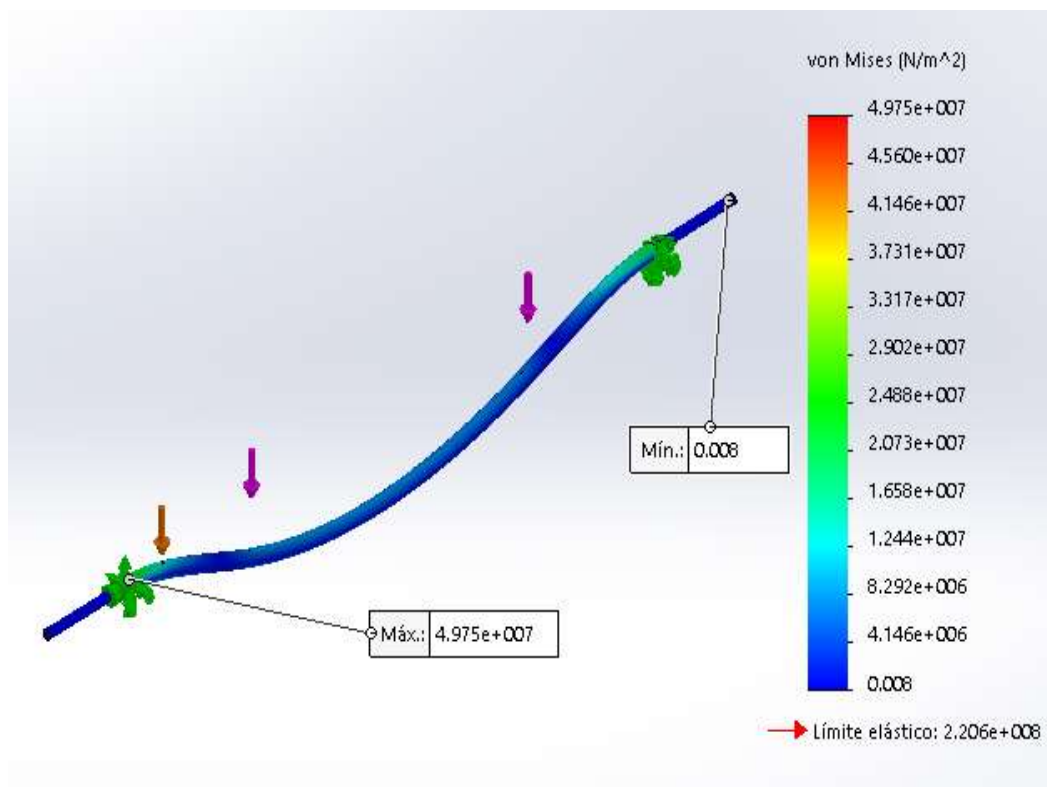


Figura 3.41 Simulación del límite elástico del eje porta bobina

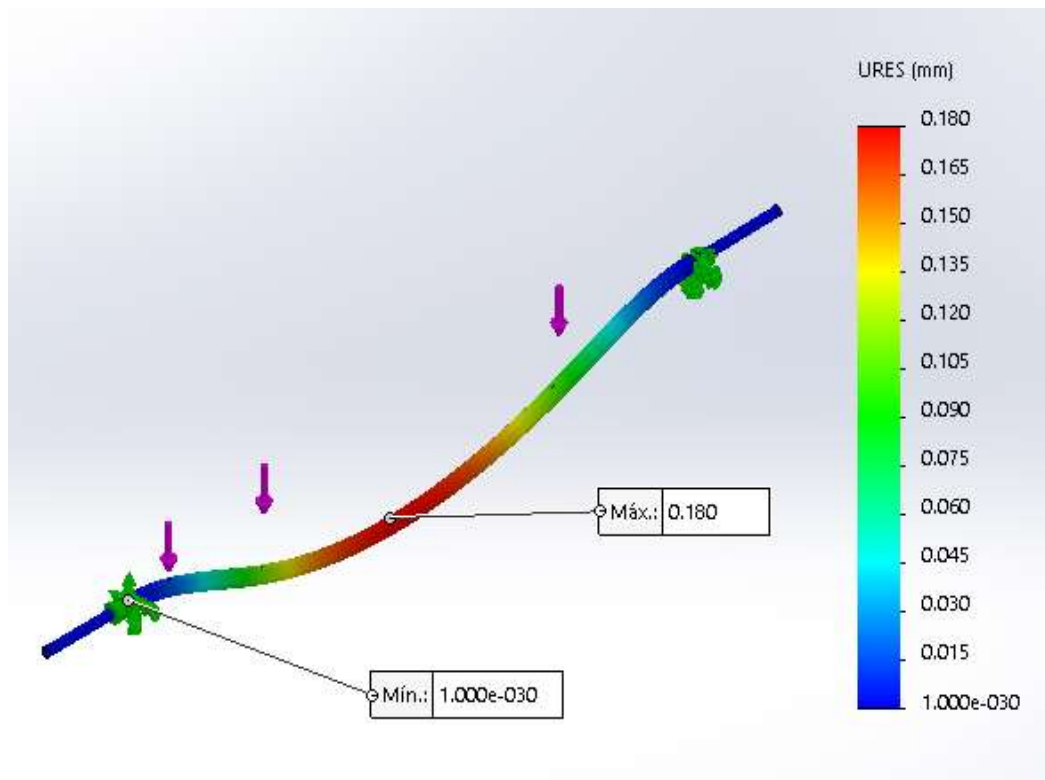


Figura 3.42 Simulación del desplazamiento del eje porta bobina

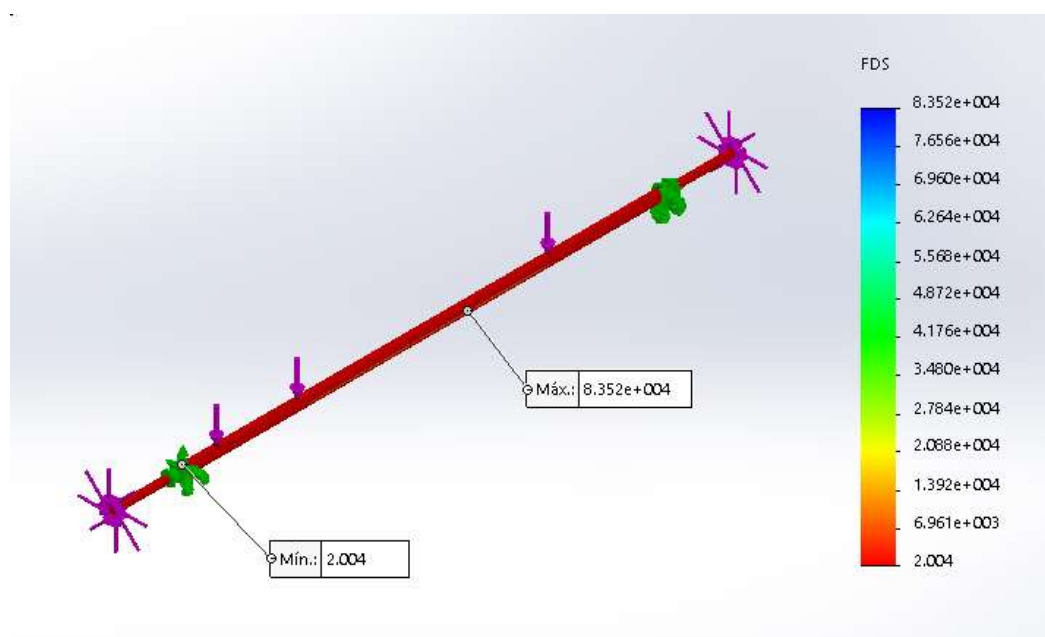


Figura 3.43 Simulación del factor de seguridad del eje porta bobina

Una vez realizado el análisis de cargas haciendo uso de un software de simulación, se puede apreciar que los valores obtenidos del límite elástico es igual a 49 MPa, que se encuentra dentro del valor del material AISI 304, el factor de seguridad con un valor de 2 y deflexión máxima es de 0,18 mm.

Para el análisis de fatiga se consideró la cantidad de ciclos que genera las cargas durante un año, que ese igual a 204400, se obtuvo como resultado un valor máximo de 20,46% de daño en el eje. Véase *figura 3.44*.

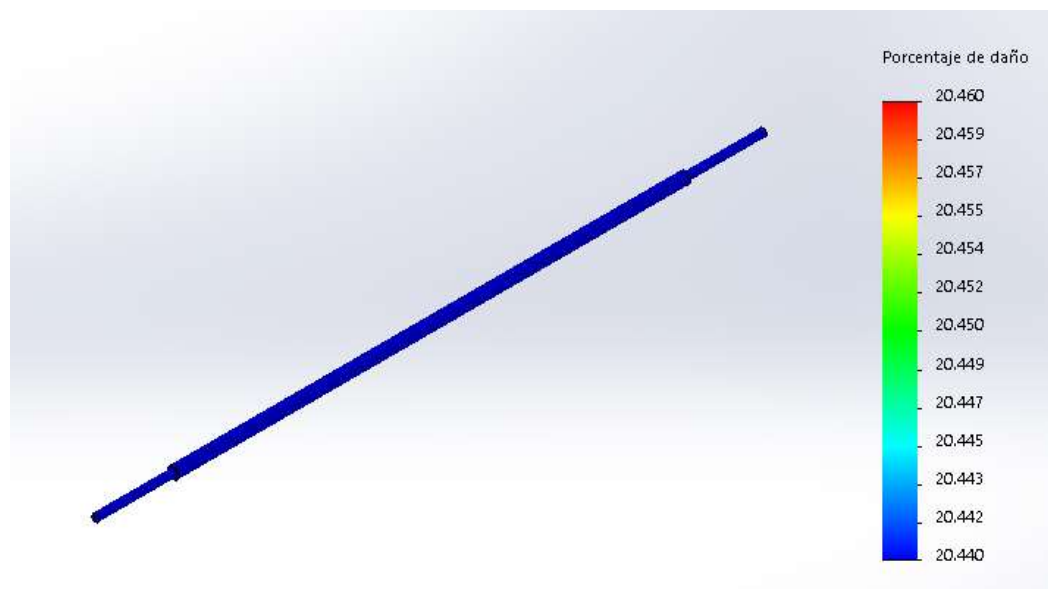


Figura 3. 44 Simulación de fatiga del eje porta bobina

El análisis de elementos finitos se lo realiza en un rango de 10 a 2000 elementos, en la que se obtuvo una variación mínima en los resultados del factor de seguridad con un error porcentual del 0,35%, como se muestra en la *figura 3.45*, relacionada a la curva de convergencia del eje porta bobina.

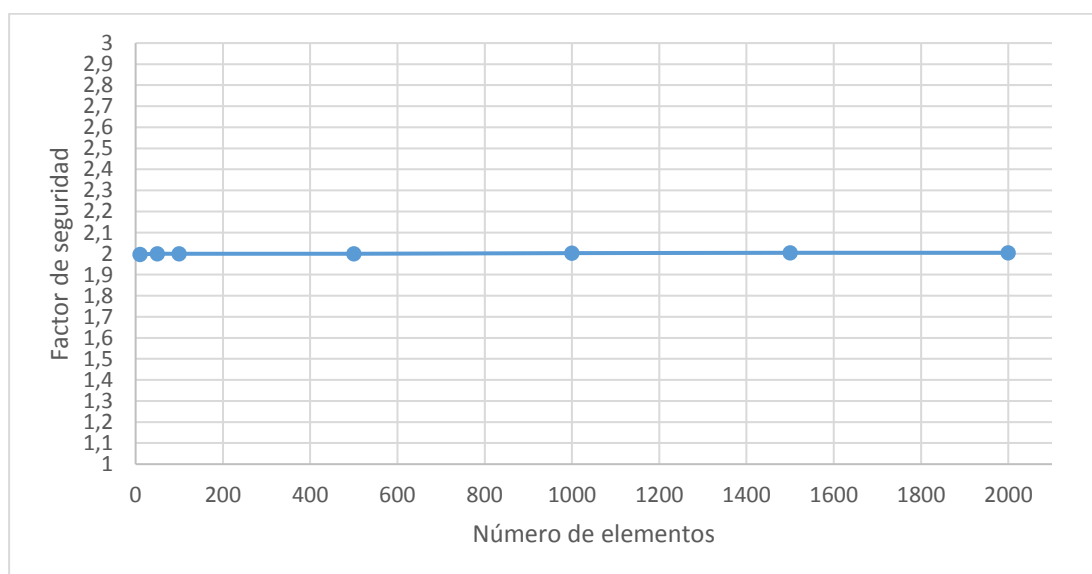


Figura 3. 45 Curva de convergencia del eje porta bobina.

Al realizar la simulación del eje de porta bobina con los diámetros mínimos, véase *tabla 3.13* y *figura 3.43* y los cálculos correspondientes *sección 3.5.3.2* se observa que la variación del factor de seguridad es mínima.

3.5.3.3. Selección de rodamientos

Rodamiento C-D

En este punto soporta una carga radial $R_1=131,5$, por lo que se emplea la *ecuación 2.6*.

Debido a que la carga R_1 se apoya sobre dos rodamientos se divide la carga.

El factor $V= 1,2$ debido a que gira la pista exterior del rodamiento.

$$F_e = V * F_r$$

$$F_r = R_1 = 65,75 N$$

$$F_e = 1,2 * 65,75N$$

$$F_e = P_d = 78,9N$$

La velocidad angular es de $4,31 \text{ rad/s} = 41.16 \text{ rpm}$ por lo que la el factor de velocidad f_N es de 0.94 . Véase *figura 2.18*.

