



**Diseño de una máquina ensambladora de recibidores e implementación de un mecanismo para remachado en dos posiciones y de un sistema automático para el transporte y empaque de recibidores para la empresa VYMSA**

Ordoñez Chicaiza, Bryan David y Quishpe Quishpe, Carlos Daniel

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecánica

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Naranjo Guatemala, Carlos Rodrigo. Msc.

4 de marzo del 2022



Trabajo\_de\_Integración\_Curricular\_Ordoñez\_Quishpe TEXT...

Scanned on: 3:4 March 5, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	149
Words with Minor Changes	1
Paraphrased Words	0
Omitted Words	0

Planned software and services provided by the company...  
CALLE 14-00 AV. 10-00 GUATEMALA, GUATEMALA  
CALLE 14-00 AV. 10-00 GUATEMALA, GUATEMALA  
CALLE 14-00 AV. 10-00 GUATEMALA, GUATEMALA  
CALLE 14-00 AV. 10-00 GUATEMALA, GUATEMALA

Ing. Carlos Naranjo, MSc  
Docente tutor proyecto



Website | Education | Businesses

Firma:



Firma digitalizada por:  
CARLOS RODRIGO  
NARANJO GUATEMALA

Ing. Naranjo Guatemala Carlos Rodrigo

C. C.: 1707087084



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de integración curricular, "Diseño de una máquina ensambladora de recibidores e implementación de un mecanismo para remachado en dos posiciones y de un sistema automático para el transporte y empaque de recibidores para la empresa VYMSA". fue realizado por los señores Ordoñez Chicaiza Bryan David y Quishpe Quishpe Carlos Daniel, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 4 de marzo del 2022

Firma:



El modo de verificación por:  
CARLOS RODRIGO  
NARANJO GUATEMALA

.....  
Ing. Naranjo Guatemala Carlos Rodrigo

C. C.: 1707087084



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Nosotros, **Ordoñez Chicaiza Bryan David** y **Quishpe Quishpe Carlos Daniel**, con cédulas de ciudadanía No. 1719836510, 1722194188 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Diseño de una máquina ensambladora de recibidores e implementación de un mecanismo para remachado en dos posiciones y de un sistema automático para el transporte y empaque de recibidores para la empresa VYMSA**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 4 de marzo del 2022**

**Ordoñez Chicaiza Bryan David**

C.C.: 1719836510

**Quishpe Quishpe Carlos Daniel**

C.C.: 1722194188



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotros Ordoñez Chicaiza Bryan David y Quishpe Quishpe Carlos Daniel, con cédulas de ciudadanía n° 1719836510, 1722194188 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Diseño de una máquina ensambladora de recibidores e implementación de un mecanismo para remachado en dos posiciones y de un sistema automático para el transporte y empaque de recibidores para la empresa VYMSA** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 4 de marzo del 2022**

**Ordoñez Chicaiza Bryan David**

C.C.: 1719836510

**Quishpe Quishpe Carlos Daniel**

C.C.: 1722194188

## Dedicatoria

*A mis padres Emma y Marco, que sin su apoyo esto no sería posible, por haberme dado uno de los mejores regalos “la educación”, a mis hermanos Melany y Anthony por haber sido el motor y razón de algunas de mis acciones y decisiones, para que tomen esto como un ejemplo de dedicación y esfuerzo, esto es para ustedes. Además, a todas las personas que siempre me apoyaron y animaron para poder alcanzar este logro tan importante en mi vida.*

**A. David Ordoñez**

*Dedico este trabajo a Dios por bendecirme día a día y permitirme alcanzar mis objetivos y metas, A toda mi familia, pero especialmente a mi padre por haberme enseñado el camino, una profesión y el gusto por la mecánica que, a pesar de no estar físicamente hoy por hoy, siempre estará en mis pensamientos, logros y éxitos que alcance en la vida y sé que desde el Cielo estará cuidándome y guiándome siempre.*

**A. Carlos Quishpe**

## **Agradecimiento**

*En primer lugar, a la Universidad de las Fuerzas Armadas – “ESPE” por permitirme estudiar la carrera que me gusta, así mismo a todos los docentes que me brindaron sus conocimientos y experiencia con lo que me han ayudado a formarme académica y personalmente.*

*A mis padres Emma y Marco que me han acompañado en todo este largo proceso, por todo su sacrificio, sus consejos, enseñanzas y compañía incondicional que ahora tiene frutos. Gracias por tanto viejos todo mi esfuerzo ha sido por ustedes.*

*Un agradecimiento especial al Ing. Jonathan Casa que ha estado presente en toda mi formación, por sus grandes consejos y su apoyo incondicional en todo aspecto de mi vida, además por el aporte y el interés que tuvo para la elaboración de nuestro trabajo de tesis. Gracias mi hermano.*

*A mi director de tesis, Ing. Carlos Naranjo MSc., por su guía en el desarrollo de este proyecto y todas las sugerencias que siempre fueron bienvenidas.*

*Finalmente, a los que fueron parte de mi proceso de crecimiento personal y académico, amigos, familia, personas importantes y especiales que han marcado mi desarrollo (KY).*

**A. David Ordoñez**

*A Dios, por darme sabiduría y fortaleza para seguir adelante.*

*A mi madre Mariana, por los consejos, apoyo y enseñanzas de vida, por estar a mi lado en este proceso siendo mi guía, por su sacrificio y constancia, con lo cual aprendí a afrontar la vida de manera diferente viendo su ejemplo de lucha y fortaleza.*

*A mi padre Carlos, quien con su ejemplo me enseñó lo que es responsabilidad y disciplina, por ser mi guía y enseñarme el camino a seguir brindándome sus consejos para alcanzar mis metas y objetivos.*

*A mi hermana Ana, quien ha estado presente con sus consejos y palabras de aliento para no decaer y seguir adelante siempre.*

*A la Carrera de Ingeniería Mecánica y la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", por ser mi casa durante el tiempo de estudio, en los cuales pude adquirir grandes conocimientos para aplicarlos en mi profesión y la vida en general.*

*Al director de Tesis Ing. Carlos Naranjo, por la guía brindada en el proceso impartiendo consejos y conocimientos para aplicarlos en el desarrollo del presente proyecto.*

*A procesadora VYMSA, por abrirnos las puertas de sus instalaciones y permitirnos demostrar los conocimientos a lo largo de la carrera en la elaboración e implementación de este proyecto.*

*Finalmente, a todos quienes fueron parte importante de mi crecimiento personal y profesional, familia y amigos que han marcado mi formación.*

**A. Carlos Quishpe**

## Tabla de Contenidos

Dedicatoria .....	4
Agradecimiento .....	7
Lista de tablas .....	16
Lista de figuras.....	18
Abstract .....	21
Resumen.....	21
Capítulo 1 Generalidades.....	23
Antecedentes .....	23
Justificación e Importancia .....	23
Área de Influencia.....	24
Alcance del proyecto .....	24
Diseño de la máquina ensambladora.....	25
Diseño, implementación y construcción de un mecanismo para remachado en dos posiciones .....	26
Sistema de transporte de recibidores.....	27
Objetivos .....	27
Objetivo General .....	27
Objetivos Específicos .....	27
Capítulo 2.....	29
Marco Teórico .....	29
Procesadora VYMSA.....	29
Caracterización de los elementos que intervienen en el ensamblaje. ....	29
Recibidor .....	30
Rodachín.....	31

Remaches .....	32
Caracterización del proceso de ensamblado de los recibidores .....	33
Dispositivos para las acciones de la máquina ensambladora .....	34
Sistemas de alimentación industrial .....	34
Alimentador vibratorio .....	34
Alimentación de disco giratorio (centrífugo).i. ....	35
Sistemas de transporte .....	36
Transporte por sistema de banda.....	36
Sistema de transporte por cadenas con aletas.....	38
Actuadores de control.....	39
Actuadores eléctricos .....	39
Motores Universales.. ....	40
Motores de corriente alterna (AC).. ....	40
Motores de corriente continua (DC) .....	40
Motor paso a paso. ....	40
Servomotores.....	41
Cilindros neumáticos.....	42
Tipos.....	42
Controladores.....	43
Sistemas ON/OFF.....	43
Controladores analógicos y digitales.....	43
Controladores lógicos programables (PLC).....	44
Estudio técnico.....	44
Cargas dinámicas de impacto .....	44
Matricería .....	45

### Capítulo 3 Diseño de componentes mecánicos y estructura de la máquina

ensambladora de recibidores .....	46
Especificaciones del diseño .....	46
Arquitectura de la máquina.....	46
Selección de alternativas.....	48
Criterios de selección .....	48
Análisis de las alternativas y decisión para la estación 1 .....	49
Análisis de las alternativas y decisión para las estaciones 2 y 3. ....	50
Análisis de las alternativas y decisión para el sistema de alimentación de rodachines.....	51
Análisis de las alternativas y decisión para el motor del sistema de transporte entre estaciones .....	52
Análisis de las alternativas y decisión para el sistema de transporte .....	54
Conformación de los sistemas de la máquina ensambladora .....	55
Diseño de la cadena transportadora .....	56
Velocidad Lineal de avance.....	57
Cálculo de transmisión por cadena .....	57
Cálculo del torque.....	58
Largo de la cadena. ....	58
Velocidad angular. ....	58
Pesos de componentes del sistema de transporte.....	59
Inercia Total del sistema de transporte. ....	59
Aceleración angular. ....	60
Torque de aceleración rotatorio.....	61
Torque de aceleración lineal. ....	61
Torque de aceleración.....	61

Torque de fricción .....	61
Potencia de la cadena .....	62
Corrección de la potencia .....	63
Diseño de los elementos de la estación de recibidores.....	63
Diseño del Casete de alimentación .....	64
Diseño Placa Soporte del casete .....	66
Diseño de la rampa de alimentación .....	67
Determinación del tiempo y velocidad del recibidor en la rampa .....	68
Dimensionamiento del cilindro utilizado en el empuje del recibidor .....	69
Diseño del soporte de la rampa.....	71
Diseño de los elementos de la estación de colocación de remaches .....	73
Torre de suministro de remaches.....	74
Diseño del mecanismo de abastecimiento.....	75
Caracterización del alimentador vibratorio de dos vías .....	78
Diseño de los elementos de la estación de alimentación de rodachines .....	79
Diseño de la torre de suministro.....	81
Diseño de la rueda de posicionamiento .....	82
Determinación del motor a pasos para el accionamiento de la rueda.. .....	83
Diseño del alimentador centrífugo.....	85
Cálculo de la potencia del motor. ....	85
Diseño de los elementos de la estación final de remachado.....	88
Cálculo del cilindro de remachado .....	89
Diseño de la placa de soporte conectada al cilindro neumático.....	91
Diseño de la placa porta punzones .....	95
Diseño de los ejes guías.....	97
Diseño de la mesa de soporte.....	98

Capítulo 4.....	103
Diseño y construcción de componentes del sistema de remachado y de transporte de recibidor .....	103
Especificaciones del diseño .....	103
Remachado en dos posiciones .....	103
Sistema de Transporte .....	103
Selección de alternativas.....	104
Análisis y decisión de la alternativa para el sistema de transporte .....	104
Análisis de las alternativas para la selección del sensor de posición .....	105
Diseño mecanismo de remachado en dos posiciones.....	106
Diseño de placas guías para remachado en dos posiciones .....	107
Placa de empuje. ....	108
Placa porta punzones. ....	108
Pandeo de columnas.....	109
Diseño del sistema de transporte para el empaque de recibidores .....	109
Velocidad lineal.....	110
Velocidad angular .....	110
Aceleración angular .....	111
Pesos de componentes del sistema de transporte .....	111
Inercia total del sistema de transporte .....	111
Torque requerido .....	112
Torque de aceleración rotatorio.....	112
Torque de aceleración lineal. ....	112
Torque de aceleración.....	112
Torque de fricción. ....	112
Potencia requerida.....	113

Diseño del sistema de control .....	114
Construcción de los elementos de la máquina .....	118
Mecanizado de las piezas necesarias para el sistema .....	120
Pruebas de funcionamiento y operación .....	125
Prueba de funcionamiento en vacío del sistema de remachado .....	126
Prueba de funcionamiento con carga del sistema de remachado .....	127
Prueba de velocidad de producción en el remachado de los recibidores .....	129
Pruebas de funcionamiento del sistema de transporte .....	129
Pruebas de calibración del sensor .....	130
Prueba de producción (Remachado y empaque de recibidores) .....	131
Capítulo 5 .....	132
Análisis económico financiero .....	132
Máquina ensambladora de recibidor .....	132
Costos Directos .....	132
Costo de remuneración a estudiantes .....	132
Costos de Elementos Neumáticos. ....	133
Costo de elementos eléctricos y de control. ....	133
Costo de elementos mecánicos. ....	134
Costos Indirectos .....	135
Costo Total del Proyecto .....	136
Sistema de remachado de dos posiciones y transporte de recibidor .....	136
Costos Directos .....	137
Costos Indirectos .....	139
Costo Total del Proyecto .....	139
Capítulo 6 .....	141
Conclusiones y recomendaciones .....	141

Conclusiones..... 141

Recomendaciones ..... 143

Lista de referencias..... 145

Anexos ..... 148

### Lista de tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Matriz de Criterios para la selección de alternativas</i> .....	49
<b>Tabla 2</b>	<i>Selección del tipo de alimentador para los recibidores</i> .....	50
<b>Tabla 3</b>	<i>Selección del tipo de alimentador para los remaches</i> .....	51
<b>Tabla 4</b>	<i>Selección del tipo de alimentador para los rodachines</i> .....	52
<b>Tabla 5</b>	<i>Criterios para la selección del motor</i> .....	53
<b>Tabla 6</b>	<i>Matriz de selección del motor para el sistema de transporte entre estaciones</i>	53
<b>Tabla 7</b>	<i>Criterios para la selección del sistema de transporte</i> .....	54
<b>Tabla 8</b>	<i>Selección del sistema de transporte</i> .....	55
<b>Tabla 9</b>	<i>Número de dientes según la relación de transmisión</i> .....	57
<b>Tabla 10</b>	<i>Detalle de las masas de los elementos a intervenir en el proceso</i> .....	59
<b>Tabla 11</b>	<i>Inercia del piñón Z=31 tomada del software SolidWorks</i> .....	60
<b>Tabla 12</b>	<i>Características de cilindro DSNU de 8 mm</i> .....	70
<b>Tabla 13</b>	<i>Pesos de los elementos soportados por la estructura</i> .....	71
<b>Tabla 14</b>	<i>Características y dimensiones del alimentador vibratorio</i> .....	78
<b>Tabla 15</b>	<i>Inercias a vencer por el motor</i> .....	83
<b>Tabla 16</b>	<i>Inercia de los elementos del diseño</i> .....	86
<b>Tabla 17</b>	<i>Características del motorreductor seleccionado</i> .....	88
<b>Tabla 18</b>	<i>Características del cilindro neumático de 125 mm</i> .....	90
<b>Tabla 19</b>	<i>Selección del cilindro neumático adecuado</i> .....	90
<b>Tabla 20</b>	<i>Criterios para utilizar Factores de seguridad</i> .....	92
<b>Tabla 21</b>	<i>Espesores de placas dadas por proveedores</i> .....	93
<b>Tabla 22</b>	<i>Pesos de los sistemas soportados por la mesa</i> .....	99
<b>Tabla 23</b>	<i>Criterios para la selección del sistema de transporte</i> .....	104
<b>Tabla 24</b>	<i>Selección del sistema de transporte de los recibidores</i> .....	105
<b>Tabla 25</b>	<i>Criterios de selección para el sensor</i> .....	105

<b>Tabla 26</b>	<i>Selección del sensor a utilizar en el proceso</i>	106
<b>Tabla 27</b>	<i>Cálculo de la inercia de los elementos del sistema de transporte</i>	111
<b>Tabla 28</b>	<i>Características del motor seleccionado</i>	113
<b>Tabla 29</b>	<i>Descripción de los elementos del sistema de control</i>	114
<b>Tabla 30</b>	<i>Listado de Materiales</i>	118
<b>Tabla 31</b>	<i>Resultados prueba de funcionamiento en vacío del sistema de remachado</i>	127
<b>Tabla 32</b>	<i>Resultados pruebas de funcionamiento con carga</i>	128
<b>Tabla 33</b>	<i>Resultados prueba de velocidad de producción en el remachado de los recibidores</i>	129
<b>Tabla 34</b>	<i>Resultados prueba de funcionamiento del sistema de transporte</i>	130
<b>Tabla 35</b>	<i>Resultados de la calibración del temporizador</i>	130
<b>Tabla 36</b>	<i>Resultados de la prueba de producción</i>	131
<b>Tabla 37</b>	<i>Resumen de costo por mano de obra de estudiantes</i>	132
<b>Tabla 38</b>	<i>Resumen de costos de elementos neumáticos</i>	133
<b>Tabla 39</b>	<i>Resumen de costos de materiales eléctricos y de control</i>	133
<b>Tabla 40</b>	<i>Resumen de costos de elementos mecánicos</i>	134
<b>Tabla 41</b>	<i>Resumen de Costos Indirectos</i>	135
<b>Tabla 42</b>	<i>Detalle del costo total de la implementación de la máquina</i>	136
<b>Tabla 43</b>	<i>Costo de los materiales incluidos en la máquina</i>	137
<b>Tabla 44</b>	<i>Remuneración a los estudiantes</i>	139
<b>Tabla 45</b>	<i>Costos Indirectos del proyecto</i>	139
<b>Tabla 46</b>	<i>Detalle del costo total del proyecto</i>	140

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Esquema de producción actual y proyectada</i> .....	25
<b>Figura 2</b>	<i>Componentes a ensamblar</i> .....	29
<b>Figura 3</b>	<i>Recibidor de bisagra para puertas de horno</i> .....	30
<b>Figura 4</b>	<i>Dimensiones geométricas del recibidor en mm</i> .....	31
<b>Figura 5</b>	<i>Dimensión geométrica del recibidor</i> .....	32
<b>Figura 6</b>	<i>Dimensión geométrica del remache</i> .....	32
<b>Figura 7</b>	<i>Proceso de ensamblaje de recibidores</i> .....	33
<b>Figura 8</b>	<i>Posicionador vibratorio circular de remaches</i> .....	35
<b>Figura 9</b>	<i>Alimentadora de disco giratorio</i> .....	36
<b>Figura 10</b>	<i>Componentes de una banda transportadora</i> .....	37
<b>Figura 11</b>	<i>Cadena con aletas</i> .....	39
<b>Figura 12</b>	<i>Motor a pasos</i> .....	41
<b>Figura 13</b>	<i>Servomotor</i> .....	42
<b>Figura 14</b>	<i>Cilindro de doble efecto</i> .....	43
<b>Figura 15</b>	<i>Operaciones requeridas para el ensamble del recibidor</i> .....	46
<b>Figura 16</b>	<i>Estaciones de la máquina</i> .....	47
<b>Figura 17</b>	<i>Esquema de la banda</i> .....	56
<b>Figura 18</b>	<i>Dimensiones consideradas en el diseño</i> .....	57
<b>Figura 19</b>	<i>Respuesta del motor al arrancar a una velocidad determinada</i> .....	60
<b>Figura 20</b>	<i>Curva característica del motor seleccionado</i> .....	62
<b>Figura 21</b>	<i>Esquema del Sistema de Alimentación de Recibidores</i> .....	64
<b>Figura 22</b>	<i>Resultados caja de alimentación</i> .....	65
<b>Figura 23</b>	<i>Resultados del análisis del recibidor</i> .....	66
<b>Figura 24</b>	<i>Diagrama de la viga considerando el análisis de elementos finitos</i> .....	66
<b>Figura 25</b>	<i>Deformación máxima de la placa</i> .....	67

<b>Figura 26</b> <i>Resultados de la rampa</i> .....	67
<b>Figura 27</b> <i>Diagrama fuerzas que actúan en el recibidor</i> .....	68
<b>Figura 28</b> <i>Accionador de empuje del recibidor</i> .....	69
<b>Figura 29</b> <i>Soporte de la rampa</i> .....	72
<b>Figura 30</b> <i>Vista Lateral Esquema sistema de alimentación de remaches</i> .....	73
<b>Figura 31</b> <i>Vista frontal esquema de alimentación de remaches</i> .....	74
<b>Figura 32</b> <i>Dimensionamiento de la torre de suministro de los remaches</i> .....	75
<b>Figura 33</b> <i>Mecanismo biela - manivela para el abastecimiento de los remaches</i> .....	76
<b>Figura 34</b> <i>Simulación del mecanismo en ArtaSam</i> .....	77
<b>Figura 35</b> <i>Resultados del movimiento del mecanismo</i> .....	78
<b>Figura 36</b> <i>Vista frontal del Esquema sistema de alimentación y colocación del rodachín</i> .....	80
<b>Figura 37</b> <i>Vista Lateral del esquema de suministro de rodachines</i> .....	80
<b>Figura 38</b> <i>Torre de suministro de rodachines</i> .....	82
<b>Figura 39</b> <i>Rueda de posicionamiento</i> .....	83
<b>Figura 40</b> <i>Curvas características del motor</i> .....	85
<b>Figura 41</b> <i>Esquema sistema de remachado</i> .....	88
<b>Figura 42</b> <i>Diagrama de fuerzas en el remachado</i> .....	91
<b>Figura 43</b> <i>Determinación del momento flector y fuerza cortante</i> .....	93
<b>Figura 44</b> <i>Fuerzas que actúan en la placa</i> .....	95
<b>Figura 45</b> <i>Momento flector y fuerza cortante de la placa</i> .....	96
<b>Figura 46</b> <i>Modelo de la mesa de soporte</i> .....	98
<b>Figura 47</b> <i>Estaciones de la máquina ensambladora</i> .....	100
<b>Figura 48</b> <i>Vista Superior Estaciones de la máquina ensambladora</i> .....	101
<b>Figura 49</b> <i>Vista Isométrica de la máquina ensambladora</i> .....	102
<b>Figura 50</b> <i>Etapas finales en el proceso de producción</i> .....	103

<b>Figura 51</b>	<i>Esquema mecanismo de remachado doble</i> .....	107
<b>Figura 52</b>	<i>Esquema del sistema de transporte</i> .....	109
<b>Figura 53</b>	<i>Ensamblaje Final</i> .....	114
<b>Figura 54</b>	<i>Circuito de Control Fuente de 220V</i> .....	116
<b>Figura 55</b>	<i>Circuito de control fuente de 12 V</i> .....	117
<b>Figura 56</b>	<i>Circuito de Potencia</i> .....	118
<b>Figura 57</b>	<i>Piezas para el sistema de remachado</i> .....	120
<b>Figura 58</b>	<i>Ensamble del mecanismo de remachado</i> .....	121
<b>Figura 59</b>	<i>Acabado final de las piezas de trabajo</i> .....	121
<b>Figura 60</b>	<i>Elementos para el sistema de transporte</i> .....	122
<b>Figura 61</b>	<i>Corte de la mesa para instalación del sistema de transporte</i> .....	122
<b>Figura 62</b>	<i>Ensamblaje final del sistema de transporte</i> .....	123
<b>Figura 63</b>	<i>Instalación del sistema completo</i> .....	124
<b>Figura 64</b>	<i>Sistema de remacho dos posiciones</i> .....	125
<b>Figura 65</b>	<i>Partes del sistema de transporte</i> .....	126
<b>Figura 66</b>	<i>Dispositivos del sistema de control</i> .....	126

## Resumen

El presente proyecto describe el Diseño de una máquina ensambladora de recibidores e implementación de un mecanismo para remachado en dos posiciones y de un sistema automático para el transporte y conteo de recibidores para la empresa VYMSA.

Los dispositivos nombrados son una alternativa para reemplazar el proceso manual de ensamblado de recibidores reemplazándolo por un proceso automático mejorando la producción de manera considerable.

En cuanto a la implementación del mecanismo de remachado se buscó reemplazar el sistema existente por uno que permita realizar el remachado de dos remaches en un solo paso mejorando el proceso actual de la empresa. Como adicional buscando de igual forma la mejora continua de los procesos se realizó un mecanismo de transporte y conteo de recibidores que almacene un lote de 500 productos por caja para así reducir el tiempo en el proceso y automatizar el proceso final de empaque y almacenamiento.

El desarrollo del proyecto se efectuó en tres etapas, la primera considera la investigación, el análisis de requisitos, especificaciones y parámetros orientados a las necesidades de la empresa tomando en cuenta la producción, tiempos y calidad de los productos. Como segunda etapa se estipuló el diseño de la máquina propuesta, así como el desarrollo de los componentes necesarios de los dispositivos para el transporte y conteo de los recibidores. Y por último se tiene la implementación de los dispositivos en la empresa realizando pruebas de operación y funcionamiento.

### Palabras Clave:

- **IMPLEMENTACIÓN**
- **MEJORA CONTINUA**
- **ALTERNATIVAS**
- **DISEÑO**

### **Abstract**

This project describes the design of an assembly machine for receivers and the implementation of a mechanism for riveting in two positions and an automatic system for the transport and counting of receivers for the company VYMSA.

The named devices are one to replace the manual process of assembly of receipts by replacing it with an automatic process improving production considerably.

Regarding the implementation of the riveting mechanism, it was sought to replace the existing system with one that allows the riveting of two rivets in a single step, improving the current process of the company. In addition, seeking the continuous improvement of the processes, a mechanism for transporting and counting receipts was carried out to store a batch of 500 products per box in order to reduce the time in the process and automate the final packaging and storage process.

The development of the project was carried out in three stages, the first considers the investigation, the analysis of requirements, specifications and parameters oriented to the needs of the company taking into account the production, time and quality of the products. As a second stage, the design of the proposed machine was stipulated, as well as the development of the necessary components of the devices for the transport and counting of the receivers. And finally, there is the implementation of the devices in the company, carrying out operation and performance tests.

#### **Keywords:**

- **IMPLEMENTATION**
- **CONTINUOUS IMPROVEMENT**
- **ALTERNATIVES**
- **DESIGN**

## **Capítulo 1**

### **Generalidades**

#### **Antecedentes**

Mientras avanza el tiempo los procesos industriales siguen actualizándose por efecto del avance de la tecnología y por ende el mercado es cada vez más competitivo, se ha visto a la automatización industrial como uno de los factores claves para que los procesos puedan llegar a ser cada vez más rentables y eficaces tomando como punto importante las buenas prácticas de manufactura y siguiendo la mejora continua de los procesos para asegurar productos de calidad.

La empresa VYMSA nace en el año de 1983 bajo la dirección de su gestor principal Raúl Mendizábal, la cual en sus inicios se dedicaba a la fabricación de estructuras metálicas, para con el pasar de los años posicionarse como una empresa abastecedora de elementos que no son fabricados en Ecuador como partes y componentes de línea blanca convirtiéndose en el principal abastecedor de marcas como Mabe, Indurama, Fibroacero, Ecasa, Haceb, Electroandina, entre otros.

Entre los principales elementos en los que la empresa se ha desempeñado como proveedor nacional de mecanismos de línea blanca son bisagras de hornos de cocina, bisagras de puertas de congelador, botones para puerta, conectores, manijas, entre otras. Al momento la empresa ensambla alrededor de 4000 recibidores para bisagras de puerta de horno por jornada de 8 horas de trabajo, tanto el ensamble como remachado de los recibidores se lo realiza de forma manual lo cual requiere cierta experticia para lograr obtener una pieza con las características deseadas.

#### **Justificación e Importancia**

Con el paso de los años las empresas han buscado automatizar los procesos tratando de disminuir los costos de fabricación aumentando de esta manera la

producción, eso se debe al avance de la tecnología y teniendo en cuenta que el mercado es cada vez más competitivo, se ha visto a la automatización industrial como uno de los factores claves para que los procesos puedan llegar a ser cada vez más rentables y eficaces.

Es por esta razón que dentro del proyecto se plantea el diseño de una máquina ensambladora de recibidores mediante el uso de posicionadores vibratorios, sistemas de dosificación y bandas transportadora, además de utilizar un sistema neumático para el control y movimiento de los actuadores.

Con el propósito de contribuir con la empresa Procesadora de aceros VYMSA, nuestro proyecto propone el diseño de una máquina ensambladora de recibidores para puertas de hornos de cocina con un control automático con el fin de que en un futuro puedan implementar la idea buscando ganar productividad y reducir costos y tiempos de producción, e implementación de un mecanismo para remachado en dos posiciones y de un sistema automático para el transporte y empaque de recibidores con lo cual se busca seguir con la mejora continua de los procesos siguiendo los lineamientos bases de la empresa.