La vida útil se consideró por diseño un total de 30000 horas por lo que el factor por duración f_L es de 3.9 . Véase *figura 2.18*.

Obteniendo dichos datos se calcula la capacidad de carga básica con la *ecuación 2.5*.

$$C = \frac{P_d * f_L}{f_N}$$

$$C = \frac{78,9 * 3,9}{0,94} = 327,35 N$$

Dado la carga se seleccionó un rodamiento $6200-2RS-C3 \text{ FAG}$, $C=6300N$, $Co=2600N$. Ver *Anexo, Tabla 13*.

Rodamiento E-F

En este punto soporta una carga radial $R_2=69,82$, por lo que se emplea la *ecuación 2.6*.

Debido a que la carga R_2 se apoya sobre dos rodamientos se divide la carga.

El factor $V= 1,2$ debido a que gira la pista exterior del rodamiento.

$$F_e = V * F_r$$

$$F_r = R_2 = 34,91 N$$

$$F_e = 1,2 * 34,91 N$$

$$F_e = P_d = 41,89 N$$

La velocidad angular es de 4,31 rad/s=41.16 rpm por lo que el factor de velocidad f_N es de 0.94. Véase *figura 2.18*.

La vida útil se consideró por diseño un total de 30000 horas por lo que el factor por duración f_L es de 3.9. Véase *figura 2.18*.

Obteniendo dichos datos se calcula la capacidad de carga básica con la *ecuación 2.5*.

$$C = \frac{P_d * f_L}{f_N}$$

$$C = \frac{41,89 * 3,9}{0,94} = 173,8 N$$

Dado la carga se seleccionó un rodamiento 6200-2RS-C3 FAG, C=6300N, Co=2600N. Ver *Anexo, Tabla 13*.

3.5.3.4. Diseño del soporte del sistema de frenado.

El porta bobina está apoyada sobre los rodamientos (C-D, E-F) los que a su vez están atornillados a una placa soldada a la estructura de la máquina.

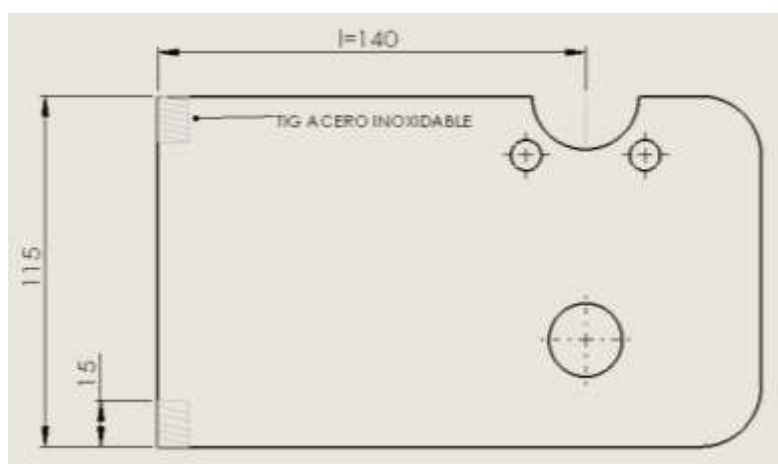


Figura 3.46 Dimensiones del soporte del sistema de frenado

Las propiedades de las soldaduras de filete a flexión, están dadas por la siguiente ecuación, véase *Anexo 3, Tabla 14*:

$$A = 0,707 * h * d \quad (Ec. 3.17)$$

Suponiendo que el ancho de suelda es de $h=4\text{mm}$

$$A = 0,707 * 4\text{mm} * 15\text{mm} = 42,42 \text{ mm}^2$$

Donde:

A = Área de soldadura (mm^2)

h = Ancho de suelda o cateto (mm)

d = Longitud de cordón de suelda (mm)

$$J_u = \frac{d^3}{12} \quad (\text{Ec. 3.18})$$

$$J_u = \frac{15^3}{12} = 281,25 \text{ mm}^3$$

Donde:

J_u = Segundo momento unitario del área (mm^3)

$$J = 0,707 * h * J_u$$

$$J = 0,707 * 4\text{mm} * 281,25 \text{ mm}^3 = 795,37 \text{ mm}^4$$

Donde:

J = Segundo momento del área (mm^4)

Para el cálculo del cortante primario *ecuación 2.12*, se necesitó el peso aproximado del sistema de freno equivalente a $17,57\text{kg} = 172,19 \text{ N}$, el que se obtuvo con la ayuda del software de simulación.

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (\text{Ec. 3.19})$$

$$V = \frac{W_F}{2}$$

$$V = \frac{172,19 \text{ N}}{2} = 86,1\text{N}$$

$$\tau' = \frac{86,1\text{N}}{42,42\text{mm}^2} = 2,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Donde:

τ' = Cortante primario ($\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$)

V = Fuerza cortante (N)

W_F = Peso del Sistema de frenado (N)

A = Área de soldadura (mm^2)

Para el cálculo de cortante secundario se utilizó la *ecuación 2.13*:

$$\tau'' = \frac{Mr}{J}$$

$$\tau'' = \frac{V * l * \frac{d}{2}}{J}$$

$$\tau'' = \frac{86,1N * 140mm * \frac{10mm}{2}}{795,37mm^4} = 75,78 \frac{N}{mm^2}$$

Donde:

τ'' = Cortante secundario ($\frac{N}{mm^2}$)

M = Momento en relación de la fuerza (N)

r = Distancia desde el centroide del grupo de soldaduras hasta el punto en la soldadura de interés (mm)

J = Distancia respecto a la Fuerza (mm^4)

Dado los valores del cortante primario y secundario se obtienen el esfuerzo resultante cortante con la *ecuación 2.14*:

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2}$$

$$\tau = \sqrt{\left(2,03 \frac{N}{mm^2}\right)^2 + \left(75,78 \frac{N}{mm^2}\right)^2} = 75,80 \frac{N}{mm^2}$$

Se determina el factor de seguridad con la *ecuación 2.3* aplicando las propiedades mecánicas de la soldadura TIG. Véase *Anexo 3, Tabla 15*:

S_y = Limite elástico, Fluencia 450Mpa

S_{ut} =Resistencia a la tensión, Resistencia 620Mpa

$$N = \frac{S_y}{\tau}$$

$$N = \frac{450Mpa}{75,78Mpa} = 5,9$$

El factor de seguridad es elevado lo cual nos demuestra que la probabilidad de que falle el material es bastante reducido.

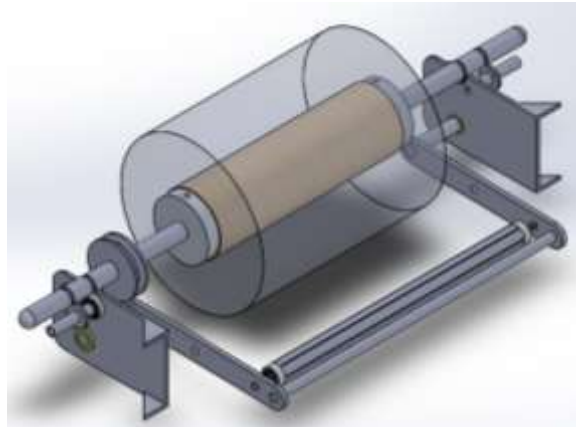


Figura 3.47 Sistema de guiado del material de empaque

3.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA MÁQUINA EMPACADORA

A continuación se presenta el análisis de cargas de la estructura que servirá de soporte de los diferentes sistemas que se acoplarán para realizar la máquina empacadora de snacks. La estructura se la realiza en acero inoxidable AISI 304, para un tubo cuadrado de 1 ½ pulgadas.^{30 31}

Tabla 3. 15

Cargas aplicadas en la estructura.

CARGAS APLICADAS EN LA ESTRUCTURA	
Elemento	Carga (N)
Carga 1 (Sistema de dosificación)	240.1
Carga 2 (Sistema de formado)	88.2
Carga 3 (Sistema de arrastre de funda)	460.6

Fuente: (Aguirre Acosta, 2017), (Antamba, 2017)

³⁰ Aguirre, F (2017). Sistema de dosificación para una máquina empacadora de snacks. Universidad Técnica del Norte, Ibarra

³¹ Antamba, J (2017). Sistema de sellado horizontal y vertical de funda para una máquina empacadora de snacks. Universidad Técnica del Norte, Ibarra