### **Área de Influencia**

El proyecto beneficiará a la empresa patrocinadora VYMSA quien es encargada de producir y comercializar productos, partes y piezas para el sector industrial y comercial principalmente la línea blanca.

### **Alcance del proyecto**

El presente proyecto contempla tres partes que serán desarrollados para cumplir necesidades y requerimientos de la empresa VYMSA y que son:

- 1) Diseño de una máquina ensambladora de recibidores

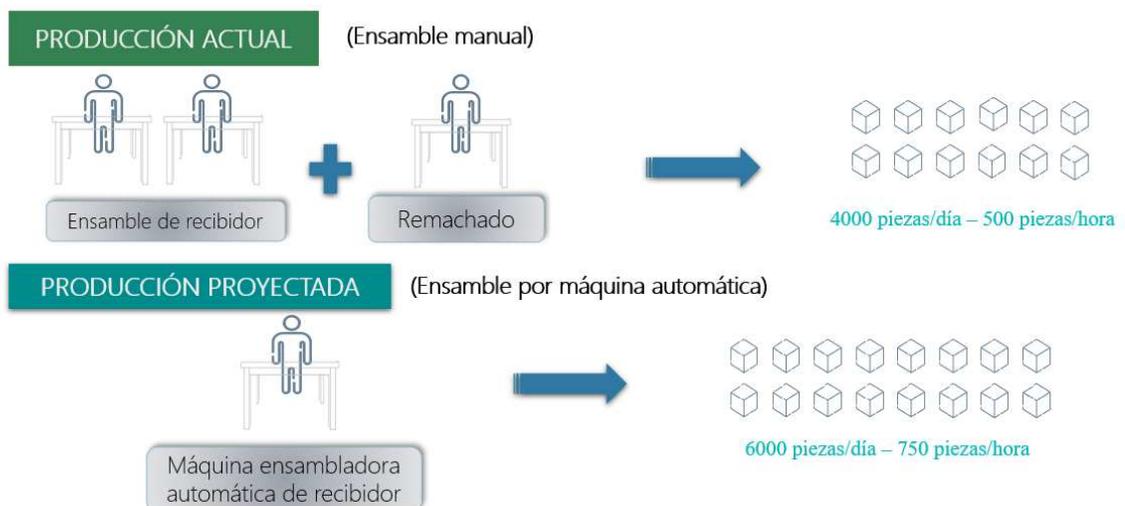
- 2) Diseño, implementación y construcción de un mecanismo para remachado en dos posiciones.
- 3) Desarrollo de un sistema automático para el transporte y empaque de recibidores.

### ***Diseño de la máquina ensambladora***

Con el diseño de la máquina ensambladora de recibidores se busca mejorar la producción de 8 a 12 piezas por minuto produciendo un promedio de 5760 a 5800 (con un máximo de 6000) elementos en 8 horas de trabajo.

### **Figura 1**

#### *Esquema de producción actual y proyectada*



La máquina contará con sistemas de alimentación para el rodachín, remaches y recibidores haciendo que el proceso sea automático, incluyendo un sistema de transporte para trasladar los recibidores por las estaciones y poder realizar el ensamblaje total del recibidor.

Dado que el sistema será implementado en algún momento en la línea de producción es importante describir los entregables que estarán a disposición de la empresa y se tiene los siguientes:

- Archivo CAD con el ensamble y visualización de los elementos de la máquina.
- Simulación de las estaciones para demostrar su funcionalidad
- Planos de todos los elementos constituyentes de la máquina.
- Memoria de cálculo
- Listado de materiales
- Análisis de costos tentativos para su implementación
- Recomendaciones para el montaje

### ***Diseño, implementación y construcción de un mecanismo para remachado en dos posiciones***

El dispositivo de remachado de dos posiciones permitirá disminuir los pasos que utilizan para el remachado de los recibidores, debido a que se podrá realizar el remachado en una sola operación.

El desarrollo de este mecanismo será desarrollado y construido para implementarlo en la línea de producción en sustitución del mecanismo actual, teniendo los siguientes entregables al final de su elaboración.

- Archivo CAD del diseño y ensamble
- Construcción de las piezas pertinentes
- Manual de operación y funcionamiento
- Pruebas de funcionamiento y producción del remachado de los recibidores

### ***Sistema de transporte de recibidores***

El sistema de transporte de recibidores busca cambiar el proceso manual de empaque por uno automático con el que se pueda transportar los recibidores desde la estación de remachado hacia las cajas de almacenamiento y se asegure tener 500 piezas en cada uno de los lotes para su posterior comercialización.

A continuación, se detallan los entregables del sistema de transporte:

- Archivo CAD del diseño y ensamble
- Construcción de las piezas pertinentes
- Diagrama de control
- Manual de operación y funcionamiento
- Pruebas de funcionamiento y producción del sistema de transporte

### **Objetivos**

#### ***Objetivo General***

Diseñar una ensambladora automática de recibidor con capacidad de 12 piezas por minuto para mejorar la producción y diseñar, construir e implementar un mecanismo para remachado en dos posiciones y de un sistema automático para el transporte de los recibidores para la empresa VYMSA.

#### ***Objetivos Específicos***

- Caracterizar el recibidor y su proceso de ensamblaje, en cuanto a los elementos constitutivos, geometría, dimensiones, tolerancias, materiales y actividades de ensamblaje.

- Diseño de detalle y simulación de los sistemas mecánicos y de control de la ensambladora.
- Diseñar, construir e Implementar un sistema automático para el empaque de recibidores.
- Realizar pruebas de funcionamiento y de operación del sistema de remachado en dos posiciones y del sistema de transporte de los recibidores dentro de las instalaciones y facilidades de la empresa VYMSA.

## Capítulo 2

### Marco Teórico

#### Procesadora VYMSA

Es una empresa metalmecánica ecuatoriana que ofrece servicios, produce y comercializa productos y piezas para el sector industrial y comercial que cuenta con altos estándares de calidad que con el tiempo buscan siempre mantener el liderazgo como proveedores nacionales satisfaciendo las necesidades de los clientes. Está sujeto a un esquema de gestión de calidad avalado por ISO 9001 y trabajan bajo los principios del cuidado del medio ambiente, seguridad de los trabajadores, responsabilidad social, utilización total de la materia prima bajo las buenas prácticas de manufactura y una producción más limpia para lograr un mejoramiento continuo. (Vymsa, 2022)

#### Caracterización de los elementos que intervienen en el ensamblaje.

En el ensamblaje intervienen tres elementos que son el receptor, remache y rodachín los cuales estaremos caracterizando independientemente para determinar su geometría, materiales y principales características.

#### Figura 2

*Componentes a ensamblar*



a)

b)

*Nota:* a) Remaches, Rodachín y receptor. (De abajo hacia arriba). b) Receptor ensamblado y remachado.

### ***Recibidor***

El recibidor es una pieza que se utiliza junto a una bisagra para puerta de hornos de cocina, su función es permitir que la puerta del horno cierre correctamente y no se quede descolgada de su posición habitual, normalmente se encuentra fabricada en acero galvanizado y pasa por un proceso de conformado de chapa metálica en donde toma la forma de la figura 3.

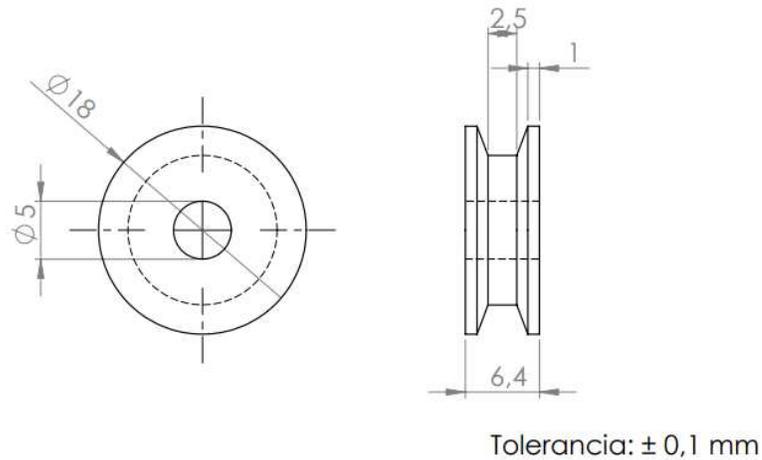
### **Figura 3**

*Recibidor de bisagra para puertas de horno*

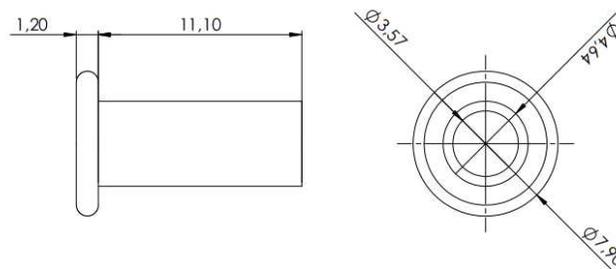


Para determinar el tipo de recibidor con el cual se va a trabajar en el proceso de ensamblaje es importante tener en cuenta las dimensiones, modelo y características principales del elemento. En la figura 4 podemos observar las dimensiones geométricas del recibidor con el cual se trabajará en el ensamblaje y diseño de la máquina.



**Figura 5***Dimensión geométrica del receptor***Remaches**

Los remaches son elementos que están constituidos por un tubo cilíndrico y en uno de sus extremos una cabeza de un diámetro mayor al resto del remache, la función del remache es sujetar o unir diferentes elementos de forma permanente sean o no del mismo material. Están fabricados normalmente de latón, cobre, aceros aleados, acero inoxidable, titanio o aluminio. (José Luis, 2021).

**Figura 6***Dimensión geométrica del remache*

Para el ensamblaje de los receptores son utilizados remaches semitubulares de cabeza plana de acero 1008 con un acabado de cincado para protegerlo de la oxidación

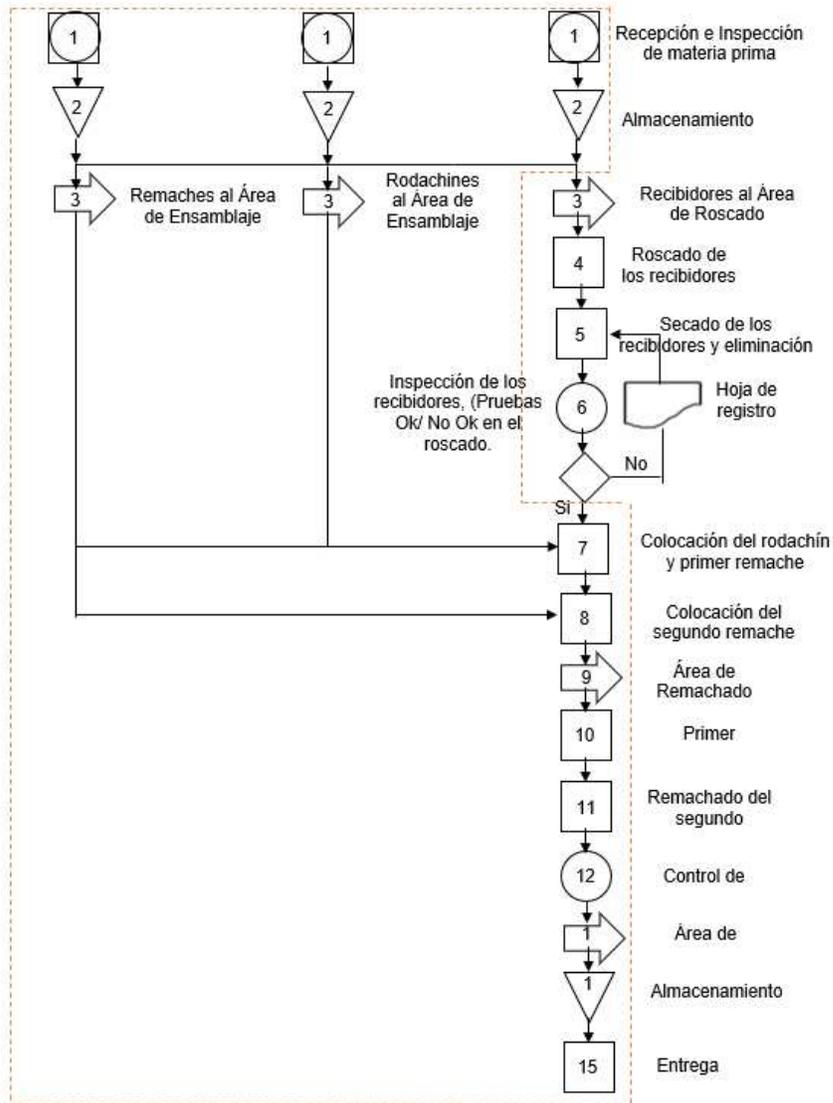
y corrosión. Se compran a diferentes proveedores especialmente a Hangshou Chenlong Industry.

### Caracterización del proceso de ensamblado de los recibidores

Actualmente para iniciar el proceso de ensamblaje del recibidor es necesario que este pase por operaciones previas de roscado y secado para que el elemento se encuentre en condiciones adecuadas para realizar el ensamblaje.

**Figura 7**

*Proceso de ensamblaje de recibidores*



Para el diseño de la máquina ensambladora se debe considerar el área interna de la sección de líneas entrecortadas de la Figura 7. Luego del almacenamiento y distribución de los recibidores, remaches y rodachines (Actividad 1 y 2) se debe enfatizar que a partir de la actividad 7 se sigue con el proceso de diseño para las siguientes operaciones, del mismo modo para la implementación del mecanismo de remachado en dos posiciones están consideradas las actividades 10 y 11 del proceso. Para finalizar con el sistema de transporte se debe considerar las actividades 12, 13 y 14.

Actualmente el ensamblaje comienza con la colocación del rodachín en el primer agujero conjuntamente con el primer remache, luego se coloca el segundo remache en el agujero restante, de aquí pasa a la estación de remachado donde se remachan independientemente los dos remaches para luego pasar al empacado y posteriormente la entrega de los productos.