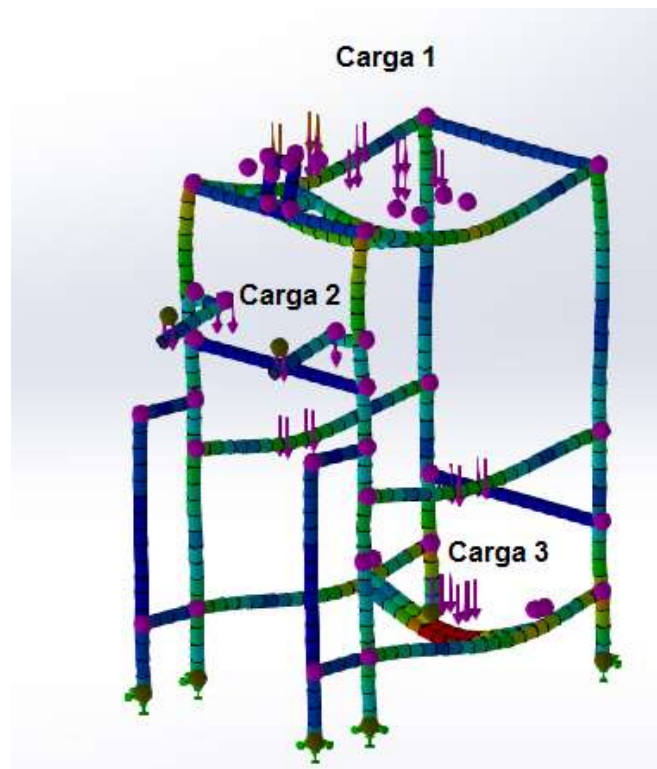


Figura 3.48 Cargas aplicadas en la estructura

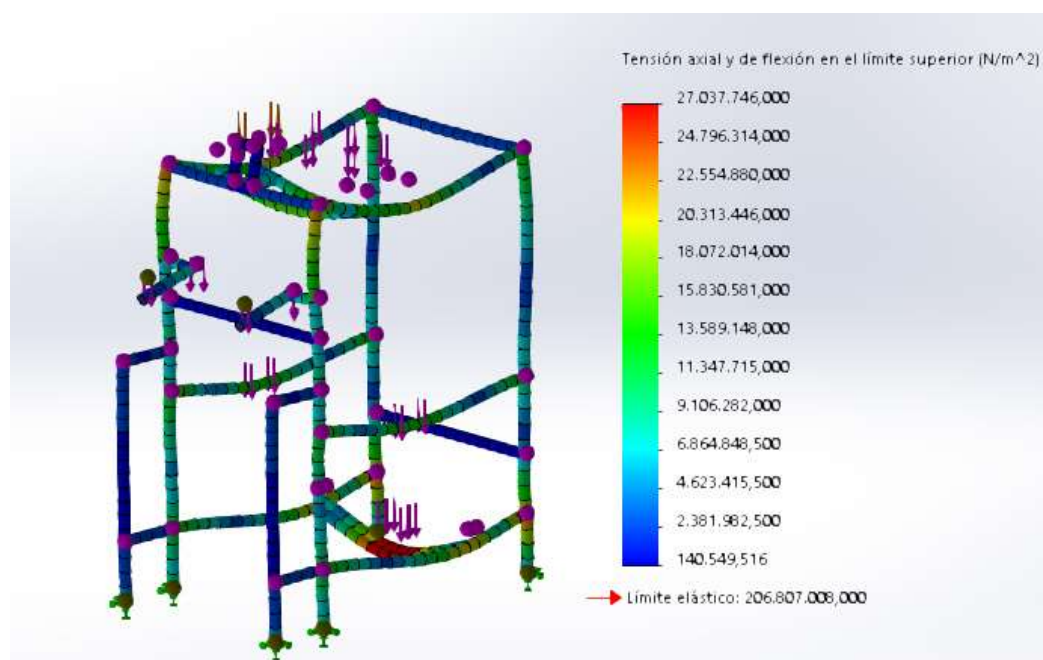


Figura 3.49 Simulación del límite elástico de la estructura

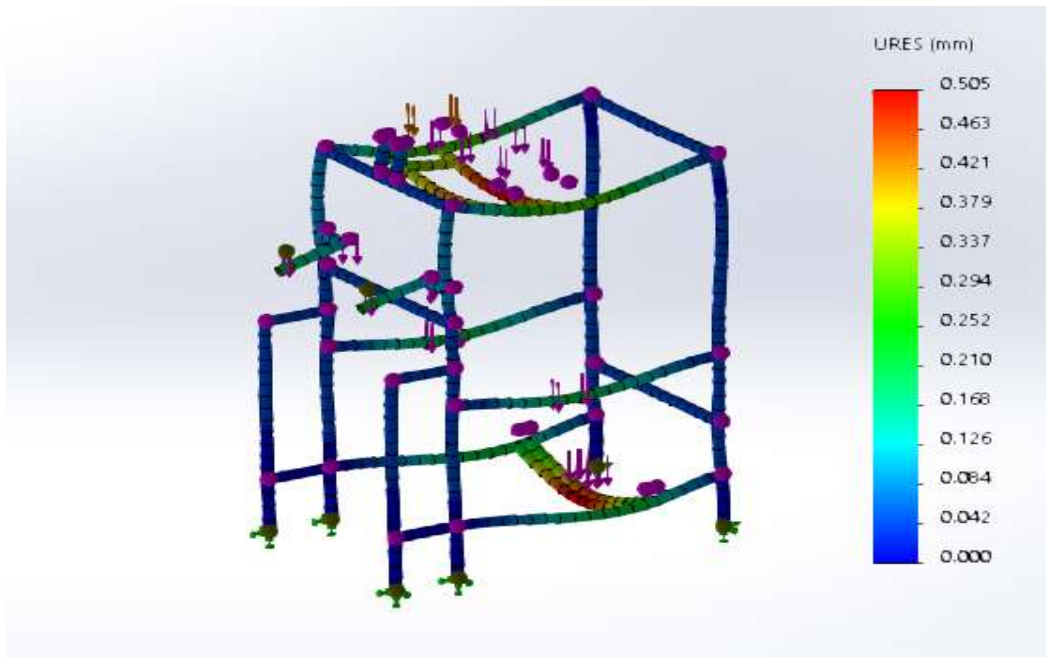


Figura 3.50 Simulación del desplazamiento de la estructura

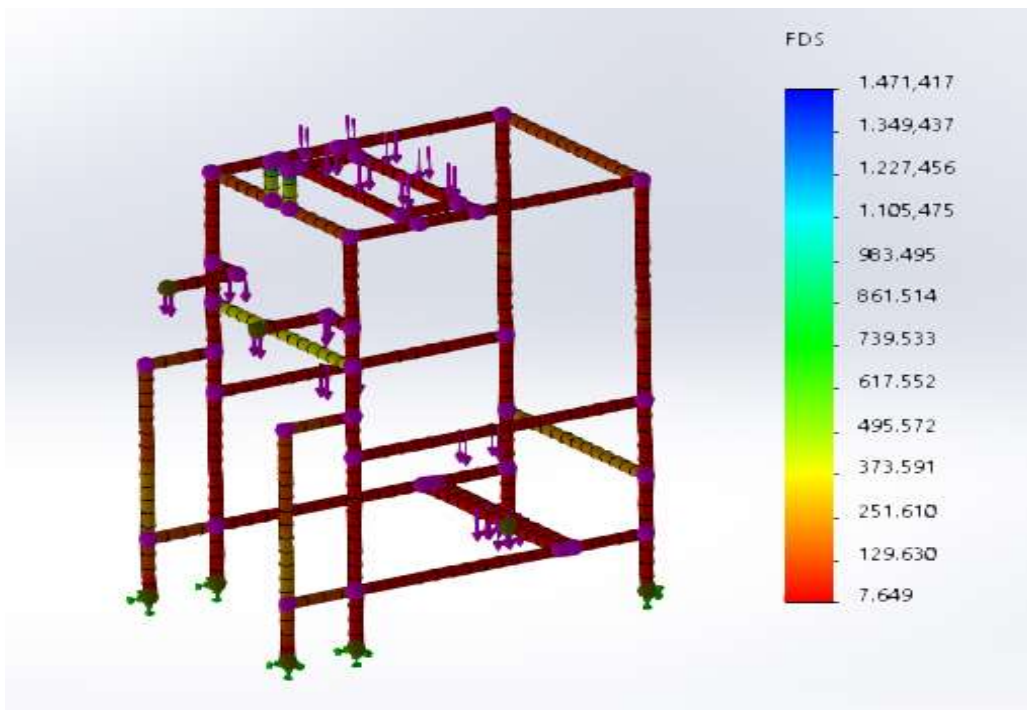


Figura 3.51 Simulación del factor de seguridad de la estructura

Una vez realizado el análisis de cargas haciendo uso de un software de simulación, se puede apreciar que los valores obtenidos del límite elástico está dentro del valor del material AISI 304 dando 27,04 MPa, el factor de seguridad con un valor de 7,65 y deflexión máxima es de 0,5 mm.

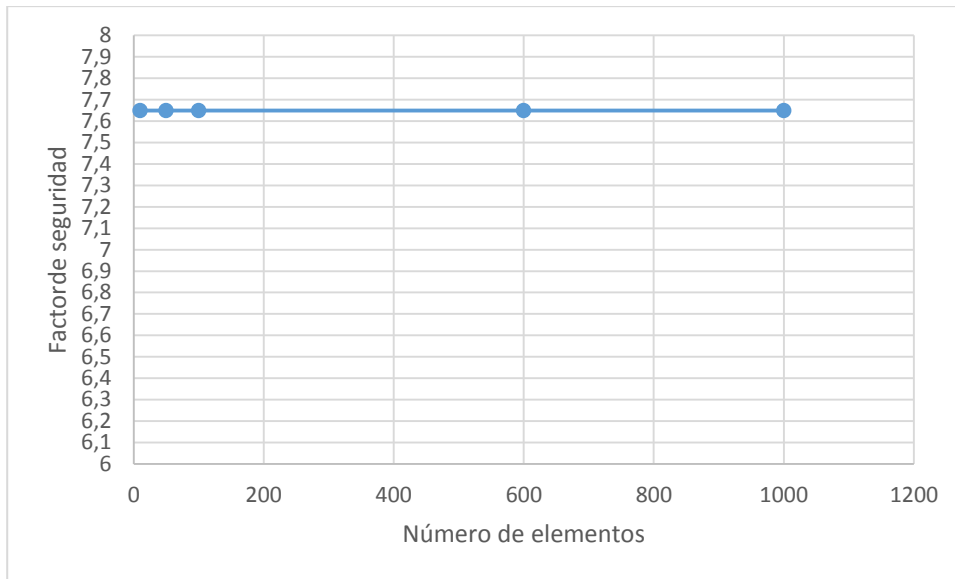


Figura 3.52 Curva de convergencia de la estructura

El análisis de elementos finitos se lo realiza en un rango de 10 a 1200 elementos, en la que se obtuvo una variación mínima en los resultados del factor de seguridad con un error porcentual del 0,09%, como se muestra en la figura 3.52, relacionada a la curva de convergencia de la estructura.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS

Se ha establecido un conjunto de pruebas a realizar a la máquina empacadora con la finalidad de comprobar el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas, así como también el cumplimiento de requerimientos de la microempresa.

4.1. PRUEBAS FUNCIONALES

Los diferentes sistemas mecánicos y los componentes eléctricos deben ser comprobados para lograr el correcto funcionamiento de la máquina y cumplir con los requerimientos y especificaciones planteadas, para lo cual se planteó un conjunto de pruebas a ejecutar en la misma, la cual posee dos modalidades: en vacío y con cargas.

Estas pruebas deben evaluar los siguientes aspectos:

- Ensamblaje: Sistema mecánico, neumáticos, eléctricos y electrónicos.
- Formación del empaque.
- Arrastre del material de empaque.
- Registro y rendimiento de producción.

4.1.1. PRUEBAS EN VACÍO

4.1.1.1. Ensamblaje

- Comprobar ubicación correcta de cada uno de los elementos de los diferentes sistemas.

Correcto: Todos los elementos están en su respectivo sitio.

Incorrecto: Existe elementos que no estén en su sitio, elementos no asegurados

Observación: Pernos no ajustados correctamente.

- Lubricación:

Correcto: Todos los elementos están adecuadamente lubricados.

Incorrecto: Falta de lubricación de piezas móviles.

Observación: Mayor lubricación en los ejes de los rodamientos lineales.

- Presión de aire:
Correcto: La presión de aire, regulada en la unidad de mantenimiento de la máquina, está a 6 bares.
Incorrecto: No existe presión de aire suficiente o excesiva presión.
Observación: La presión es de 6 bares la cual es correcta.
- Instalaciones eléctricas y electrónicas.
Correcto: Las instalaciones eléctricas están conectadas y aisladas adecuadamente.
Incorrecto: Existe cables descubiertos, riesgo de cortocircuito.
Observación: Existen cables sueltos, no están correctamente ajustados.

4.1.1.2. Formación del empaque

- Material de empaque centrado
Correcto: El material de empaque está centrado respecto al formador
Incorrecto: El material de empaque no está centrado respecto al formador.
Observación: El material de empaque está correctamente centrado
- Empaque formado
Correcto: El material de empaque al deslizarse por el formador no tiene arrugas ni daños en las caras internas y externas.
Incorrecto: El material de empaque no se desliza por el formador, se generan arrufas o daños.
Observación: El material de empaque se desliza correctamente sobre el formador, no genera daños en las caras.

4.1.1.3. Arrastre del material de empaque

- Tracción del material de empaque
Correcto: El material de empaque es arrastrado correctamente sin daños.
Incorrecto: El material de empaque no es arrastrado correctamente y existen daños.
Observación: El material de empaque es arrastrado correctamente, con mínimos daños.

- Avance de distancia correcta

Correcto: No existe variación de dimensiones de una funda a otra.

Incorrecto: Existe variación de dimensiones de una funda a otra.

Observación: Existe una variación mínima en las dimensiones de las fundas

4.1.2. PRUEBAS CON CARGA

4.1.2.1. Rendimiento

- Verificar el rendimiento de la máquina empaadora

Correcto: La máquina produce mínimo 70 empaques por hora para la presentación de 152,4 x 280mm, 140 gramos.

Incorrecto: No se cumple con la cantidad de empaques requerida.

Observación: La máquina produce fácilmente la cantidad mínima establecida.

Tabla 4. 1

Pruebas de formado de funda

Número de pruebas	Ancho (mm)	Ancho requerido (mm)	Ancho obtenido (mm)	Error (mm)	Error (%)
1	152,4		151	1,4	0,92
2	152,4		151	1,4	0,92
3	152,4		150,5	1,9	1,24
4	152,4		151	1,4	0,92
5	152,4		151	1,4	0,92
6	152,4		150,5	1,9	1,24
7	152,4		150	2,4	1,57
8	152,4		150	2,4	1,57
9	152,4		150,5	1,9	1,24
10	152,4		151	1,4	0,92
Error promedio				1,75	1,15

Tabla 4. 2
Pruebas del tamaño de funda

Número de pruebas	Tamaño requerido (mm)	Tamaño obtenido (mm)	Error (mm)	Error (%)
1	280	278	2	0,7
2	280	278	2	0,7
3	280	279	1	0,36
4	280	278	2	0,7
5	280	278	2	0,7
6	280	277	3	1,1
7	280	279	1	0,36
8	280	279	1	0,36
9	280	277	3	1,1
10	280	278	2	0,7
Error promedio			1,9	0,69

Número de pruebas	Tamaño requerido (mm)	Tamaño obtenido (mm)	Error (mm)	Error (%)
1	200	205	5	2,5
2	200	205	5	2,5
3	200	205	5	2,5
4	200	208	8	4
5	200	209	9	4,5
6	200	207	7	3,5
7	200	207	7	3,5

8	200	208	8	4
9	200	208	8	4
10	200	205	5	2,5
Error promedio			6,7	3,35

La cantidad de empaques mal formados o dañados en un día fueron de 14 fundas dando un error promedio de 2,5%.

4.2. COSTOS

Es de gran importancia calcular el capital a emplearse en el diseño, construcción y funcionamiento de la máquina empacadora, por lo que se ha considerado los costos directo e indirecto, dentro de los cuales tenemos los costos de materia prima, insumos, mecanizado, montaje y mano de obra entre otros.

4.2.1. Costos de materiales e insumos de los sistemas.

Los costos de materiales e insumos son todos los necesarios para la elaboración de los sistemas de formado, guiado y arrastre.

Tabla 4.3
Costos de materiales e insumos

N° DE ELEMENTO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Base del formador	Acero inoxidable (6x18x480)mm	1	30	30
2	Perno	Acero inoxidable (M8x25)mm	2	0,25	0,5
3	Tuerca	Acero inoxidable (M8)mm	2	0,15	0,3
4	Arandela	Acero inoxidable (M8)mm	2	0,08	0,16
5	Cono	Acero Inoxidable(Ø230xØ9 5x20)mm	1	10	10
6	Ducto de alimentación	Acero Inoxidable(Ø95x480) mm	1	10	10

7	Platina de sujeción de cono	Acero inoxidable (6x35x100)mm	2	1	2
8	Formador de funda	Acero inoxidable (Ø97x20x320)mm	1	170	170
9	Tubo de soporte vertical	Acero inoxidable (Ø25x220)mm	2	4	8
10	Arandela	Acero inoxidable (M6)mm	4	0,06	0,24
11	Tuerca	Acero inoxidable (M6)mm	4	0,13	0,52
12	Perno	Acero inoxidable (M6)mm	4	0,3	1,2
13	Cilindro neumático doble efecto	Aluminio (Ø40x1,7x125)mm	1	119,53	119,53
14	Racor recto	1/4 X 6mm	3	1,71	5,13
15	Regulador de flujo	1/4 X 6mm	2	7,32	14,64
16	Tubo poliuretano	6mm	10	1,45	14,5
17	Tenón trasero MP4	Acero galvanizado (40)mm	1	16,45	16,45
18	Horquilla trasera MP3	Acero galvanizado (40)mm	1	13,65	13,65
19	Pasador de bisagra	Acero inoxidable (Ø12x55)mm	1	0,8	0,8
20	Rotula	Acero Galvanizado(Ø1,7xØ 22x64)mm	1	15,18	15,18
21	Eje de S. de frenado	Acero inoxidable (Ø22x450)mm	1	12,5	12,5
22	Eje de S. de frenado	Acero inoxidable (Ø19x650)mm	1	9,27	9,27
23	Eje de S. de frenado	Acero inoxidable (Ø16x450)mm	1	4,71	4,71
24	Palanca de arrastre	Acero inoxidable (10x35x830)mm	2	25	50
25	Chumacera UC204-12	Acero galvanizado (40)mm	2	8	16
26	Perno	Acero inoxidable (M10x35)mm	8	0,35	2,8

27	Pasador pequeño	Acero inoxidable (Ø12x28)mm	4	0,3	1,2
28	Bocín de rodamiento lineal	Bronce (Ø39x29)mm	4	1	4
29	Rodamiento Lineal	Acero inoxidable (38x130)mm	2	3	6
30	Soporte del sellado horizontal	Acero inoxidable (10x38x120)mm	2	3,5	7
31	Palanca separador	Acero inoxidable (5x10)mm	4	1,8	7,2
32	Perno Allen	Acero inoxidable (M8x35)mm	4	0,35	1,4
33	Placa de soporte Porta bobina	Acero Inoxidable(5x115x197)	2	4,6	9,2
34	Bocín de soporte Porta bobina	Bronce (Ø39x29)mm	2	0,8	1,6
35	Arandela	Acero inoxidable (M9)mm	4	0,07	0,28
36	Rodamiento	Acero al cromo (30)mm	4	1,9	7,6
37	Eje Porta bobina	Acero 1018 (25X855)	1	10,88	10,88
38	Polea	Aluminio	1	1,9	1,9
39	Banda	Cuero (10x6)mm	1	3	3
40	Palanca de freno	Acero inoxidable(7x35x250)	1	7,5	7,5
41	Contrapeso	Acero inoxidable(Ø13x496)	1	4,5	4,5
42	Rodillo guía	Aluminio (Ø30x450)	5	1,85	9,25
43	Acople de rodamiento	Duralón (Ø24x30)	10	0,3	3
44	Cono de sujeción	Aluminio (Ø80x96)	2	35	70
45	Rodamiento	Acero al cromo (24)mm	10	1,7	17
46	Eje de palanca	Acero inoxidable(Ø19x91)	2	2,14	4,28

47	Tope del eje porta bobina	Acero 1018 (Ø30x69)	2	3,8	7,6
				Total	712,47

4.2.2. Costos de insumos eléctricos de los sistemas

Los insumos eléctricos son los materiales y componentes del sistema de control de la máquina.