## **Dispositivos para las acciones de la máquina ensambladora**

### ***Sistemas de alimentación industrial***

Los sistemas de alimentación tienen la función de hacer sencillo la utilización de diferentes elementos y el ensamblaje de los mismos posicionando, seleccionando o rechazando los elementos de un determinado proceso procurando siempre mejorar la calidad del producto final. En la mayoría de los casos requieren de una fuerza motriz para garantizar un avance continuo. (Jorge, 2019).

**Alimentador vibratorio.** El principio de funcionamiento de un posicionador vibratorio es que tiene una base vibrante que mueve una cuba donde las piezas avanzan por pistas con trampas que tienen como objetivo entregar todas las piezas en una misma posición para ser utilizadas en un proceso en específico.

El principio de accionamiento es electromagnético. Esta máquina vibratoria se ocupa de posicionar piezas procedentes del sector de la automoción y las entrega a través de dos canales. Los remaches se presentan en vertical, apoyados sobre su diámetro mayor y se ofrecen con una cadencia requerida de 40 piezas por minuto por cada una de las salidas, es decir que de una misma tolva se obtiene el doble de piezas posicionadas. (MDV, s.f.)

### Figura 8

*Posicionador vibratorio circular de remaches*



*Nota:* Recuperado de Alimentador Industrial para remache [Fotografía], por MDV Sistemas de vibración, (s.f.), (<https://www.sistemasdevibracion.com/proyecto/tolvas-vibratorias-de-piezas-remache/>), MDV.

Pueden estar hechos de cualquier tipo de material, incluyendo acero inoxidable, aluminio, poliamida con diferentes recubrimientos. Los tamaños van desde 69 mm de diámetro hasta 1200 mm de diámetro. (Mendoza, 2019)

**Alimentación de disco giratorio (centrífugo).** Los alimentadores mecánicos de disco giratorio tienen la misma función que los alimentadores vibratorios. El uso de un alimentador mecánico es ideal para piezas sencillas y donde el fin primordial sea conseguir un elevado ritmo de alimentación. Consiste en una tolva con guías en los bordes en donde las piezas a alimentar se irán ubicando

gracias al movimiento circular del disco central de la máquina terminando las salidas que igualmente cuentan con guías las que podrán ubicar correctamente la pieza.

### **Figura 9**

#### *Alimentadora de disco giratorio*



*Nota:* Recuperado de Unidades de posicionamiento [Fotografía], por TAD Bowl feeders, (s.f.), TAD (<https://www.sistemasdevibracion.com/proyecto/tolvas-vibratorias-de-piezas-remache/>).

Existen de 250mm a 1524mm de diámetro y se los utiliza en una amplia gama de industrias, desde envasado de alta velocidad hasta automatización de inspección, impresión y etiquetado. (Mendoza, 2019).

### ***Sistemas de transporte***

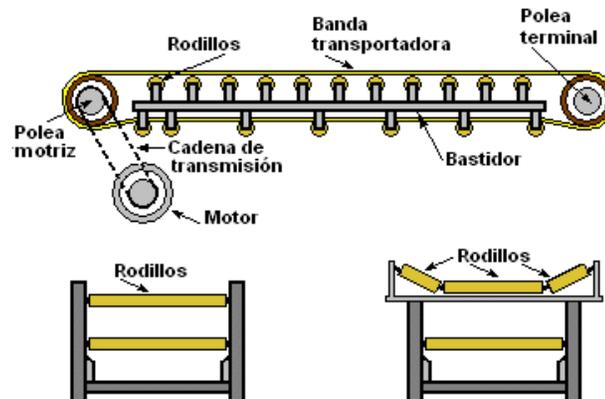
**Transporte por sistema de banda.** Una cinta o banda transportadora es una estructura de goma o tejido en forma de correa cerrada en anillo, con una unión vulcanizada o con empalme metálico, utilizada para el transporte de materiales.

Para su funcionamiento están conectadas a motores que dan origen al movimiento ya sea constante o intermitente. (Jones, 2021)

**Partes de las bandas.** Dentro de los componentes principales de las bandas se encuentran los siguientes: la cinta de transporte, los rodillos de impulso, el motor y bastidores y tensores. La cinta de transporte es el componente principal, al ser esta superficie la que se encarga de mover los materiales o productos. Puede estar hecha de material sintético, caucho o de metal. Los rodillos se encargan de mover la cinta que es impulsada por el motor, los bastidores que mantienen todo en su sitio y los tensores que cuidan que el contacto entre el rodillo y la banda sea el adecuado. (Tapyc, 2021)

**Figura 10**

*Componentes de una banda transportadora*



*Nota:* Recuperado de *Esquema de las partes de la cinta transportadora* [Fotografía], por Melián J, (2016), ([https://www.researchgate.net/figure/Esquema-de-las-partes-de-la-cinta-transportadora\\_fig64\\_321533608](https://www.researchgate.net/figure/Esquema-de-las-partes-de-la-cinta-transportadora_fig64_321533608)).

**Tipos de bandas.** En cuanto a los tipos de bandas que pueden existir de acuerdo a la aplicación tenemos las siguientes:

- **Planas:** son las más comunes al ser de funcionamiento básico, por mover de un punto de A hacia B en línea recta.
- **Con rodillos:** para productos empaquetados que sean muy pesados.
- **De listones:** para materiales sueltos que no dejan que se salgan de la línea
- **Modulares:** son las que recogen materia prima pequeña como granos o para levantar cajas.
- **Cinta curvada:** pueden hacer giros de hasta 180 grados.

**Rodillos.** Tienen como principal función soportar y cuidar la banda, así como también soportar el peso del material que se está transportando en la cual su calidad tiende a ser un factor importante. El diámetro de los rodillos está determinado por el ancho de banda, la velocidad de movimiento, el tipo de carga y el tamaño de material a transportar. (Jones, 2021)

Dependiendo de la aplicación suelen estar fabricados de PVC, aluminio, acero aleado y acero inoxidable.

**Sistema de transporte por cadenas con aletas.** Las cadenas con aletas tienen normalmente dos tipos, las de un solo paso que son adecuadas para el transporte especialmente de artículos pequeños y ligeros, presentan poco ruido y puede utilizarse para velocidades moderadas, y las de doble paso que son las más utilizadas para el transporte de piezas automotrices, industria eléctrica, electrónica o maquinaria de precisión. Referente a las dimensiones básicas de una cadena tenemos el paso, diámetro del rodillo y ancho interno. (Tsubaki, 2015).

**Figura 11***Cadena con aletas*

*Nota:* Recuperado de “Cadena con Aletas Estándar” (p. 71), por Tsubaki, 2015, *Cadena de Transmisión Cadena con aletas*

**Actuadores de control**

En los procesos industriales el actuador es un dispositivo fundamental dado que es capaz de transformar energía neumática, eléctrica o hidráulica en la activación de un proceso. Estos dispositivos reciben la orden de un controlador y de ese modo pueden realizar la actividad requerida. Regularmente los actuadores hidráulicos se emplean cuando se requiere potencia mientras que los neumáticos son utilizados mayormente para posicionamientos. (Gutiérrez, 2017)

En el ámbito de los actuadores existe una amplia gama de dispositivos, pero se detallarán los más importantes y que podrán ser útiles en el proyecto.

***Actuadores eléctricos***

Al escoger el actuador eléctrico es importante conocer los tipos existen para considerar sus características y poder seleccionar el que se adapte mejor a las necesidades.

**Motores Universales.** Son motores que pueden ser alimentados por corriente continua como por corriente alterna, su aplicación radica en máquinas que requieren velocidades altas con cargas de potencia débiles.

**Motores de corriente alterna (AC).** Estos motores son las opciones de mayor extensión en el mercado y se pueden distinguir dos tipos principalmente; monofásicos y trifásicos.

**Motores de corriente continua (DC).** Son motores que permiten un mayor control sobre la velocidad y es posible cambiar el sentido de rotación invirtiendo la polaridad. Se puede encontrar de dos tipos, motores con escobillas y sin escobillas, siendo los segundos los más utilizados debido a que puede evitarse el desgaste y la vibración que se generan en las bobinas del motor. (CLR, 2022)

**Motor paso a paso.** Son motores con excitación independiente dado que la alimentación al inductor se realiza por medio de una fuente de alimentación externa, debido a esto es posible tener mayor precisión en el arranque y parada del motor. Sus principales ventajas radican en la exactitud en la posición y repetición de los movimientos, dando un error de paso menor al 5%, es confiable y duradero con un gran rango de velocidades de rotación. (CLR, 2022)

**Figura 12***Motor a pasos*

*Nota:* Recuperado de *Motor a paso* [Fotografía], por Compañía Levantina de Reductores, 2022, CLR (<https://clr.es/blog/es/motor-paso-a-paso-cuando-utilizarlo/#:~:text=Los%20servomotores%20realmente%20son%20motores,giro%20con%20los%20grados%20exactos.>)

**Servomotores.** Son motores paso a paso, pero tienen una electrónica de control integrada y permiten controlar la posición y el movimiento con giros a grados exactos. Tienen un precio elevado por lo que no son muy usados en la industria. En cuanto a las ventajas presenta una máxima precisión, tamaño y coste de mantenimiento reducido, ahorro de tiempo y carga ligera. (CLR, 2022)

**Figura 13***Servomotor*

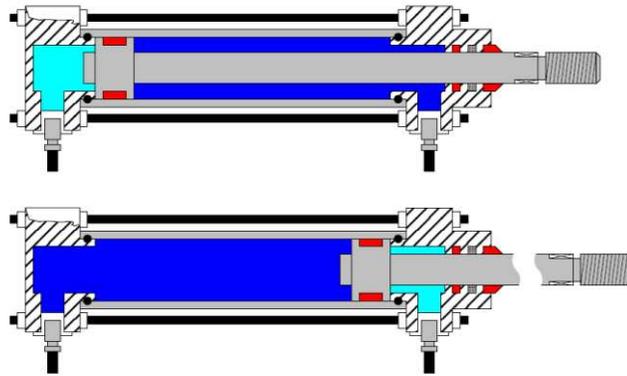
*Nota:* Recuperado de *Servomotor* [Fotografía], por Compañía Levantina de Reductores, 2022, CLR (<https://clr.es/blog/es/motor-paso-a-paso-cuando-utilizarlo/#:~:text=Los%20servomotores%20realmente%20son%20motores,giro%20con%20los%20grados%20exactos.>)

***Cilindros neumáticos***

Son elementos que se utilizan para la automatización industrial siendo capaces de transformar la energía potencial de aire comprimido en energía cinética. El funcionamiento es sencillo dado que un caudal de aire entra en la cámara y se expande provocando un desplazamiento lineal. (Microautomación, 2019)

**Tipos.** En cuanto a los tipos tenemos dos fundamentalmente los cuales son de simple y doble efecto. En el caso de estudio se utilizará cilindros de doble efecto de acuerdo a los requerimientos de diseño.

***Cilindro de doble efecto.*** Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como retroceso por medio del aire comprimido. Emplean las dos caras del émbolo, razón por la cual puede hacer trabajo en los dos sentidos. (Escalera, 2021)

**Figura 14***Cilindro de doble efecto*

*Nota:* Recuperado de “Cilindro de Doble efecto” (p. 4), por Escalera M, 2021, *Actuadores Neumáticos*.

## **Controladores**

Un controlador automático permite comparar el valor de la salida de una planta con la entrada de referencia, determina la desviación y produce una señal de control con la que se reducirá la desviación a cero o un valor pequeño. (Gutiérrez, 2017)

A continuación, se describen algunos controladores existentes:

### ***Sistemas ON/OFF***

Son sistemas físicos que establecen dos estados de operación, los cuales son encendido y apagado.

### ***Controladores analógicos y digitales***

Un controlador analógico es un dispositivo que no discretiza las señales de control para su procesamiento en un microcontrolador por lo que con el paso de los años han ido desapareciendo para dar paso a los controladores digitales, los cuales

convierten la señal analógica a una digital mediante un convertidor ADC (Analog to Digital Converter) para su procesamiento en un microprocesador o computadora. (Morales, 2013)

### **Controladores lógicos programables (PLC)**

Es un dispositivo de control que está diseñado para resistir un ambiente industrial con altas vibraciones, diferencias de temperatura y cambios de voltaje. Permite ser fácilmente configurado y programado mediante una amplia gama de opciones de control considerando entradas analógicas como digitales. (Morales, 2013)

### **Estudio técnico**

#### **Cargas dinámicas de impacto**

La característica de este tipo de cargas es el tiempo de aplicación, en donde está dado por un pequeño lapso de tiempo, éstas tensiones dinámicas máximas durante la flexión provocada por un impacto vienen dadas por la siguiente ecuación:

$$\sigma_{d_{max}} = kd \cdot \sigma_{est_{max}}$$

$$\delta_d = kd \cdot \delta_{est}$$

Donde

$\sigma_{est}$ : tensión estática

$kd$ : coeficiente de cargas dinámicas

$\delta_{est}$ : Deformación del elemento elástico

$\delta_d$ : Deformación durante un impacto de carga

Además, existe una ecuación que generaliza las expresiones para diferentes configuraciones de vigas y diferentes tipos de apoyos, la cual esta descrita por:

$$kd = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_{est}(1 + \alpha \cdot \beta)}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g \cdot \delta_{est}(1 + \alpha \cdot \beta)}}$$

Donde

$H$ : Altura de caída del cuerpo que golpea

$\beta = \frac{Q_{el}}{Q}$  : Relación entre el peso del elemento golpeado  $Q_{el}$  y el peso  $Q$  del cuerpo

que golpea

El coeficiente  $\alpha$  considera la masa del elemento golpeado, este factor está dado por la siguiente ecuación.

$$\alpha = \frac{2 + 4n - n^2 - 6n^3 + 3n^4}{105 \cdot n^2(1 - n)^2}$$

Siendo

$n$ : fracción de la longitud de la viga donde es aplicada la fuerza de impacto

### **Matricería**

Las dimensiones de espesor utilizadas en matricería son calculadas mediante fórmulas en donde el resultado arroja el mínimo espesor que debe tener una placa de estas características, Antonio Florit en el texto Fundamentos de matricería recomienda el uso de la siguiente ecuación.

$$e_{placa} = 0.6 \cdot \sqrt[3]{F_c}$$

Siendo

$e_{placa}$ : Espesor mínimo de la placa

$F_c$ : Fuerza aplicada

### Capítulo 3

## Diseño de componentes mecánicos y estructura de la máquina ensambladora de recibidores

### Especificaciones del diseño

Se debe partir desde las consideraciones que serán la base para el diseño de la máquina, tomando en cuenta los requerimientos y necesidades de VYMSA para lo cual se tiene lo siguiente:

- 1) La velocidad de producción mínima debe ser de 12 piezas por minuto.
- 2) El área máxima dispuesta para la máquina es de 2 m<sup>2</sup>.
- 3) La jornada de trabajo es de 8 horas diarias, 5 días a la semana.
- 4) El sistema de accionamiento de los elementos es mediante redes de aire que poseen en la empresa; Presión máxima de trabajo 7 bares.
- 5) Los sistemas eléctricos deben ser de 110 y 220 V.
- 6) Además, se debe tener presente que la empresa tiene un stock de elementos que pueden ser utilizados en la máquina.

### Arquitectura de la máquina

Las operaciones principales a ejecutar con la máquina se presentan en la figura 15.

**Figura 15**

*Operaciones requeridas para el ensamble del recibidor*

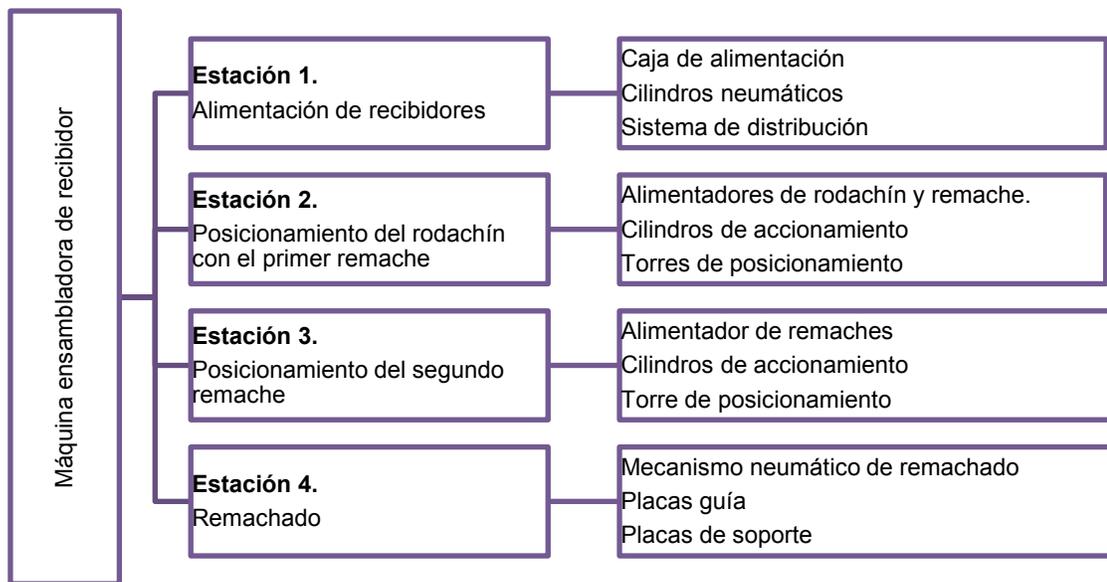


Para el diseño de la máquina se tendrá en cuenta sistemas automáticos de alimentación y suministro de los elementos que intervienen en el ensamble los cuales son remaches y rodachines, además se tendrá como punto principal la aplicación de un sistema electro-neumático con el fin de aprovechar la red de aire comprimido de la empresa.

Para el control y funcionamiento de la máquina se contará con actuadores neumáticos, sensores, electro válvulas, etc., controlados por medio de un PLC (Controlador Lógico Programable) con lo cual el proceso de ensamblado de los recibidores será ejecutado de una manera automatizada. En la figura 16 se describen las estaciones que conformará la máquina.

### Figura 16

#### *Estaciones de la máquina*



La primera estación es el inicio del proceso de ensamblaje en la cual se va a tener la alimentación de los recibidores que estarán dispuestos dentro de una tolva para luego ser colocada en la base de soporte y poder transportarlo a la siguiente estación.

Se tomará en cuenta elementos neumáticos para ejecutar las acciones de impulso y desplazamiento de los elementos.

En la segunda estación será la colocación del primer remache con el rodachín para lo cual se necesita que los dos elementos sean alimentados a las torres de almacenamiento, de ahí mediante dispositivos neumáticos y mecanismos de posicionamiento se colocarán en el receptor para poder ser llevado a la siguiente estación.

En la tercera estación se colocará el segundo remache en el receptor para lo cual se contempla utilizar el mismo alimentador de remaches de la segunda estación y para el posicionamiento del remache se utilizará sistemas neumáticos.

Por último, en la cuarta estación será desarrollado un mecanismo que permita remachar los remaches en un solo paso con ayuda de un cilindro neumático considerando la fuerza necesaria para lograr la deformación del remache.

## **Selección de alternativas**

### ***Criterios de selección***

Para seleccionar las alternativas y tomar la mejor decisión se están considerando los siguientes criterios:

- Costo
- Eficiencia / Funcionalidad
- Facilidad de Diseño
- Facilidad de Mantenimiento
- Facilidad de fabricación

Al tener los parámetros iniciales debemos tener en cuenta el método de

evaluación para establecer la mejor alternativa posible a cada uno de los sistemas teniendo en cuenta la ponderación de los diferentes criterios establecidos.

Las alternativas y criterios serán evaluados de acuerdo a lo siguiente:

- 9: Cumple mucho más o es mucho más importante
- 7: Cumple más o es más importante
- 5: Cumplen igual o ambos son igual de importantes
- 3: Cumple menos o es menos importante
- 1: Cumple mucho menos o es menos importante

**Tabla 1**

*Matriz de Criterios para la selección de alternativas*

	Costo	Eficiencia	Facilidad de diseño	Mantenimiento	Facilidad de fabricación	Total	Ponderación
<b>Costo</b>		3	5	5	5	18	0.18
<b>Eficiencia</b>	7		7	7	7	28	0.28
<b>Facilidad de diseño</b>	5	3		5	5	18	0.18
<b>Mantenimiento</b>	5	3	5		5	18	0.18
<b>Facilidad de fabricación</b>	5	3	5	5		18	0.18
<b>Total</b>						100	

De la tabla 1 el criterio que tiene mayor relevancia e importancia en la selección más adecuada para cada uno de los casos es la eficiencia debido a que representa la capacidad para cumplir una determinada función.

### ***Análisis de las alternativas y decisión para la estación 1***

Considerando las necesidades de la primera estación de la máquina se tienen inicialmente dos alternativas para realizar la alimentación de los recibidores tomando en cuenta la posición del recibidor;

a) La primera una alimentación manual con posición horizontal del receptor que contendría la implementación de una rampa para posicionar el receptor en la guía y trasladarlo a la siguiente estación, se utilizará 2 cilindros neumáticos, uno para dar el empuje necesario para que se deslice por la superficie de la rampa y un segundo para abrir una compuerta que permita dar espacio al receptor de posicionarse en la guía del sistema de transporte.

b) Una segunda alternativa contempla una alimentación manual con posición vertical del receptor, la cual estará posicionada directo sobre la guía del sistema de transporte, no hace falta desarrollar una rampa y solo se procuraría tener un cilindro neumático que permita abrir una compuerta y se posicione el receptor en la guía, hay que tomar en cuenta que esta segunda alternativa por la posición y características del receptor puede llegar a trabarse por los relieves que presenta la pieza.

**Tabla 2**

*Selección del tipo de alimentador para los receptores*

<b>Matriz de elección del sistema de alimentación de receptores</b>			
	Alimentador manual posicionamiento horizontal del receptor	Alimentador manual posicionamiento vertical del receptor	Ponderación
<b>Costo</b>	3	7	0.18
<b>Eficiencia</b>	9	1	0.28
<b>Facilidad de diseño</b>	3	7	0.18
<b>Mantenimiento</b>	5	5	0.18
<b>Facilidad de fabricación</b>	5	5	0.18
<b>Total</b>	<b>5.4</b>	<b>4.6</b>	

***Análisis de las alternativas y decisión para las estaciones 2 y 3.***

Para la estación 2 y 3 es importante tener un alimentador de remaches que permita ubicar los mismos en la respectiva torre tomando en cuenta la posición y cantidad necesaria de elementos que deben abastecer para cumplir con la producción

de 12 piezas por minuto. Se presentan dos alternativas; a) un alimentador vibratorio y b) un alimentador centrífugo.

El alimentador vibratorio permite alinear los remaches en las posiciones apropiadas con una mejor precisión a través del movimiento de un sistema de vibración, el costo tiende a ser elevado por la precisión que se maneja y debido a que el sistema debe importarse desde China.

En el caso del alimentador centrífugo no es un sistema complejo, pero no resulta tan preciso para orientar el remache en la posición correcta, el costo tiende a ser un poco más bajo.

**Tabla 3**

*Selección del tipo de alimentador para los remaches*

<b>Matriz de elección del alimentador de los remaches</b>			
	Alimentador vibratorio	Alimentador Centrífugo	Ponderación
<b>Costo</b>	3	7	0.18
<b>Eficiencia (Funcionalidad)</b>	9	1	0.28
<b>Facilidad de diseño</b>	3	7	0.18
<b>Mantenimiento</b>	5	5	0.18
<b>Facilidad de fabricación</b>	3	7	0.18
<b>Total</b>	<b>5.04</b>	<b>4.96</b>	

***Análisis de las alternativas y decisión para el sistema de alimentación de rodachines***

En la estación 2 se necesita de igual manera un sistema de alimentación que permita abastecer los rodachines a la torre respectiva para poder posicionarlo en el recibidor. Se considera dos alternativas; a) un alimentador centrífugo y b) un

alimentador vibratorio. En este caso no se necesita mayor precisión para los canales de distribución debido a que el rodachín no tiene posición única.

El costo del alimentador centrífugo viene a ser más barato que el alimentador vibratorio, ambos alimentadores brindan una función adecuada al momento del trabajo, en cuanto al diseño el alimentador vibratorio tiende a ser más complejo por la precisión que maneja, además que se debe traer importado y el costo aumenta.

Es importante conocer que el alimentador centrífugo necesita de un motor para el giro de la tolva y posicionamiento de las piezas mientras que en el alimentador vibratorio se utiliza sistema de vibración.

#### **Tabla 4**

##### *Selección del tipo de alimentador para los rodachines*

<b>Matriz de elección de material el alimentador de los rodachines</b>			
	Alimentador vibratorio	Alimentador Centrífugo	Ponderación
<b>Costo</b>	3	7	0.18
<b>Eficiencia</b>	3	7	0.28
<b>Facilidad de diseño</b>	3	7	0.18
<b>Mantenimiento</b>	5	5	0.18
<b>Facilidad de fabricación</b>	3	7	0.18
<b>Total</b>	<b>3.36</b>	<b>6.64</b>	

##### ***Análisis de las alternativas y decisión para el motor del sistema de transporte entre estaciones***

Para poder seleccionar el motor más adecuado se tomará en cuenta 5 criterios: eficiencia o funcionalidad, costo, control, disponibilidad en el mercado, y potencia. La evaluación se realizará conforme estuvo establecido en el punto anterior de la selección de los alimentadores dando como criterios relevantes para la selección la eficiencia, la disponibilidad en el mercado y la potencia descritos en la tabla 5.

**Tabla 5***Crterios para la selección del motor*

	Costo	Eficiencia	Facilidad de control	Disponibilidad en el mercado	Potencia	Total	Ponderación
<b>Costo</b>		3	3	5	5	16	0.16
<b>Eficiencia</b>	7		7	3	5	22	0.22
<b>Facilidad de control</b>	7	3		5	3	18	0.18
<b>Disponibilidad en el mercado</b>	5	7	5		5	22	0.22
<b>Potencia</b>	5	5	7	5		22	0.22
	<b>Total</b>					100	

Dado que la distancia entre estaciones no será muy grande, considerando la producción proyectada, se busca motores que permitan trabajar a velocidades bajas y permitan realizar un control de la posición de las guías de los recibidores, además de procurar que el control realizado sea el adecuado acorde a la necesidad. Se considera dos alternativas; a) el motor a pasos y b) un servomotor.

El motor a pasos tiene un costo menor que el servomotor, permite un amplio campo para el control y posicionamiento de las guías además de que el rango de velocidades es variado. En cuanto al servomotor el costo es alto debido a que brinda mayor precisión, de igual forma permite realizar un control de la posición permitiendo que los recibidores sean llevados a las estaciones y posicionados en el punto correcto para cada una de las operaciones.

**Tabla 6***Matriz de selección del motor para el sistema de transporte entre estaciones*

<b>Matriz de elección del motor para el sistema de transporte</b>			
	Motor a pasos	Servo motor	Ponderación
<b>Costo</b>	7	3	0.16
<b>Eficiencia</b>	3	7	0.22
<b>Facilidad de control</b>	5	5	0.18

<b>Matriz de elección del motor para el sistema de transporte</b>			
	<b>Motor a pasos</b>	<b>Servo motor</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Disponibilidad en el mercado</b>	7	3	0.22
<b>Potencia</b>	5	5	0.22
<b>Total</b>	<b>5.32</b>	<b>4.68</b>	

### ***Análisis de las alternativas y decisión para el sistema de transporte***

El sistema de transporte debe tener como función primordial trasladar los recibidores a lo largo de la zona de ensamblaje, posicionándolo en cada una de las estaciones hasta que se realice las operaciones necesarias para obtener la calidad de productos deseada.

Para poder seleccionar el sistema de transporte más adecuado para transportar los recibidores se tomará en cuenta 4 criterios: eficiencia o funcionalidad, costo, capacidad de carga y disponibilidad en el mercado. La evaluación se realizará conforme estuvo establecido en el punto anterior de la selección del motor y por tanto de acuerdo a la tabla 7 el criterio más importante en la selección de la alternativa resulta la eficiencia.

**Tabla 7**

*Criterios para la selección del sistema de transporte*

	<b>Costo</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Capacidad de carga</b>	<b>Disponibilidad en el mercado</b>	<b>Total</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Costo</b>		3	3	5	11	0.196
<b>Eficiencia</b>	7		7	7	21	0.375
<b>Capacidad de carga</b>	3	3		5	11	0.196
<b>Disponibilidad en el mercado</b>	5	3	5		13	0.233
			<b>Total</b>		56	

Para el sistema de transporte se tiene que considerar que se debe posicionar una placa guía para poder trasladar los recibidores entre las estaciones por lo cual está previsto dos alternativas; a) un sistema de transporte por bandas y b) un sistema de transporte por cadena.