Tabla 4.4
Costos de insumos eléctricos

N° DE ELEMENTO	MATERIAL ELÉCTRICO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Electroválvula	S200 5/2-1/4 24VDC	1	63,6	63,6
2	Sensor magnético	SI-32/40 CS1-B1	1	33,51	33,51
3	Cable	UTP	3	0,25	0,75
4	Resistencia	1kΩ	1	0,15	0,15
				Total	98

4.2.3. Costos de insumos indirectos

Los costos indirectos son los gastos técnicos, administrativos y materiales suplementarios, los cuales son necesarios para la elaboración de la máquina.

Tabla 4.5
Costos de insumos indirectos

N° DE ELEMENTO	MATERIA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Lija para acero Inoxidable	N° 100	2	0,98	1,96
2	Lija para acero Inoxidable	N° 101	2	0,9	1,8
3	Acido		1	12	12

4	Transporte	50	6	300
Total				315,76

4.2.4. Costos compartidos ^{32 33}

A continuación se presentan una tabla de costos que están vinculados directamente con la fabricación de la máquina, pero que son compartidos entre los integrantes que desarrollan la máquina empacadora de snacks, referidos a la automatización y materiales para la estructura.

Tabla 4.6
Costos directos compartidos

Nº DE ELEMENTO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Tubo	Acero inoxidable 304 1½'x 1½'x6m	3	60,00	180,00
2	PLC Simens	SIMATIC S71200 CPU 1212C. DC/DC/RLY	1	320,00	320,00
3	Caja	60x40x20	1	50,00	50,00
4	Caja	30x30x20	1	21,00	21,00
5	Paro de emergencia	Hongo retenido	1	4,74	4,74
6	Bloque de contacto	NO-NC	2	1,95	3,90
7	Pulsador	NO	1	3,18	3,18
8	Selector dos posiciones	NC	1	3,85	3,85
9	Borneras		35	0,65	22,75
10	Puentes para borneras		3	1,35	4,05

³² Antamba, J. (2017). Sistema de sellado horizontal y vertical de funda para una máquina empacadora de snacks. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

³³ Aguirre, F. (2017). Sistema de dosificación para una máquina empacadora de snacks. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

11	Canaleta ranurada	DEXON 25x25 gris	2	3,2	6,40
12	Unidad de mantenimiento	Airtac 1/4'	1	65,00	65,00
13	Acople rápido	Plug 1/4' macho	1	1,99	1,99
14	Válvula de Corredera	AIRTAC 1/4'	1	12,60	12,60
15	Unión TEE	6 mm	4	2,03	8,12
16	Tubo poliuretano	6 mm	10	0,95	19,00
17	Lámina polipropileno	Lámina 32 cm de ancho	5	4,35	21,75
18	Luz piloto	Amarilla 110V	1	1,50	1,50
19	Luz piloto	Roja 110V	1	1,50	1,50
20	Luz piloto	Verde 110V	1	1,50	1,50
21	Cable concéntrico	#14	3	1,50	4,50
22	Cable rojo	# 16	12	0,30	3,60
23	Cable negro	# 16	12	0,30	3,60
24	Cable amarillo	# 16	12	0,30	3,60
25	Cable blanco	# 16	4	0,30	1,20
26	Breaker	Schneider 1 polo	1	2,45	2,45
27	Enchufe	Tipo B	1	1,25	1,25
28	Riel DIN	2 m	1	2,00	2,00
29	Presa estopa	1/2'	3	1,25	3,75
30	Tornillo semiesférico	Acero negro Ø 3/8'x1'	7	0,12	0,84

31	Tuerca hexagonal	Acero negro Ø3/8'	7	0,05	0,35
32	Tornillo hexagonal	Acero negro Ø 1/4'x3/8'	6	0,08	0,48
33	Tuercas hexagonales	Acero negro Ø1/4'	6	0,05	0,30
34	Mano de obra			900,00	900,00
				Total	1679,50

Tabla 4.7
Costos indirectos compartidos

N° DE ELEMENTO	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
1	Hoja de cierra	Samplex #18	3	1,50	4,50
2	Disco lija	N° 180	1	3,00	3,00
3	Lija de agua	N° 180	6	0,35	2,10
4	Lija de agua	N° 220	6	0,35	2,10
5	Cinta doble Faz		1	2,00	2,00
6	Manguera espiral	Ø1/2'	3	0,35	1,05
7	Argón	Tanque de 3m cúbicos	1	32,00	32,00
8	Aporte de acero inoxidable	Acero inoxidable 304 Ø 1/16'x40mm	20	0,35	7,00
9	Limpiador de acero inoxidable		1	7,50	7,50
				Total	61,25

4.2.5. Costo total del proyecto

A continuación se presentan una tabla de costos total del proyecto, incorporando los costos totales de los diferentes sistemas realizados por los integrantes que desarrollan la máquina empacadora de snacks.^{34 35}

Tabla 4.8
Costo total del proyecto

Nº DE ELEMENTO	DENOMINACIÓN	TOTAL (USD)
1	Costos de los sistemas de formado, guiado y arrastre	1128,23
2	Costos de los sistemas de sellado horizontal y vertical	1390,21
3	Costos del sistema de dosificación	634,12
4	Costos directos compartidos	1679,50
5	Costos indirectos compartidos	61,25
Total		4893,31

³⁴ Antamba, J. (2017). Sistema de sellado horizontal y vertical de funda para una máquina empacadora de snacks. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

³⁵ Aguirre, F. (2017). Sistema de dosificación para una máquina empacadora de snacks. Universidad Técnica del Norte, Ibarra

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- La máquina empacadora cumple con el rendimiento establecido inicialmente, aumentando así un 30% de producción en la microempresa.
- Si la máquina empacadora trabaja a su máxima capacidad, se triplica su producción.
- La cantidad de empaques mal formados o dañados fue del 2,5%, por lo que se cumplió con las restricciones establecidas de la microempresa.
- El sistema de arrastre de empaque está diseñado para adaptarse a un tamaño de funda en un rango de 100 a 280mm, con un error promedio de 3,35 %
- En el sistema de formado de funda al seleccionar el de cuello circular se obtuvo un error promedio en el ancho de funda del 1,15%.
- En el desarrollo de los diferentes sistemas de la máquina se obtiene un factor mínimo de seguridad de 2.

RECOMENDACIONES

- Antes de poner en marcha la máquina con el material de empaque, se debe realizar pruebas en vacío, para verificar la coordinación de los sistemas y así prevenir todo tipo de problemas como se recomienda en el manual de operación.
- Se debe realizar una correcta limpieza a la máquina al final de cada jornada de trabajo especialmente en el formador de funda y la tolva de dosificación.
- Verificar la lubricación en las partes necesarias de la máquina para su correcto funcionamiento.
- Usar el manual de mantenimiento como también el manual de operación.
- Es recomendable reemplazar el velcro que se encuentra en el ducto de alimentación por silicona para alimentos.

Bibliografía

- Accesorios Packaging para Máquinas Envasadoras.* (2016). Obtenido de IRTA Group: <http://irtagroup.com/accesorios-packaging/>
- Aguirre Acosta, G. F. (21 de Diciembre de 2017). Sistema de dosificación para una máquina empacadora de snacks. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Antamba, J. (21 de Diciembre de 2017). Sistema de Sellado horizontal y vertical de funda para una máquina empacadora de Snacks. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Arce, D. (20 de Diciembre de 2016). *FESTO PNEUMATIC*. Obtenido de Actuadores Neumáticos: https://es.scribd.com/document/61580605/Actuadores-Neumaticos#fullscreen&from_embed
- Astimec S.A. (22 de Agosto de 2016). *Astimec S.A.* Obtenido de Soluciones y Maquinaria a la medida: <https://astimec.net/producto/empacadora-vertical-automatica/>
- Bautista, E. (02 de Diciembre de 2013). *MULTIPACK EMPACADORAS AUTOMATICAS.* Obtenido de http://www.empacadorasmultipack.com/a_tecnicos_02.html
- Bernal, V. H. (24 de Marzo de 2016). *AUTOMATICAMEX.* Obtenido de <http://automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/GUIA%20NEUMATICA%205.pdf>
- Budynas, R., & Nisbett, J. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley.* Mexico: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Diseño y Fabricación de máquinas de envasado.* (30 de Noviembre de 2015). Obtenido de ULMA packaging machinery: <http://www.ulmapackaging.com/maquinas-de-ensado>
- Empaque Flexible.* (30 de Noviembre de 2016). Obtenido de Victory Packaging: <https://www.victorypackaging.com/es/productos/empaque-flexible>

Excelentes Características del Foil de aluminio Flexible. (2013). Obtenido de Almexa: <http://www.almexa.com.mx/blog/4-excelentes-caracteristicas-del-foil-de-aluminio-flexible/>

Felipe, M. (2001). *Sistemas Automatizados PLCs. Universidad de Oviedo*, 1-24.

FESTO. (22 de Enero de 2015). *FESTO*. Obtenido de Conocimiento básico y avanzado: https://www.festo.com/cms/es_es/16983.htm

Gunther, G., & Weiss, B. (2007). *Introduction to Microcontrollers. Embedded Computing Systems Group*, 1-6.

Informacion Técnica y Comercial de las Empacadoras. (24 de Noviembre de 2016). Obtenido de Online Cosmos: <https://www.cosmos.com.mx/wiki/4b0b/empacadoras-maquinas-empaquetadoras>

Leiva, L. F. (2016). *Controles y Automatismos Electricos Teoria y Practica. Panamericana Formas e Impresiones*, 21-42.

Mantilla Yépez, J. Á. (21 de Diciembre de 2017). *Sistema de formado, guiado y arrastre de funda para una máquina empacadora de snacks. Ibarra, Imbabura, Ecuador.*

Maquinaria de alimentos, Maquinaria de empackado. (24 de Agosto de 2016). Obtenido de ETW Global promotion: <http://www.packagingmachine.es/5-Food-machinery.html>

Maquinaria, Equipoy Mantenimiento Industrial. (28 de Agsto de 2016). Obtenido de QN COMPONENTES INDUSTRIALES: <https://www.qncomponentes.com/empacadoras-horizontales.html>

Márquez Sevillano, J. (29 de Abril de 2011). *WIKIFAB*. Obtenido de Unidad de Mantenimiento: http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/index.php/UNIDAD_DE_MANTENIMIENTO

Mott, R. (2006). *Dieño de Elementos de Maquinas.* Mexico: PRENTICE HALL MEXICO.