El transporte por bandas es un sistema que permite trasladar objetos de peso pequeño, se tiene disponibilidad en el mercado y permite una amplia gama de aplicaciones por lo que el costo es bajo dado que el material de la banda es mayormente de PVC, pero depende el campo de aplicación.

Referente al sistema de transporte por cadena es un sistema más versátil debido a que con ayuda de aletas que se conectan en la parte lateral de la cadena se puede colocar placas guías que permita trasladar piezas de una manera más estable y precisa, en cuanto al costo tiene a ser más elevado por los materiales a utilizar.

**Tabla 8**

*Selección del sistema de transporte*

<b>Matriz de elección del sistema de transporte</b>			
	Sistema de transporte por banda	Sistema de transporte por cadena	Ponderación
<b>Costo</b>	7	3	0.196
<b>Eficiencia</b>	3	7	0.375
<b>Capacidad de carga</b>	5	5	0.196
<b>Disponibilidad en el mercado</b>	5	5	0.233
<b>Total</b>	<b>4.64</b>	<b>5.36</b>	

***Conformación de los sistemas de la máquina ensambladora***

Luego de comparar las alternativas se determinó que para la alimentación de la primera estación se tendrá una alimentación manual con posición horizontal de los recibidores, para la segunda estación se tendrá una alimentación con alimentador

vibratorio para el abastecimiento de los remaches a la torre de posicionamiento y distribución y un alimentador centrífugo para alimentar los rodachines.

Para la tercera estación está considerado que el mismo alimentador de remaches que se utilizará en la estación 2 sea el que alimente a esta estación también, esto se logrará colocando una guía paralela a la salida del alimentador vibratorio para asegurar que alimente a las dos torres de manera directa.

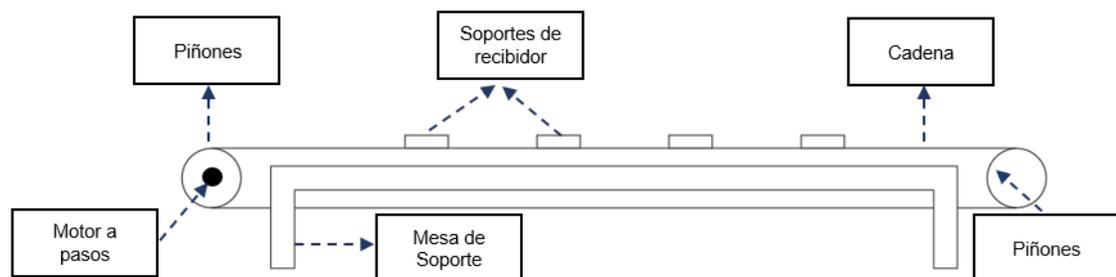
Para el transporte de los recibidores luego del análisis y comparación de los motores se utilizará un motor a pasos y para el sistema de transporte se desarrollará el movimiento por medio de cadenas con aletas.

### Diseño de la cadena transportadora

El sistema de transporte de la máquina ensambladora se lo realizará por medio de un mecanismo de cadena con piñón, que servirá de soporte para las guías que serán las que posicionen el recibidor en cada una de las estaciones, este sistema va a estar accionado por un motor a pasos. Los elementos principales se muestran en la figura 17.

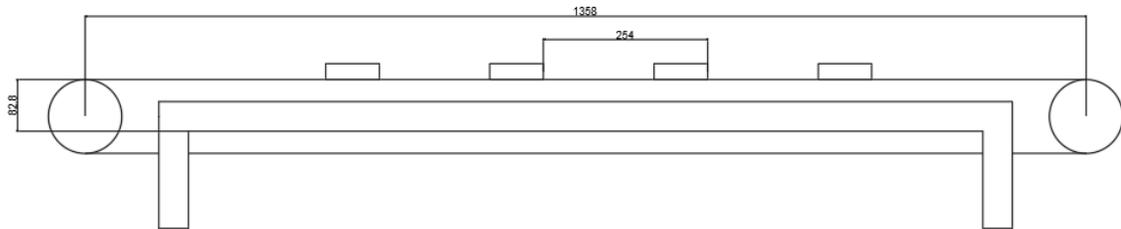
**Figura 17**

*Esquema de la banda*



**Figura 18**

*Dimensiones consideradas en el diseño*



### **Velocidad Lineal de avance**

Para determinar la velocidad se tomará en cuenta el número de piezas a ensamblar por minuto, además sabiendo que la distancia de la estación más lejana siendo esta de 254 mm, y al tomar un tiempo referencial de 1 segundo se procede a realizar el cálculo correspondiente.

$$v = \frac{d}{t} = 0.254 \frac{m}{s}$$

### **Cálculo de transmisión por cadena**

Para el estudio de caso de este proyecto no será necesaria una gran potencia para mover el mecanismo de transporte y siguiendo la recomendación de “Dobrovolski” para la elección del número de dientes en el piñón con una relación de transmisión igual a 1, se elige un piñón doble de paso 3/8” con 31 dientes, siendo éste el paso más pequeño para cadenas dobles con aletas.

**Tabla 9**

*Número de dientes según la relación de transmisión*

<b>Relación de transmisión <math>i</math></b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Número de dientes en el piñón $Z_1$	31	27	25	23	21	17
Número de dientes en la rueda $Z_2$	31	54	75	92	105	102

*Nota.* Recuperado de *Número de dientes* (p. 325), por Dobrovolski, 1970

### **Cálculo del torque**

Para realizar el cálculo del torque de un motor a pasos se deben tener en consideración los siguientes aspectos:

- Distancia deseada en el movimiento
- Velocidad esperada en el movimiento (Tiempo disponible del movimiento)
- Peso del objeto a mover
- Mecanismo de transmisión de movimiento
- Dimensiones y pesos de partes importantes del mecanismo

### **Largo de la cadena.**

$$L = 2C + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{\left(\frac{Z_1 + Z_2}{2\pi}\right)^2}{C}$$

C: Distancia entre centros (paso)

Z1 y Z2: # de dientes de la rueda y piñón

P: Paso

$$Z_1 = Z_2 = 31 \text{ dientes}$$

$$P = 9.525 \text{ mm}$$

$$C: 1350 \text{ mm} = 141.7 \text{ pasos} \approx 142 \text{ pasos}$$

$$L = 315 \text{ pasos} = 3000.4 \text{ mm}$$

**Velocidad angular.** Conociendo la velocidad lineal necesaria para el sistema de transporte y teniendo el diámetro correspondiente del piñón se podrá conocer la velocidad angular a la que girarán las catarinas.

$$v = 0.254 \frac{m}{s}$$

$$d_p = 94.15 \text{ mm}$$

$$\omega = \frac{v}{r} = 5.40 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$N = 51.57 \text{ RPM} \approx 52 \text{ RPM}$$

### Pesos de componentes del sistema de transporte.

**Tabla 10**

*Detalle de las masas de los elementos a intervenir en el proceso*

Descripción	Masa	Cantidad	Total
Recibidor ensamblado	37 g	2	74 g
Recibidor independiente	35 g	2	70 g
Soporte del recibidor	120 g	24	
Cadena	0.78 kg/m	3 m	
Pernos	0.33 g (c/u)	96 u	
Aletas	6 g (c/u)	192 u	
<b>Total</b>			<b>5.78 kg</b>

### Inercia Total del sistema de transporte.

$$J_T = 2 \cdot J_1 + \frac{1}{4} \cdot M_{Total} \cdot d_p^2$$

Donde

$J_1$ : Inercia del piñón

$d_p$ : Diámetro del piñón = 94.15

$M_{Total}$ : Masa de la cadena y elementos del sistema

Tabla 11

*Inercia del piñón Z=31 tomada del software SolidWorks*

Elemento	Material	Cantidad	Masa (g)	Inercia Parcial [g · mm <sup>2</sup> ]	Inercia Total [g · mm <sup>2</sup> ]
Piñones Z=31	SAE 1045	2	1278.35	1214103.812	2428207.624
					2428207.624

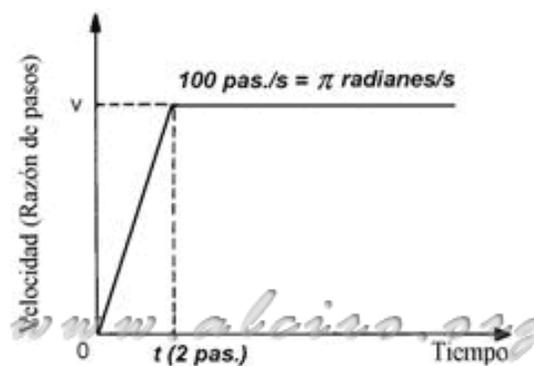
$$J_1 = 0.002428 \text{ kg/m}^2$$

$$J_T = 0.01766 \text{ kg/m}^2$$

**Aceleración angular.** El motor a pasos arranca a una razón de 100 pasos/s, en la figura 19 se muestra la curva velocidad/tiempo para arrancar a una razón de pasos determinada. El tiempo que el motor tarda en situarse a una velocidad marcada suele ser el equivalente a dos pasos lo que determinará la aceleración de arranque.

Figura 19

*Respuesta del motor al arrancar a una velocidad determinada*



El tiempo de 2 pasos en este caso está dada por

$$t = \frac{2 \text{ pasos}}{100 \text{ pasos/s}} = 0.02 \text{ s}$$

Siendo así la aceleración vendrá determinada por

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{100 \text{ pasos/s}}{0.02 \text{ s}} = 5000 \frac{\text{pasos}}{\text{s}^2}$$

$$\alpha = 5000 \frac{\text{pasos}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ rev}}{200 \text{ pasos}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 157.08 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

**Torque de aceleración rotatorio.**

$$\tau_1 = I_T \cdot \alpha$$

$$\tau_1 = 0.01766[\text{kg} \cdot \text{m}^2] * 157.08 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right] = 2.77 \text{ N} \cdot \text{m}$$

**Torque de aceleración lineal.**

$$\tau_2 = F_{ac} \cdot R_p = m \cdot a_t \cdot R_p$$

$$a_t = R_p \cdot \alpha = 7.39 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\tau_2 = 2.01 \text{ N} \cdot \text{m}$$

**Torque de aceleración.**

$$\tau_{ac} = 4.78 \text{ N} \cdot \text{m}$$

**Torque de fricción**

$$\tau_3 = F_{fr} \cdot R = N \cdot \mu \cdot R_p = m \cdot g \cdot \mu \cdot R_p$$

$$\tau_3 = 0.5335 \text{ N} \cdot \text{m}$$

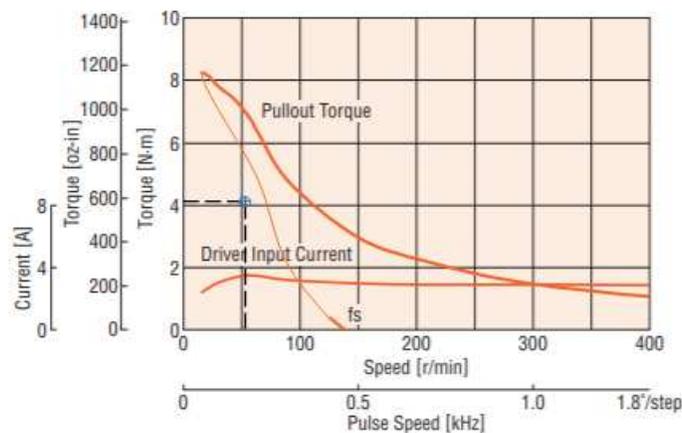
Se debe tener en cuenta que el torque calculado es un aproximado para lo cual es recomendable usar el doble del torque que se calculó o el siguiente motor que

supere a la capacidad encontrada con el fin de asegurar el funcionamiento correcto, para lo cual se escogerá un motor a pasos con un torque máximo de  $8.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ .

Considerando que la velocidad angular que se necesita en este caso es de 52 RPM y el torque requerido es de  $4.78 \text{ N} \cdot \text{m}$ , se puede observar en la figura 20 las curvas características del motor seleccionado proporcionadas por el proveedor, y se determina que el motor escogido está dentro de la curva del torque máximo admisible, y por ende es ideal para la aplicación requerida.

### Figura 20

*Curva característica del motor seleccionado*



### Potencia de la cadena

$$P = F_u \cdot v$$

Siendo  $F_u$  la fuerza útil que está asociada al torque transmitido, dado en este caso por

$$F_u = F_{ac} + F_{fr}$$

$$P = (42.71 + 11.34)[N] * 0.254 \left[ \frac{m}{s} \right] = 13.73 \text{ W} = 0.0184 \text{ HP}$$

### **Corrección de la potencia**

Para establecer un parámetro real de la potencia y corregir adecuadamente el valor, siguiendo el catálogo de Joresa debemos determinar 4 factores (Ver en Anexos), Los valores de los factores son los siguientes  $f_1 = 1.3$ ,  $f_2 = 0.9$ ,  $f_3 = 1$  y  $f_4 = 1.7$ , siendo:

- $f_1$ : Factor de trabajo
- $f_2$ : Factor de uso
- $f_3$ : Factor de relación de transmisión y distancia entre centros
- $f_4$ : Factor de empleo de cadenas múltiples

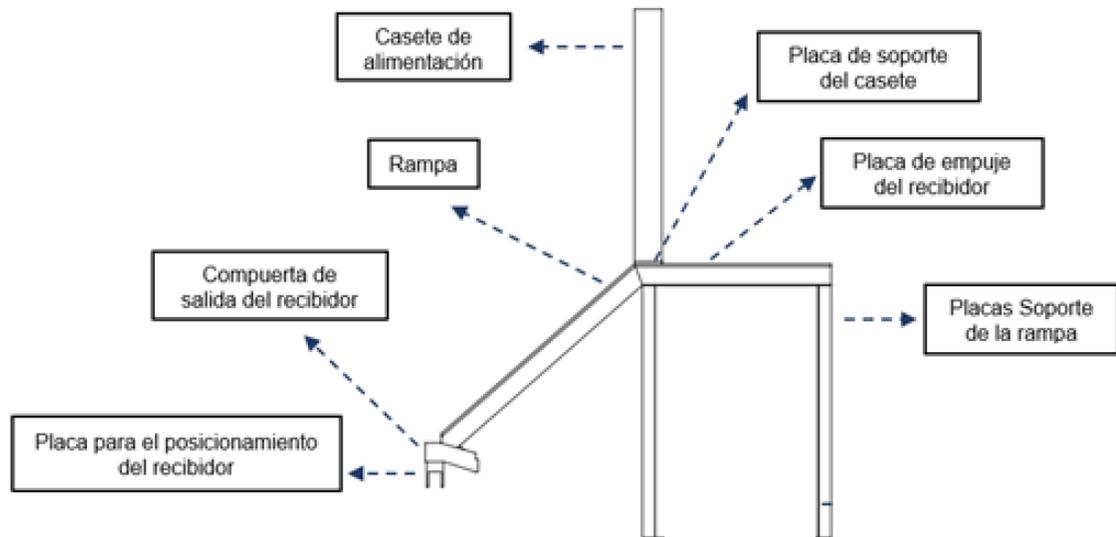
$$P = 13.73 W = 0.0184 HP$$

$$P_{corr} = 13.73 W * 1.3 * 0.59 * 1 * 1.7 = 17.90 W = 0.024 HP$$

### **Diseño de los elementos de la estación de recibidores**

En la primera estación se dará inicio al proceso de ensamble del recibidor, aquí se irán almacenando manualmente los recibidores en un casete vertical con capacidad para 25 recibidores, un cilindro neumático acoplado a una placa con dos ejes, estará ubicado en la parte superior de la estructura del alimentador el cual se encargará de empujar al recibidor por la rampa.