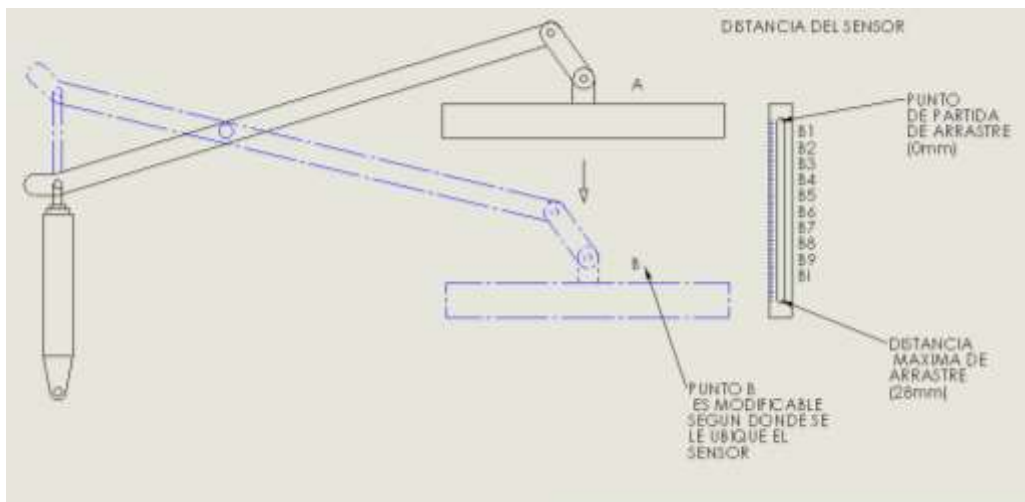
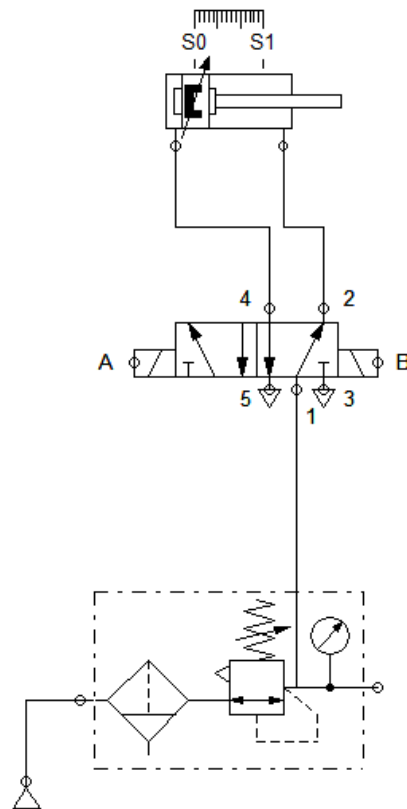
- Mott, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas. En R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas* (pág. 868). Mexico: PRENTICE HALL MEXICO.
- Nieto, D., Tito, A., & Jonh, A. (24 de noviembre de 2016). *Sistema de automatización, Mando y Control de Maquinas*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/q5sds3qbcidc/sistemas-de-automatizacion-mando-y-control-de-maquinas/>
- Peralta Castillo, E., Malagón Gonzalez, O. V., & Arias Ulloa, C. (2016). Implementacion de un Sistema de Control en una Empacadora de Camarón para aumentar la Eficiencia en una Línea de Producción. *ESPOL*, 5-6-7-8.
- polimeros, D. d. (1996). *Polyethylene*. Obtenido de Universidad del Sur Mississippi: <http://www.pslc.ws/spanish/pe.htm>
- Shigley, J. E., & Mitchell, L. (1998). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. Mexico: MCGRAW-HILL.
- Telesquemario Tecnoligías de control industrial. (2016). *Schneider Electric*, 23-32.
- Tubos formadores para maquinaria de envasado*. (24 de Noviembre de 2016). Obtenido de IRTA Group: <http://irtagroup.com/accesorios-packaging/tubos-formadores/>

ANEXO 1

DIAGRAMAS

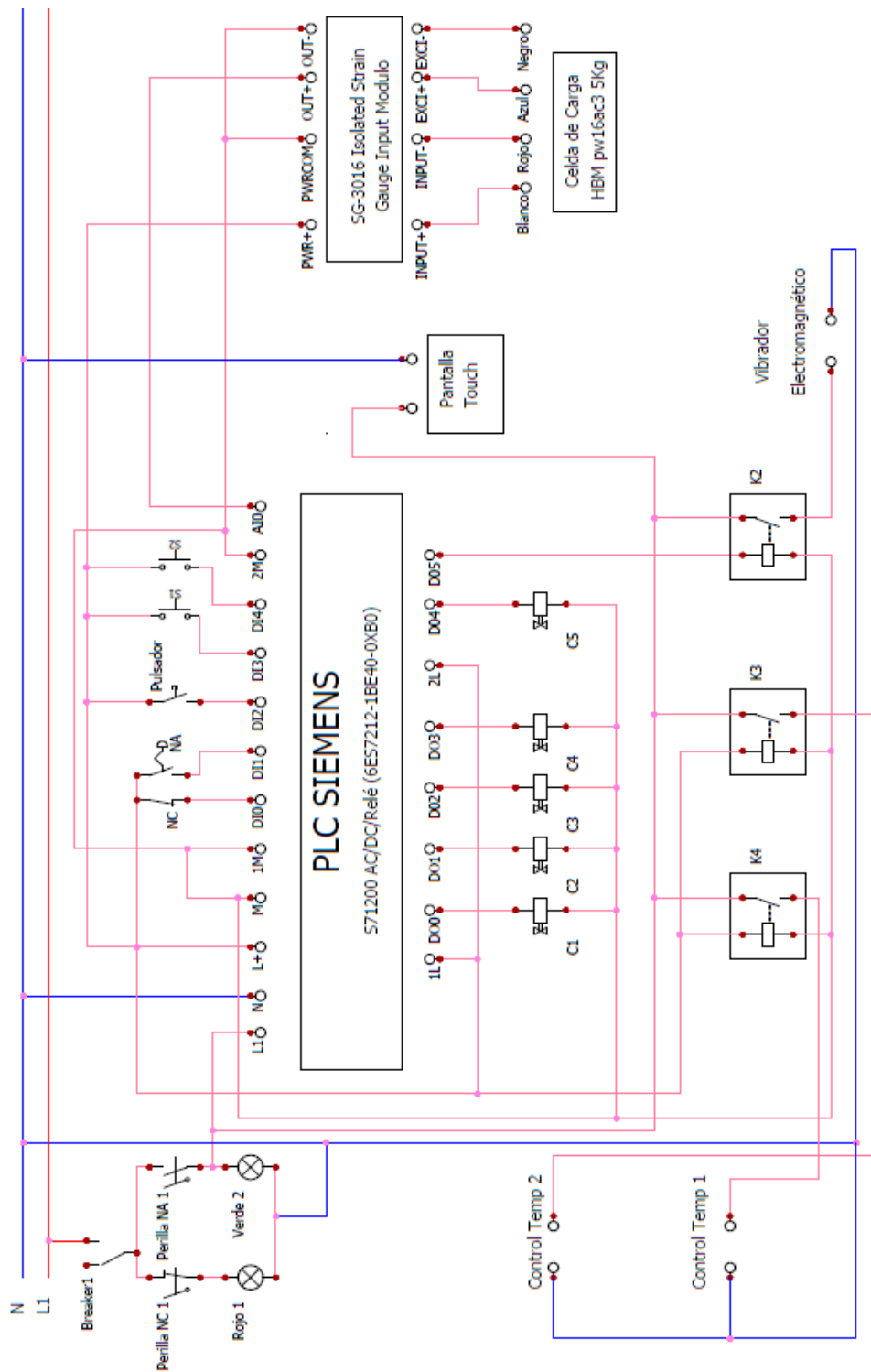
DIAGRAMA NEUMÁTICO DEL SISTEMA DE ARRASTRE

CILINDRO DE ARRASTRE (Ø40x125)mm



Trayectoria del sistema de arrastre

DIAGRAMA CIRCITAL DEL PANEL DE CONTROL



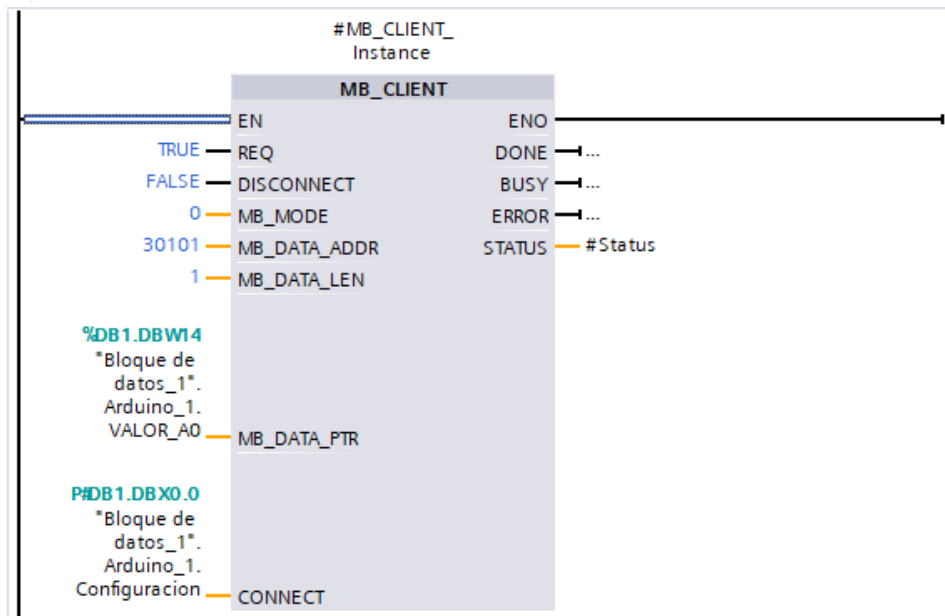
ELABORADO POR: AUTOR

ANEXO 2

PROGRAMACIÓN PLC SIEMENS

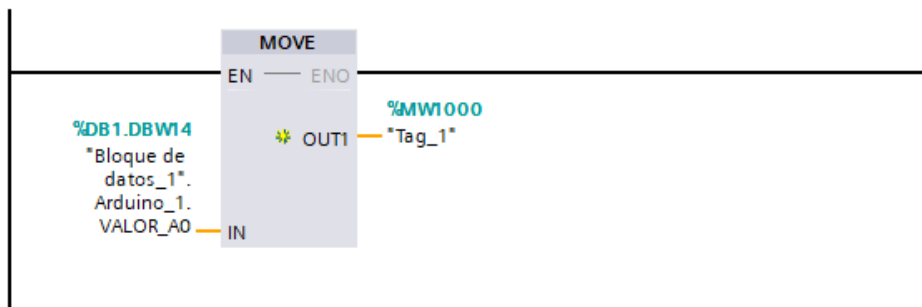
▼ Segmento 1:

Comentario



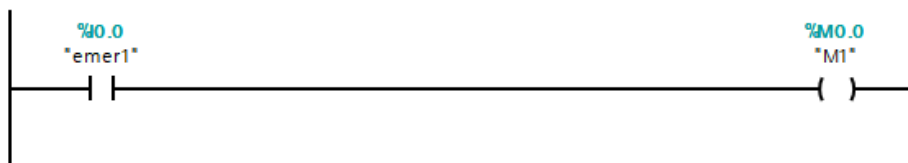
▼ Segmento 2:

Comentario



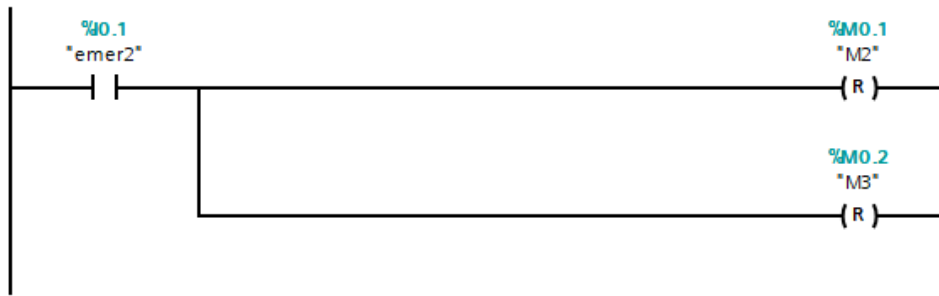
▼ Segmento 3:

Comentario



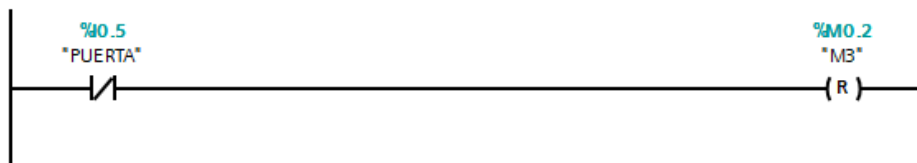
▼ Segmento 4:

Comentario



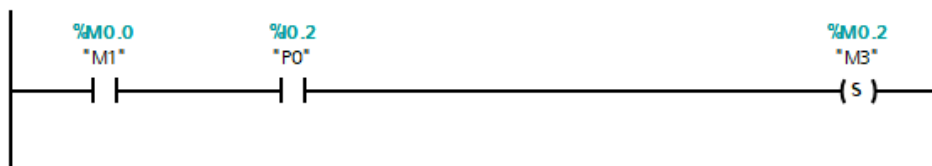
▼ Segmento 5:

Comentario



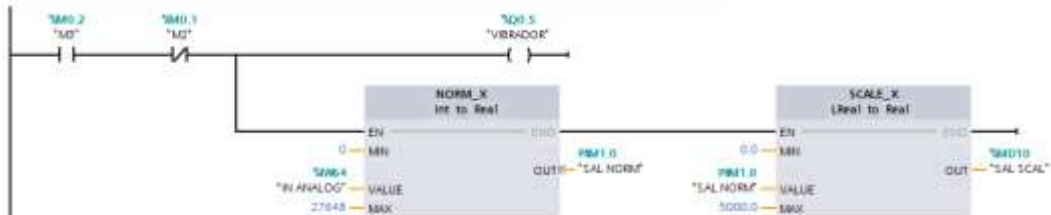
▼ Segmento 6:

Comentario



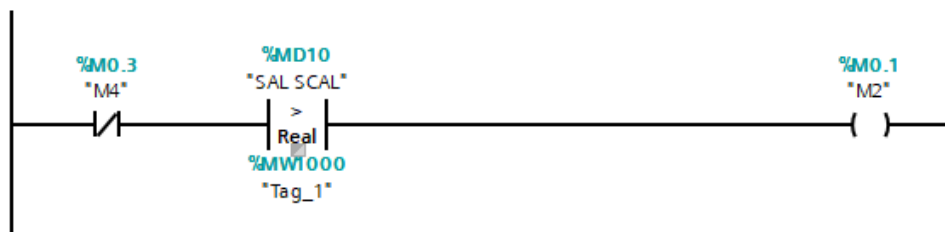
▼ Segmento 7:

Comentario



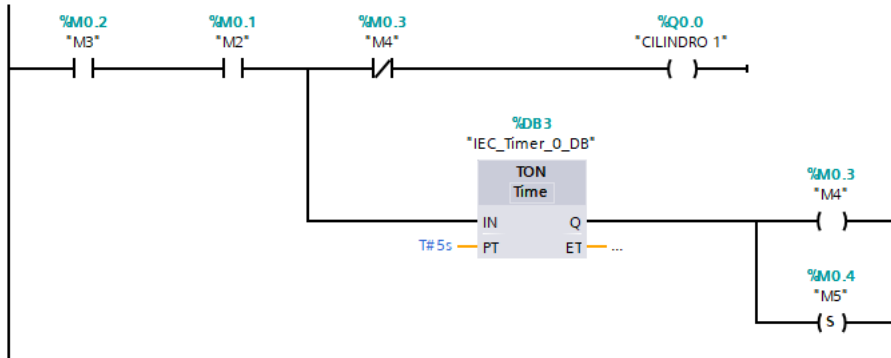
▼ Segmento 8:

Comentario



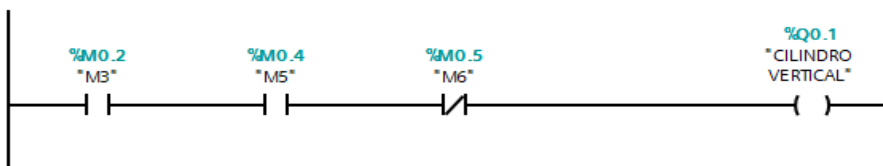
▼ Segmento 9:

Comentario



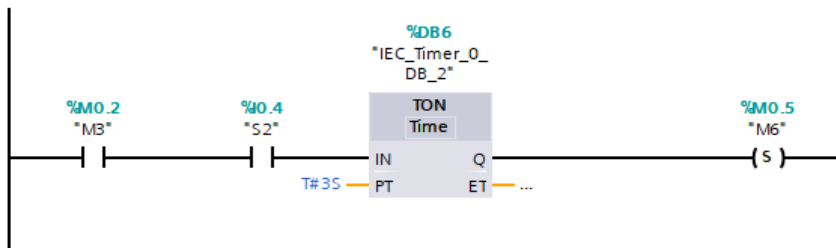
▼ Segmento 10:

Comentario



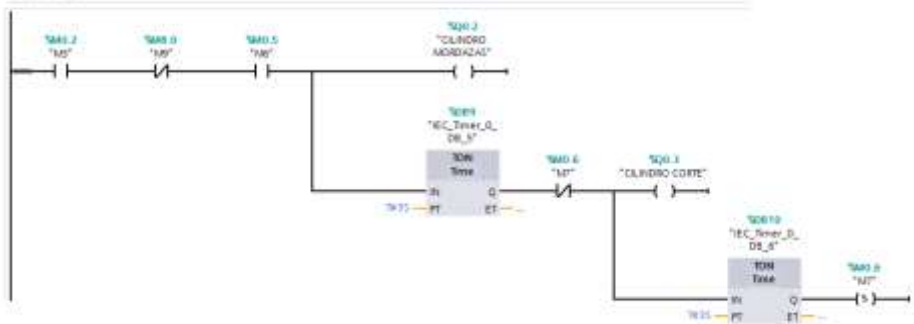
▼ Segmento 11:

Comentario



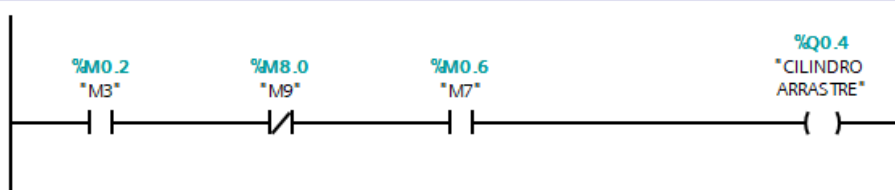
▼ Segmento 12:

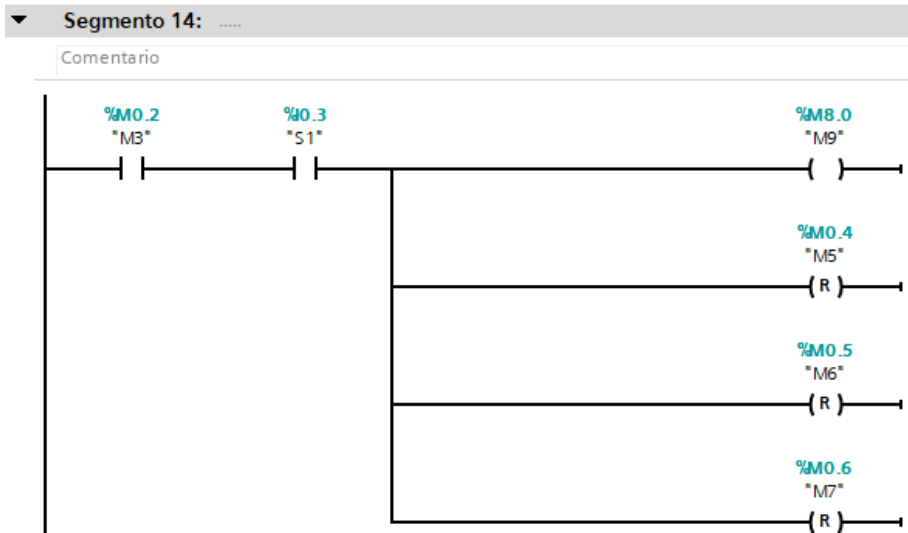
Comentario



▼ Segmento 13:

Comentario



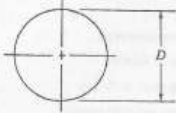

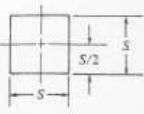
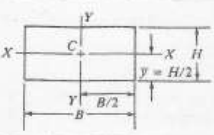
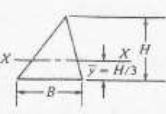


ANEXO 3

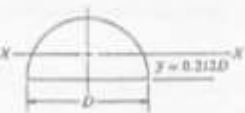

TABLAS

Tabla 1

Propiedades de las áreas

APÉNDICE 1 PROPIEDADES DE LAS ÁREAS	
<p>a) Círculo</p> 	$A = \pi D^2/4 \quad r = D/4$ $I = \pi D^4/64 \quad J = \pi D^4/32$ $S = \pi D^3/32 \quad Z_p = \pi D^3/16$
<p>b) Círculo hueco (tubo)</p> 	$A = \pi(D^2 - d^2)/4 \quad r = \sqrt{D^2 + d^2}/4$ $I = \pi(D^4 - d^4)/64 \quad J = \pi(D^4 - d^4)/32$ $S = \pi(D^4 - d^4)/32D \quad Z_p = \pi(D^4 - d^4)/16D$
<p>c) Cuadrado</p> 	$A = S^2 \quad r = S/\sqrt{12}$ $I = S^4/12$ $S = S^3/6$
<p>d) Rectángulo</p> 	$A = BH \quad r_x = H/\sqrt{12}$ $I_x = BH^3/12 \quad r_y = B/\sqrt{12}$ $S_x = BH^2/6$
<p>e) Triángulo</p> 	$A = BH/2 \quad r = H/\sqrt{18}$ $I = BH^3/36$ $S = BH^2/24$

A-1

A-2	
<p>f) Semicírculo</p> 	$A = \pi D^2/8 \quad r = 0.132D$ $I = 0.007D^4$ $S = 0.024D^3$
<p>g) Hexágono regular</p> 	$A = 0.866D^2 \quad r = 0.264D$ $I = 0.06D^4$ $S = 0.12D^3$
<p> $A = \text{área}$ $I = \text{momento de inercia}$ $S = \text{módulo de sección}$ $r = \text{radio de giro} = \sqrt{I/A}$ $J = \text{momento polar de inercia}$ $Z_p = \text{módulo polar de sección}$ </p>	

Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Apéndices

Tabla 2
Propiedades mecánicas del acero inoxidable 304

ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)

1. Descripción: éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

2. Normas involucradas: ASTM A 276

3. Propiedades mecánicas: Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
Elongación 30 % (en 50mm)
Reducción de área 40 %
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.08 % C mín
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 – 20.0 % Cr
8.0 – 10.5 % Ni
0.045 % P
0.03 % S

6. Usos: sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

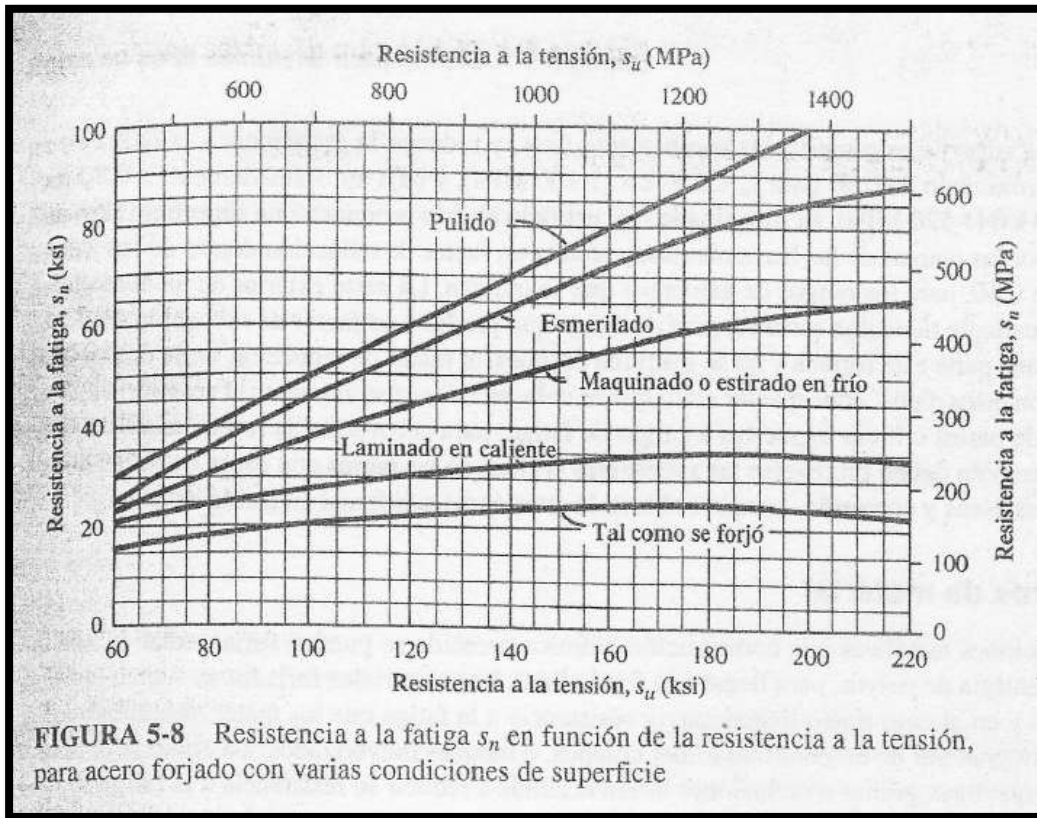
7. Tratamientos térmicos: éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente

NOTA:
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

ACERO INOXIDABLE- AISI 304

Fuente: <https://es.scribd.com/document/40872778/AISI-304>

Tabla 3
Resistencia a la fatiga modificada



Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 175

Tabla 4 Factor de material, C_m

Material	Factor C_m
Acero Forjado	1,00
Hierro Colado Maleable	0,80
Acero colado	0,80
Hierro colado gris	0,70
Acero pulverizado	0,76
Acero colado dúctil	0,66

Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Maquinas, Pág. 174

Tabla 5Factor de tipo de esfuerzo, C_{st}

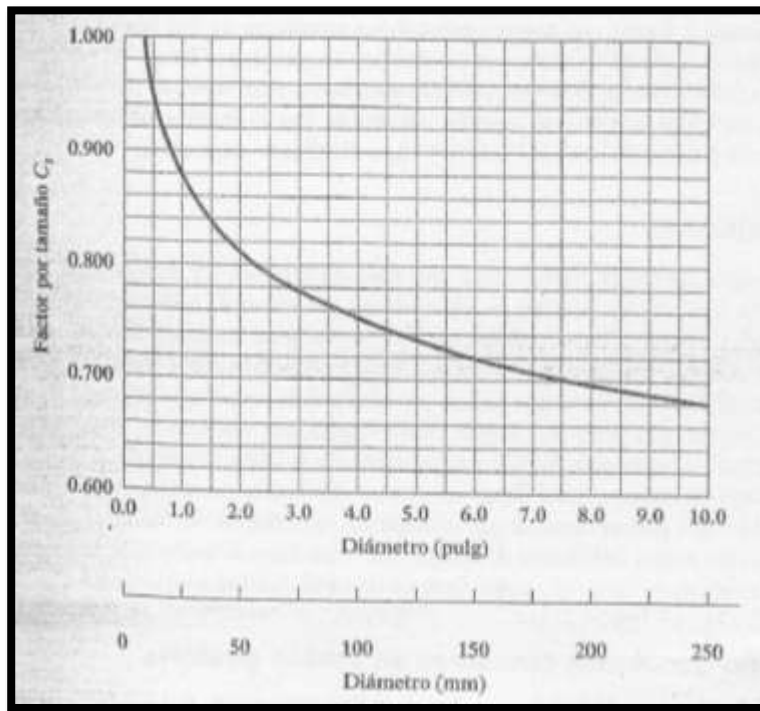
Tipo de esfuerzo	Factor C_{st}
Esfuerzo flexionante.	1,0
Tensión axial.	0,80

Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 174**Tabla 6**Factor de confiabilidad aproximada, C_R

Confiabilidad deseada	Factor C_R
0,50	1,0
0,90	0,90
0,99	0,81
0,999	0,75

Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 175

Tabla 7
Factor de tamaño, C_s



Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, Pág. 175

Tabla 8
Fórmulas para movimiento circular uniformemente variado

FÓRMULAS PARA M.R.U.V.	FÓRMULAS PARA M.C.U.V.	
	En términos lineales o tangenciales	En términos angulares
$a = \frac{V_f - V_o}{t}$	$a_T = \frac{V_{Tf} - V_{To}}{t}$	$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_o}{t}$
$d = \frac{1}{2}at^2 + V_o t$	$s = \frac{1}{2}a_T t^2 + V_{To} t$	$\theta = \frac{1}{2}\alpha t^2 + \omega_o t$
$V_f^2 = V_o^2 + 2ad$	$V_{Tf}^2 = V_{To}^2 + 2a_T s$	$\omega_f^2 = \omega_o^2 + 2\alpha\theta$
$d = \left(\frac{V_o + V_f}{2}\right)t$	$s = \left(\frac{V_{To} + V_{Tf}}{2}\right)t$	$\theta = \left(\frac{\omega_o + \omega_f}{2}\right)t$

Fuente: <http://julioprofe.net/wp-content/uploads/2015/07/Formulas-de-Movimiento-Circular-Uniforme-y-Uniformemente-Variado.pdf>

Tabla 9
Propiedades mecánicas del rodamiento UC204-12

Rodamiento insertable UC204-12 (Serie UC)	
anillo exterior esférico, fijación mediante tornillos prisioneros, obturación RSR en ambos lados	
Esta hoja de datos sólo es una vista general de medidas y capacidades de carga del producto seleccionado. Tenga en cuenta, sin falta, todas las indicaciones de estas páginas. Para muchos productos encontrará más información bajo el apartado "Descripción" del menú. Además puede solicitar amplio material de información a través de la Solicitud de catálogos (http://www.fag.de/content.fag.de/en/mediathek/library/library.jsp) o por teléfono +49 91 32 82 - 28 97.	
d	19,05 mm
d	3/4 inch
D _{sf}	47 mm
B	31 mm
A	5 mm
C	17 mm
C ₂	16,8 mm
C _a	4,2 mm
d _i	27,56 mm
S	12,7 mm
W	1/8 inch
m	0,16 kg Peso
C _r	13600 N Capacidad de carga dinámica, radial
C _{0r}	6600 N Capacidad de carga estática, radial
C _{ur}	335 N Carga límite de fatiga, radial
f ₀	13,1 Factor de cálculo

Fuente: http://medias.schaeffler.de/medias/en!hp.ec.br.zugprod/UCPA*UCPA204-12*UC*UC204-12?lang=es

Tabla 10
 Datasheet del sensor magnético CS1-B1

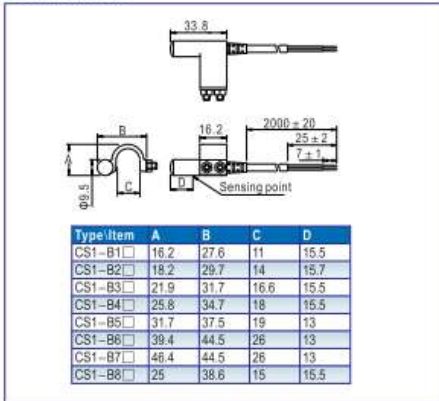
Sensor switch



CS1-B1~B8 Series



Dimensions



Specification

Item/Type	CS1-B	CS1-BX
Switch logic	STSP Normally opened type	
Switch type	Reed switch with contact	
Operating voltage(V)	5-24V AC/DC	
Max. Switching current(mA)	100	
Switching rating(W)	Max. 10	
Current consumption	No	
Voltage drop	2.5V Max. @100mA DC	
Cable	Φ4.0,2C Gray oil resistant PVC (Flame retarded)	
Indicator	Red LED	No
Leakage current	No	
Sensitivity(Gauss)	60-75	
Max. Frequency(Hz)	200	
Shock(m/s ²)	300	
Vibration(m/s ²)	90	
Temperature range(°C) : 1	-10-70	
Enclosure classification	IP67(NEMA6)	
Protection circuit	No	

① Note: Please contact us for high temperature resistant(125°C), low temperature resistant(-40~-25°C) and explosion-proof sensor switch.

Ordering code

CS1 B1 X 020	
Number of sensor switch CS1: Sensor switch	Connecting way ① C08: M8 quick joint, length of wire is 150mm C12: M12 quick joint, length of wire is 150mm 020: length of wire is 2m 030: length of wire is 3m 050: length of wire is 5m 100: length of wire is 10m
Specification of sensor switch	Model of sensor switch Blank: two-line magnetic spring pipe with contact/normally opened X: two-line magnetic spring pipe with contact, without indicator light/normally opened
Specification	Product Series
B1: B1 type	Use for SU32-50, SI32(40), JSI32(40), SGC125
B2: B2 type	Use for SU63, SI50(63), JSI50(63)
B3: B3type	Use for SU80, SI80, JSI80
B4: B4 type	Use for SU100, SI100, JSI100
B5: B5 type	Use for SI125, JSI125, SGC250
B6: B6 type	Use for SI160
B7: B7 type	Use for SI200
B8: B8 type	Use for SGC160(200)

① Note: The quick joint that is attached at the end of wire is three-needle-male joint-linear-rotary screw thread type. The female joint plug has to be ordered additionally. Please refer to P442 for the specific data.

Fuente: <http://www.airtac.net/en/upload/201404290316349686.PDF>

Tabla 11
Propiedades del polipropileno

POLIPROPILENO

Termoplástico comercial, semicristalino, blanco semiopaco elaborado en una amplia variedad de calidades y modificaciones. El polipropileno como los polietilenos tiene una buena resistencia química pero una resistencia débil a los rayos UV (salvo estabilización o protección previa).

PROPIEDADES FÍSICAS:

- Absorción de agua: 0,03%
- Densidad (g cm³): 0,9
- Índice refractivo: 1,49
- Índice de oxígeno límite: 18%
- Inflamabilidad: Combustible
- Resistencia UV: Aceptable

PROPIEDADES QUÍMICAS:

- Ácidos concentrados: Buena
- Ácidos diluidos: Buena
- Alcalis: Buena
- Alcoholes: Buena
- Cetonas: Buena
- Grasas y aceites: Aceptable
- Halógenos: Mala
- Hidrocarburos aromáticos: Aceptable

PROPIEDADES MECÁNICAS:

- Alargamiento a la rotura: 150-300 para filmes biax. >50
- Coeficient de Fricción: 0,1-0,3
- Dureza - Rockwell: R80-100
- Módulo de Tracción (GPa): 0,9-1,5 - par filmes biax. 2,2-4,2,
- Resistancia a la Abrasión - ASTM D1044 (mg/ 1000 ciclos): 13-16
- Resistencia a la Tracción (MPa): 25-40, para filmes biax. 130-300,
- Resistencia al Impacto Izod (J m⁻¹): 20-100

Fuente: <https://es.slideshare.net/Dani177/polmeros-fichas-tecnicas>

Tabla 12
Propiedades Mecánicas del Acero 1018

ACERO AISI-SAE 1018 (UNS G10180)

1. Descripción: este acero de bajo - medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono. Se presenta en condición de calibrado (acabado en frío). Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria.

2. Normas involucradas: ASTM A 108

3. Propiedades mecánicas: Dureza 126 HB (71 HRb)
 Esfuerzo de fluencia 370 MPa (53700 PSI)
 Esfuerzo máximo 440 MPa (63800 PSI)
 Elongación máxima 15% (en 50 mm)
 Reducción de área 40%
 Modulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI)
 Maquinabilidad 76% (AISI 1212 = 100%)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.87 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.15 – 0.20 % C
 0.60 – 0.90 % Mn
 0.04 % P máx
 0.05 % S máx

6. Usos: se utiliza en operaciones de deformación plástica como remachado y extrusión. Se utiliza también en componentes de maquinaria debido a su facilidad para conformarlo y soldarlo. Piezas típicas son los pines, cuñas, remaches, rodillos, piñones, pasadores, tornillos y aplicaciones de lámina

NOTA:
 Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

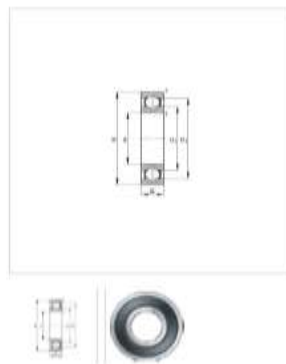
ACERO MAQUINARIA - AISI 1018

Fuente: <http://www.deinoxidable.mx/AISI%201018.pdf>

Tabla 13
Propiedades mecánicas del rodamiento 6200-2RS-C3



MECANICA Y TRANSMISION > RODAMIENTOS > RODAMIENTOS RIGIDOS > RODAMIENTO RIGIDO
BOLAS 6200-2RS-C3 FAG

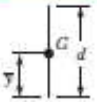
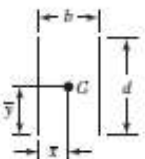
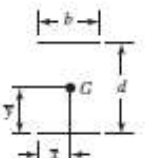
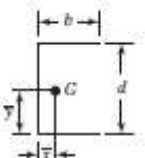
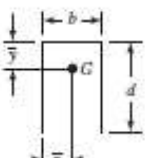
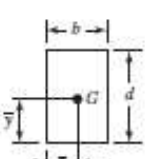
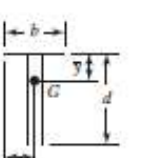


RODAMIENTO RIGIDO BOLAS 6200-2RS-C3 FAG

d	10 mm
D	30 mm
B	9 mm
D2	25 mm
Da max	25,8 mm
d1	16,7 mm
da min	14,2 mm
ra max	0,6 mm
rmin	0,6 mm
Peso	0,032 kg
Capacidad de carga dinámica, radial	6300 N
Capacidad de carga estática, radial	2600 N
Velocidad límite	17000 1/min
Velocidad de referencia	- 1/min
Carga límite de fatiga,	133 N

Fuente: <https://www.fersa.com/es/especificaciones-tecnicas/6200%202RS/C3>

Tabla 14
Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete.

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

Fuente: Budynas, Richard G., Nisbett, J. Keith, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Pág. 464

Tabla 15
Propiedades mecánicas de la soldadura TIG

Consumibles - Equipos de Soldadura

Varillas TIG para soldadura de Aceros Inoxidables


OK Tigrod 308L
(OK Tigrod 16.10)

AWS A5.9.: ER308L
EN 12070: W 19 9 L
DC -

Gas de Protección: Ar

Propiedades mecánicas típicas

Límite Elástico (MPa)	450
Resistencia a la tracción (MPa)	620
Alargamiento (%)	36
Impacto Charpy V (J)	
@ +20°C	110
@ -60°C	90
@ -196°C	60

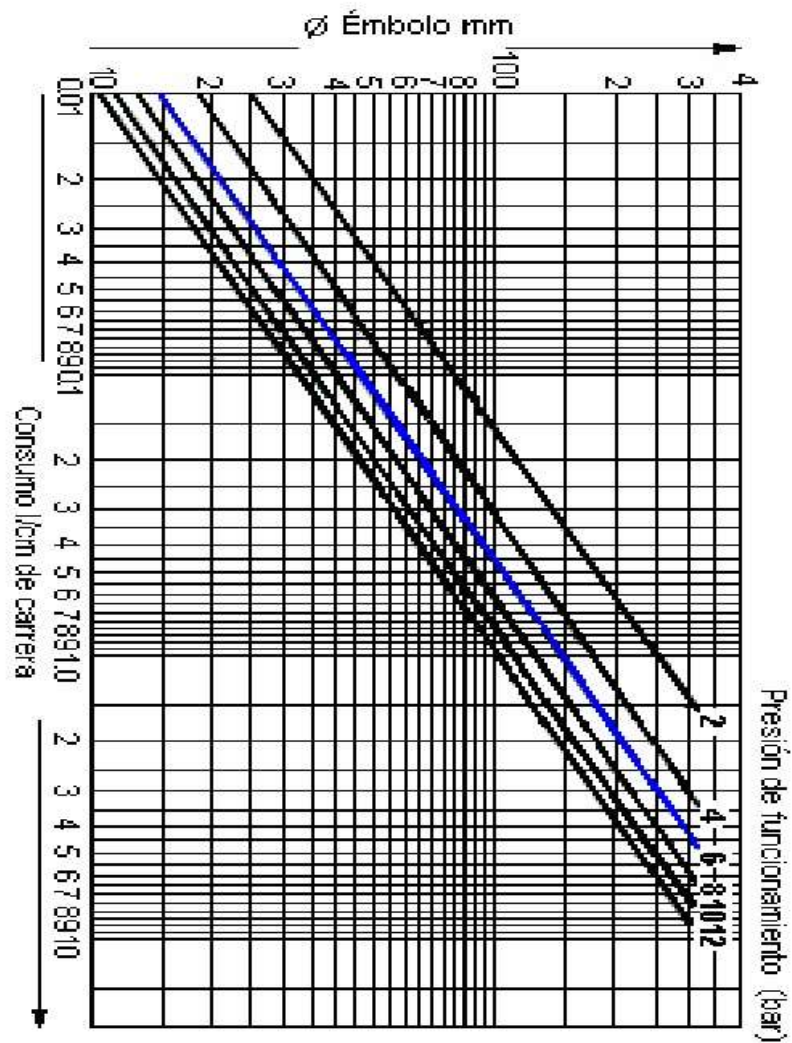


Ficha Técnica

Aplicaciones: El OK Tigrod 308L es una varilla de acero inoxidable, para el soldeo TIG de los aceros resistentes a la corrosión con un contenido aproximado de 16Cr10Ni, tales como AISI 301, 304, 304L.

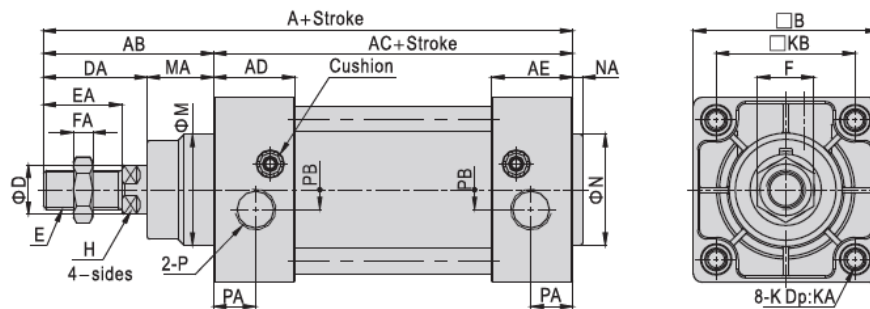
Fuente: http://eurocardis.com/p_varillasTIGinoxidables.php

Tabla 16 Nomograma del consumo específico de aire



Fuente: https://es.scribd.com/document/61580605/Actuadores-Neumaticos#fullscreen&from_embed

Tabla 17
Dimensiones del cilindro neumático ISO 15552



Bore size\Item	A	AB	AC	AD	AE	B	D	DA	E	EA	F	FA	M	MA
32	142	48	94	27.5	27.5	47	12	29	M10×1.25	22	17	6	30	19
40	159	54	105	32	32	53	16	33	M12×1.25	24	17	7	35	21
50	175	69	106	31	31	65	20	42	M16×1.5	32	23	8	40	27
63	190	69	121	33	33	75	20	42	M16×1.5	32	23	8	45	27
80	214	86	128	33	33	95	25	53	M20×1.5	40	26	10	45	33
100	229	91	138	37	37	115	25	55	M20×1.5	40	26	10	55	36
125	279	119	160	46	46	140	32	74	M27×2.0	54	41	13.5	60	45
160	332	152	180	50	50	180	40	94	M36×2.0	72	55	18	65	58
200	347	167	180	50	50	220	40	100	M36×2.0	72	55	18	75	67

Fuente: http://sp2.airtac.com/pro_det.aspx?c_kind=4&c_kind2=19&c_kind3=41&c_kind4=51&c_kind5=103&id=59

Tabla 18
Factores utilizados para determinar un factor de seguridad para materiales dúctiles.

Información	Calidad de la información	Factor
Datos del material disponibles de pruebas	El material realmente utilizado fue probado	F1 1.3
	Datos representativos del material disponibles a partir de pruebas	2
	Datos suficientemente representativos del material disponibles a partir de pruebas	3
	Datos poco representativos del material disponibles a partir de pruebas	5+
Condiciones del entorno en el cual se utilizará	Idénticas a las condiciones de prueba del material	F2 1.3
	Esencialmente en un entorno de ambiente de habitación	2
	Entorno moderadamente agresivo	3
	Entorno extremadamente agresivo	5+
Modelos analíticos para carga y esfuerzos	Los modelos han sido probados contra experimentos	F3 1.3
	Los modelos representan al sistema con precisión	2
	Los modelos representan al sistema aproximadamente	3
	Los modelos son una burda aproximación	5+

Fuente: (Norton, 1999, pag 21)

ANEXO 4

PLANOS

MANUAL DE USUARIO

Encendido

1. Antes del encendido verificar que enchufe esté conectado a la red de alimentación 120 V.
2. Verificar que el Breaker que se encuentra dentro del panel de control este en la posición ON.
3. Verificar que la perilla de encendido este en la posición OFF, la cual también se podrá comprobar con la luz piloto de color rojo encendida.



4. Verificar que la puerta del panel de control este cerrado, la cual se podrá comprobar con la luz piloto de color amarillo apagado.
5. Dado todas las condiciones anteriores proceder a girar la perilla a la posición ON, realizado esta acción, se encenderá la luz piloto de color verde.



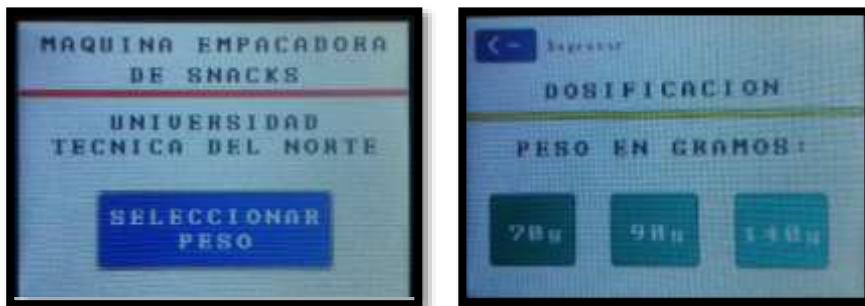
Antes de la puesta en marcha

1. Antes de presionar la puesta en marcha se debe ubicar la lámina de polipropileno en el eje porta bobinas.

2. Verificar que los conos de sujeción este bien colocados y ajustados a los extremos de la lámina de polipropileno.
3. Conducir la lámina por los rodillos guías hasta el formador.
4. Alinear la lámina de polipropileno en el formador para tener la medida correcta del traslape para un buen sellado.
5. Verificar que la válvula de corredera este abierta al paso de aire.
6. Halar la lámina de polipropileno a través del formador hasta sobrepasar la mordaza de sellado vertical y proceder a realizar el sello de forma manual presionando la electroválvula N° 2.
7. Después de haber sellado la lámina de polipropileno verticalmente, halar esta hasta las mordazas de sellado horizontal, luego se procede a sellar de forma manual presionando la electroválvula N° 3.

Puesta en Marcha

1. Una vez realizado la prepuesta en marcha dirigirse a la pantalla de presentación touch. Presionar el botón (SELECCIONAR PESO), el que expande a un menú para seleccionar distintos pesos para la dosificación que son de: 70g, 90g 140g.



2. Dirigirse a los controladores de temperatura, y presionar el botón (<<AT) por 3 segundos y proceder a ajustar la temperatura a 120° con los botones (↑y↓)



8. Una vez elegido el peso, solo queda presionar el botón (INICIO) y la maquina empezara a trabajar



9. El paro de emergencia suspende el funcionamiento de la máquina y al desactivarlo la maquina continua el proceso desde el punto en el que se realizó el paro de emergencia.



10. Para reinicia el proceso se debe girar la perilla a la posición OFF.



Apagado

1. Una vez culminado la jornada de trabajo, para proceder a apagar la máquina se debe girar la perilla a la posición OFF y desactivar el breaker que se encuentra dentro del panel de control.
2. De ser necesario desconectar la red de alimentación de 120V

Precauciones

1. No tocar ningún sistema de sellado (Horizontal o Vertical) mientras la máquina esté en funcionamiento.
2. No introducir la mano en las mordazas mientras la máquina esté funcionando.
3. No introducir la mano u otros objetos en la compuerta de la tolva de pesaje.
4. No abrir la puerta del panel de control mientras la máquina esté en funcionamiento.
5. No mojar las partes eléctricas de los diferentes sistemas.
6. Si nota alguna variación en el funcionamiento de la máquina empacadora de snack, apague la máquina y llame al técnico para revisión pertinente.

Aviso de seguridad

Esta sección contiene información sobre distintas señales de advertencia y su ubicación exacta en la máquina.

Aviso de seguridad 1



No opere este producto ni trabaje en él hasta que haya leído y comprendido todas las instrucciones y señales de advertencias que se encuentran en el manual de operación y mantenimiento. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia, puede producirse accidentes leves y graves.

Esta etiqueta está ubicada en la placa del soporte de la mordaza del sistema de sellado horizontal y vertical.

Aviso de seguridad 2



En esta zona usted puede sufrir aplastamiento si introduce cualquier extremidad. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia que se encuentran en el manual de operación y mantenimiento, puede producirse accidentes leves y graves.

Esta etiqueta está ubicada en la placa del soporte de la mordaza del sistema de sellado horizontal y vertical, además se encuentra en la tapa de la tolva de pesaje.

Aviso de seguridad 3



En esta zona usted puede sufrir cortes si introduce cualquier extremidad. Si no se hace caso a las instrucciones y a las señales de advertencia que se encuentran en el manual de operación y mantenimiento, puede producirse accidentes leves y graves.

Esta etiqueta está ubicada en la placa del soporte de la mordaza del sistema de sellado horizontal.

MANUAL DE MANTENIMIENTO MECÁNICO

Antes del uso

Elemento de Trabajo	Detalle u observaciones
mantenimiento	
Ejes guías de las mordazas del sellado horizontal	Lubricar Aceite lubricante WD-40
Guías de desplazamiento del sistema de arrastre	Lubricar Aceite lubricante WD-40
Formador de funda	Limpiar Paño seco que no desprenda pelusa

Antes y después del uso

Elemento de Trabajo	Detalle u observaciones
mantenimiento	
Tolva de almacenamiento	Limpiar residuos Paño seco que no desprenda pelusa
Tolva de pesaje	Limpiar residuos Paño seco que no desprenda pelusa
Bandeja Transportadora	Limpiar residuos Paño seco que no desprenda pelusa

Semanal

Elemento de Trabajo	Detalle u observaciones
mantenimiento	
Cuchillas	Inspeccionar el filo de la cuchilla
Chumacera UCF 204-12	Lubricar Aceite lubricante WD-40

Mensual

Elemento de Trabajo	Detalle u observaciones
mantenimiento	

Mordazas de sellado horizontal	Ajuste y alineación	
Bocines	Lubricación	Aceite lubricante WD-40
Rodamientos 2RSC3	6000- Lubricar e inspeccionar su estado	Aceite lubricante WD-40
Pernos y tuercas	Realiza reajustes	

MANUAL DE MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO

Mensual

Elemento mantenimiento	de Trabajo	Detalle u observaciones
Electroválvula 4V110-06	Comprobación de activación	de Encendido del led interno
Celda de carga pw6-c3-5	HBM Comprobación de voltaje de salida	Variación de voltaje en multímetro
Amplificador de instrumentación	de Calibración	Regirse al manual de calibración
Sensores CS1-B1	magnéticos Comprobación de respuesta	de Encendido del led interno

Semestral

Elemento mantenimiento	de Trabajo	Detalle u observaciones
PLC S7-1200 AC/DC/Rly	Reajuste de conexiones	Regirse al diagrama circuital
Cableado	Reajuste de terminales	Comprobar continuidad

MANUAL DE POSIBLES FALLAS

Posibles Fallas	Posibles Razones	Acción
No enciende	Desconexión de red eléctrica	Conectar a la red eléctrica eléctrica
	Falta de continuidad	Revisar el voltaje de alimentación en las borneras de distribución
	Falta de presión	Ajustar a la presión adecuada en la unidad de mantenimiento.
Cilindros no funcionan	Falta de continuidad	Revisar el voltaje de alimentación a las electroválvulas.
	Daño en la electroválvula	Reemplazo o mantenimiento de electroválvula.
Vibrador no funciona	Daño en la bobina	Reemplazo de la bobina
	Incorrecto ajuste del tornillo.	Calibrar tornillo.
Mala elaboración de fundas	Desalineación de la lámina de polipropileno	Calibrar los topes en los rodillos guía.
	Daño en las resistencia	Reemplazo de resistencia
Mordazas no calientan	Falta de continuidad	Revisar el voltaje de alimentación al SSR
	Daño en relé de estado sólido (SSR)	Reemplazar SSR

No corta la funda	Cuchilla de corte sin filo	Reemplazo de cuchilla de corte
	Desplazamiento de cuchilla de corte	Calibrar desplazamiento.
Apagado instantáneo	Salto del breaker	Activar el breaker

ABSTRACT

The project is created based on the need to improve the packaging stage of snacks of the "Marcita Trujillo" micro-enterprise, that is currently performing the process manually, with a production of 54 bags of 140 grams per hour, which is intended to implement a packaging machine that increases the process to 70 bags per hour, and that its operation is automatic.

The construction of the snack packing machine is developed together, so it is divided into three parts, being the first part the dosing system, the second part corresponds to the vertical and horizontal labelling system and the third part corresponds to the forming, guiding and bag drag system.

This work constitutes the third part of the project, which develops the design and construction of the forming, guiding and bag drag system.

The project consists of six chapters. The first chapter focuses on general aspects such as background, problem, objectives, justification and importance.

The second chapter established the theoretical basis which presents a study of the different packaging systems where each of them is specified. A study of flexible packaging in the food industry was carried out.

In the third chapter, each of the alternatives and possibilities proposed were evaluated, oriented to the requirements and needs of the company, until reaching the final specifications of the machine. Subsequently, it was carried out a collection of all the knowledge acquired during the Mechatronics Engineering career. It is presented a detailed design of the guiding, formed and bag drag system.

In the fourth chapter, the function tests and the costs of the systems for guiding, forming and dragging bags, are shown.

Finally, in chapter five, the respective conclusions, recommendations and bibliographic sources of the project, are presented.



A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Marta C. H.' with a star symbol above the 'i'.