Al final de ésta estará dispuesta una compuerta que será accionada por otro cilindro neumático, el cual tendrá como función posicionar el recibidor de manera vertical para que pueda ubicarse en las guías que se encuentran en la cadena transportadora. En la figura 21 se detallan los elementos que intervienen en esta primera estación.

**Figura 21***Esquema del Sistema de Alimentación de Recibidores****Diseño del Casete de alimentación***

Para alcanzar la velocidad de producción de 12 piezas por minuto y tomando como consideración la ergonomía del puesto de trabajo se establece inicialmente una capacidad de almacenamiento de 25 recibidores dispuestos de manera horizontal lo cual permite que la altura máxima del casete sea de 260 mm.

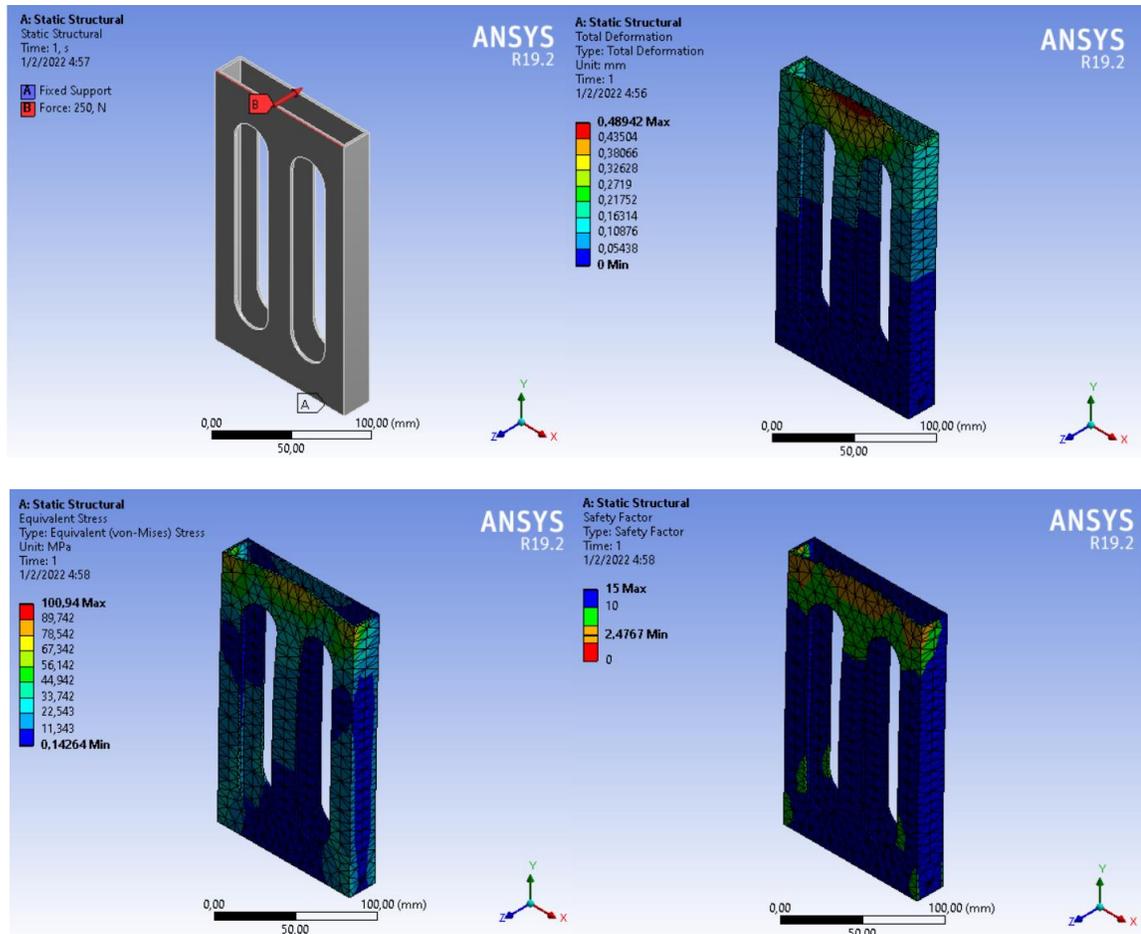
De acuerdo a las dimensiones geométricas del recibidor (Figura 4) y tomando como referencia acero inoxidable a razón de que en procesos anteriores los recibidores quedan húmedos con refrigerante y pueden llegar a oxidar los materiales a los que están en contacto se establece para el casete un espesor de 2 mm con una tolerancia en las caras de + 0,1 mm.

Para el análisis en Ansys se considera una carga frontal de 250 N en el caso de que pueda flexionarse.

Con la carga dispuesta se tiene una deformación máxima de 0.4849 mm en la zona más crítica y un esfuerzo máximo de 100.94 MPa.

## Figura 22

### Resultados caja de alimentación

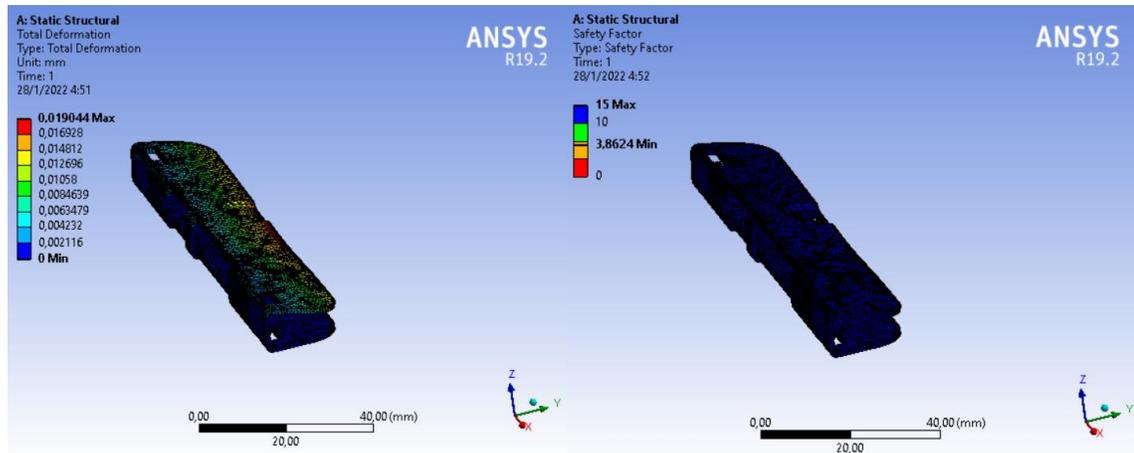


Para determinar si la capacidad de almacenamiento de 25 recibidores es apropiada, se realizó un análisis de deformación del recibidor considerando el peso de los 24 recibidores que estará expuesto el recibidor más crítico tomando en cuenta que cada recibidor pesa 0.03568 kg.

Para el primer caso del recibidor se tomó en cuenta el peso de cada pieza y considerando que van estar uno encima de otro el más crítico va a ser el que se encuentre en la parte inferior teniendo una fuerza aplicada de 9 N, por lo cual va a tener una deformación máxima de 0.019 mm.

**Figura 23**

*Resultados del análisis del recibidor*



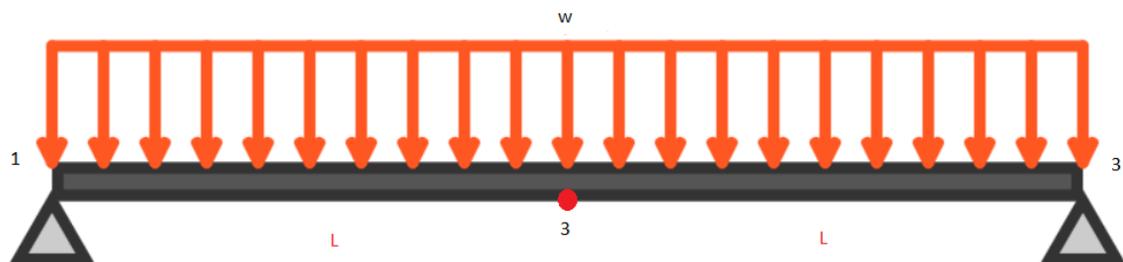
### ***Diseño Placa Soporte del casete***

Para posicionar el casete de alimentación en la rampa es necesario colocar una placa de soporte, las medidas de la placa se contemplan una de espesor 2 mm con longitud igual al ancho de la rampa y ancho igual al de la caja de alimentación.

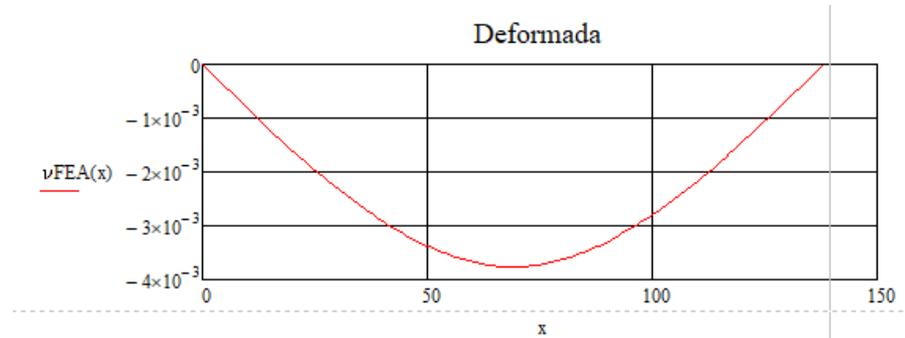
A la placa de soporte se le analiza como viga, se empieza por hacer un análisis con elementos finitos tomando como referencia un acero estructural A36.

**Figura 24**

*Diagrama de la viga considerando el análisis de elementos finitos*

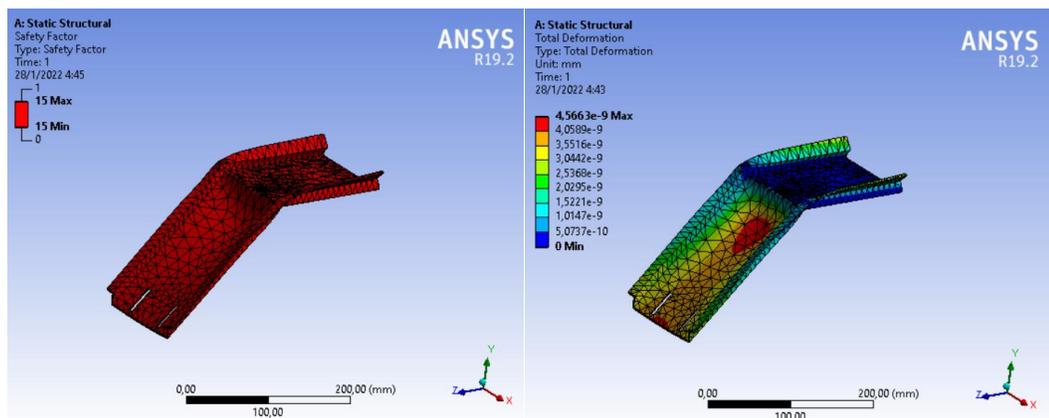


Tomando en cuenta el módulo de elasticidad del acero, como la longitud de análisis de 138 mm, espesor 2mm y ancho de 22 mm se tiene una deformación de 0.004 mm, determinando que resiste la carga impuesta de  $w = 0.550 \text{ kg/m}^2$

**Figura 25***Deformación máxima de la placa***Diseño de la rampa de alimentación**

En función de la disposición y espacio disponible tendremos una rampa con características de base y altura de 160 x 140 mm respectivamente, referente al material se establece una lámina de acero inoxidable de 1.9 mm de espesor debido a que se necesita material que ayude al deslizamiento de los mecanismos y de los recibidores, además que por procesos anteriores los recibidores pueden salir húmedos o con resto de refrigerante puede llegar a oxidar las superficies de contacto.

Para analizar la rampa se considera el peso que va a soportar en la parte superior teniendo una deformación máxima de  $4.56 \times 10^{-9}$  mm.

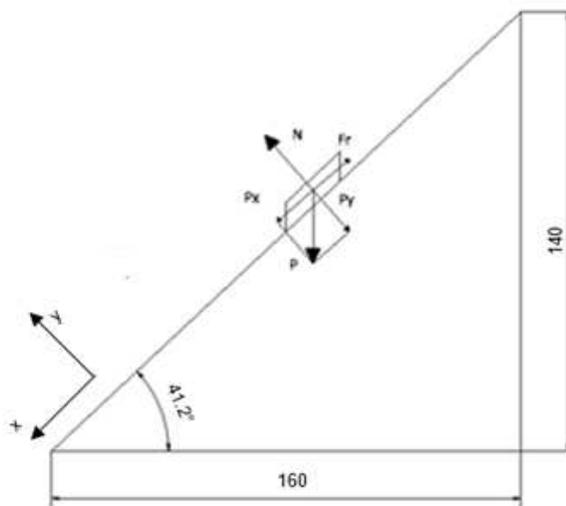
**Figura 26***Resultados de la rampa*

### **Determinación del tiempo y velocidad del receptor en la rampa**

Realizado el análisis en Ansys podemos empezar determinando la velocidad que va a tener el receptor al deslizarse por la rampa y posicionarse en la guía de la cadena.

#### **Figura 27**

*Diagrama fuerzas que actúan en el receptor*



El coeficiente de rozamiento dinámico entre acero – acero es de 0.12 y tomando en cuenta el ángulo de la rampa producido por las distancias de base y altura determinamos lo siguiente.

$$N = W_y = 0.263 N$$

$$Fr = N * \mu_r = 0.032 N$$

$$a = \frac{W_x - Fr}{m} = 5.57 \frac{m}{s^2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 * d}{a}} = 0.27 s$$

$$v = a * t = 1.54 \frac{m}{s}$$

Si se considera que no existe rozamiento en la superficie entre el receptor y la superficie de la rampa los valores tienden a variar dando lo siguiente:

$$a = \frac{Wx}{m} = 6.45 \frac{m}{s^2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 * d}{a}} = 0.26 s$$

$$v = a * t = 1.67 \frac{m}{s}$$

### ***Dimensionamiento del cilindro utilizado en el empuje del recibidor***

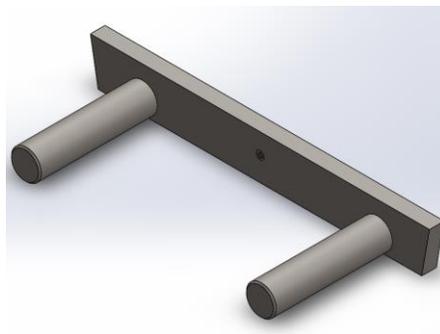
Para poder realizar la función de empuje del recibidor necesitamos acoplar una placa al cilindro a utilizar, debido a que se necesita que la fuerza aplicada en el recibidor sea uniforme.

Tomando en cuenta esta premisa el accionador elaborado consta de dos partes, una placa de acero A36 que sirva de guía y permita que se acople al cilindro y de dos ejes de diámetro igual al alto del recibidor que serán los encargados de transmitir la fuerza al recibidor y producir el empuje.

Los ejes a la placa estarán sujetos por medio de pernos para poder desmontar en caso de ser necesario.

### **Figura 28**

Accionador de empuje del recibidor



Para dimensionar el cilindro más adecuado para realizar esta función se debe considerar el peso a vencer, por tanto, se necesita conocer la masa del receptor y la masa del accionador. La masa del receptor ya se ha utilizado con anterioridad y sabemos que es de 0.03568 kg mientras que la de placa tomando en consideración lo expuesto se tiene una masa de 0.1114 kg. Para determinar la fuerza se empieza por aproximar un valor de la aceleración conociendo los cilindros neumáticos que se encuentran en el mercado y comparando los valores de fuerza:

$$F = (m_{\text{receptor}} + m_{\text{placa}}) * a$$

De los cilindros en el mercado el de menor diámetro es de 8 mm por lo cual tendrá las características mostradas en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Características de cilindro DSNU de 8 mm*

<b>Diámetro del émbolo</b>	8 mm
<b>Diámetro del vástago</b>	6 mm
<b>Carrera</b>	25 mm
<b>Rango de Presión de trabajo</b>	1 – 9 bar (14 – 130 PSI)
<b>Aceleración</b>	50 m/s <sup>2</sup>

El dato de aceleración de la tabla 12 fue obtenido mediante una simulación realizada en FluidSim con las características del cilindro seleccionado, por lo que es un valor referencial y se obtienen una fuerza de:

$$F = (0,03568 + 0.1114) * 50 = 7,35 \text{ N}$$

Las líneas neumáticas de producción de la empresa VYMSA trabajan con un rango de presión de 6 - 8 bares, con lo que mediante el rango se puede determinar la fuerza producida por el cilindro y así compararlo con la fuerza obtenida en el paso anterior.

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = 50.26 \text{ mm}^2$$

Con una presión de trabajo de 0,6 MPa o 6 bares se tiene lo siguiente:

$$F = p * A = 30,16 \text{ N} \quad \text{Fuerza al avance}$$

La fuerza del cilindro seleccionado es mayor a la fuerza requerida para mover el receptor y la placa y por ende se establece que para la operación se utilizará el cilindro más pequeño del mercado de FESTO el DSNU de 8 mm.

### ***Diseño del soporte de la rampa***

La estructura se encarga de soportar el peso de la rampa, el casete de alimentación, los receptores, y los elementos de accionamiento del empuje de los receptores. El material considerando para esta función es el acero estructural dado que es uno de los más comerciales. La altura del soporte está establecida en 200 mm.

### **Tabla 13**

*Pesos de los elementos soportados por la estructura*

<b>Elementos</b>	<b>Peso</b>
<b>Receptores</b>	0.9 kg
<b>Casete de alimentación</b>	0.57 kg
<b>Placa de soporte</b>	0.016 kg
<b>Rampa</b>	0.852 kg
<b>Accionador de empuje</b>	0.1114 kg
<b>Total</b>	2.45 kg

El perfil que estará sometido a mayor carga es el perfil que está al inicio de la pendiente de la rampa y será el que soporte los 2.45 kg, carga que estará distribuida a lo largo del elemento de soporte.

$$W_D = \frac{W_t}{L} = \frac{2.45 \text{ kg}}{0.1135 \text{ m}} = 21.59 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

La deflexión máxima está dada por  $L/100$  como referencia en los cálculos y tomando el comportamiento del perfil como viga con apoyos simples se puede determinar con la fórmula de la deflexión la inercia que debe tener el elemento estructural y poder seleccionarlo.

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{5 * w * L^4}{384 * E * I_{min}}$$

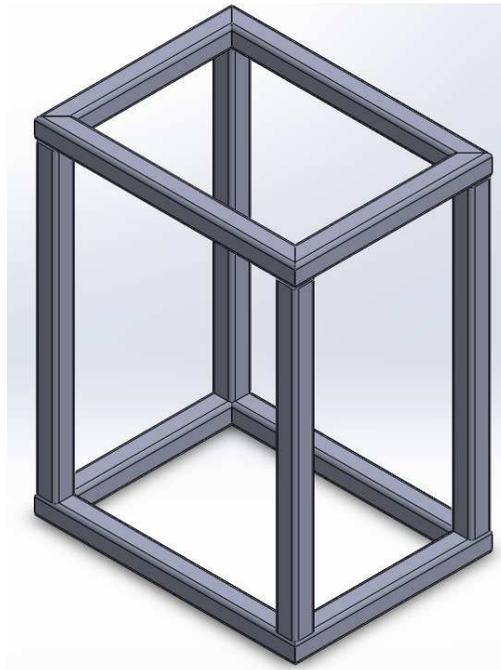
$$\frac{L}{100} = \frac{5 * w * L^4}{384 * E * I_{min}}$$

$$I_{min} = \frac{500 * w * L^3}{384 * E} = \frac{1.302 * (21.59) * (0.1135)^3}{2.04 * 10^{10}} = 0.0002 \text{ cm}^4$$

Tomando en cuenta perfiles que se encuentran en el mercado de acuerdo al catálogo de Importaceros y debido a que la inercia mínima del perfil es baja se escoge el perfil cuadrado de 12 x 1 mm para la estructura de soporte.

### Figura 29

*Soporte de la rampa*



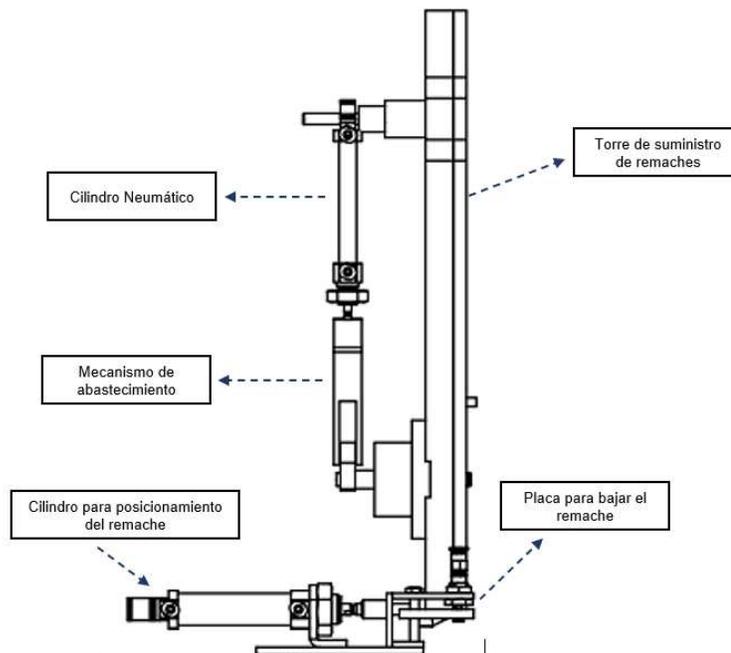
### Diseño de los elementos de la estación de colocación de remaches

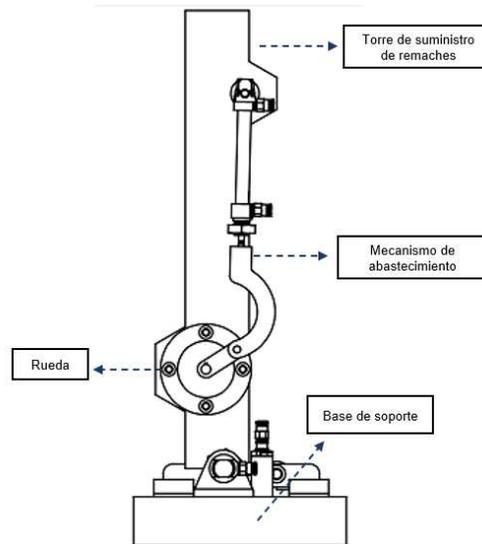
En esta estación los remaches serán abastecidos a granel en un alimentador vibratorio giratorio, el cual se encargará de posicionar los remaches para que se ubiquen en la torre de suministro correspondiente, una vez ubicados en la torre mencionada un cilindro neumático que está conectado a un mecanismo de abastecimiento, ubicará de uno en uno los remaches para que puedan ser ensamblados.

En la parte inferior de esta torre se encontrará otro cilindro neumático que se encargará de ir colocando los remaches dentro del recibidor y del rodachín. En las figuras 30 y 31, se detallan los elementos y mecanismos que se encuentran presentes en esta estación.

### Figura 30

*Vista Lateral Esquema sistema de alimentación de remaches*



**Figura 31***Vista frontal esquema de alimentación de remaches****Torre de suministro de remaches***

La torre de suministro de remaches vista en las figuras 30 y 31 no se encontrará sometida a ningún tipo de esfuerzos es por eso que para su diseño se han tomado en cuenta factores geométricos, dimensionamiento para elementos de sujeción y acoplamiento de los demás mecanismos que se encuentran incluidos en la estación de colocación de remaches.

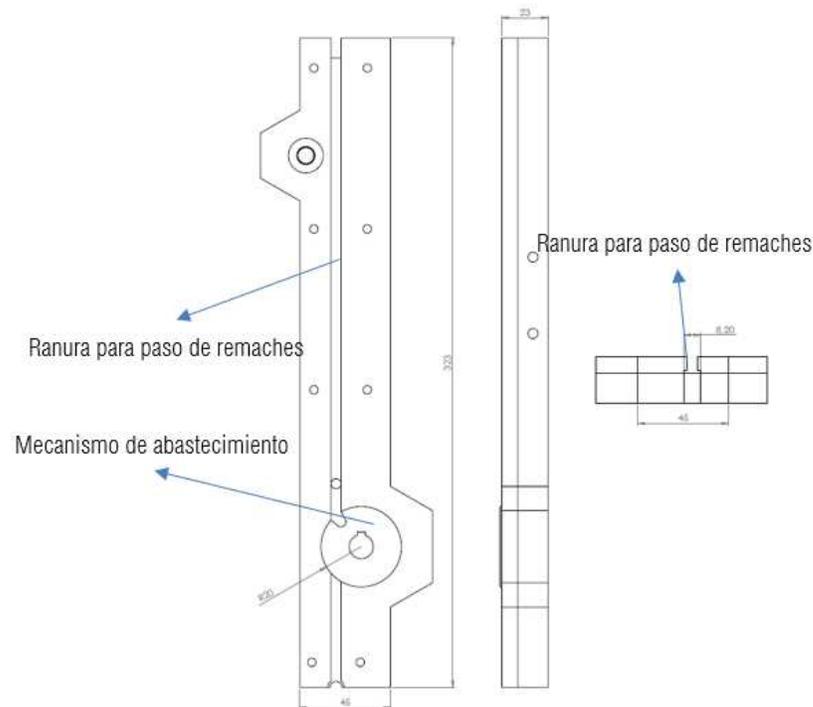
Para realizar el dimensionamiento se parte de la ranura que tiene la torre de suministro, esta ranura tendrá una tolerancia de  $+0.3$  mm en todas sus caras, con el fin de que el remache pueda deslizarse sin problemas por esta guía.

El mecanismo de abastecimiento estará ubicado en la parte inferior de la torre, en este punto se tendrán en cuenta las dimensiones para la sujeción de este subsistema y las medidas necesarias para el ancho de la torre con el fin de poder realizar todo lo correspondiente a sujeciones emperradas entre placas y mecanismos que conforman toda la torre de suministro.

Para las juntas empernadas se seguirán las recomendaciones de la especificación (J3.4) del AISIC en donde estipula las distancias mínimas entre el centro del agujero y el borde de la parte conectada siendo estas no menores a  $1.5d$ . En la figura 32, se indica la conformación de la torre, con los agujeros necesarios para sujeciones, medidas de largo, ancho y espesor de la torre además en donde estará ubicado el acople del mecanismo de abastecimiento que se procederá a detallar en el siguiente punto.

### Figura 32

#### *Dimensionamiento de la torre de suministro de los remaches*



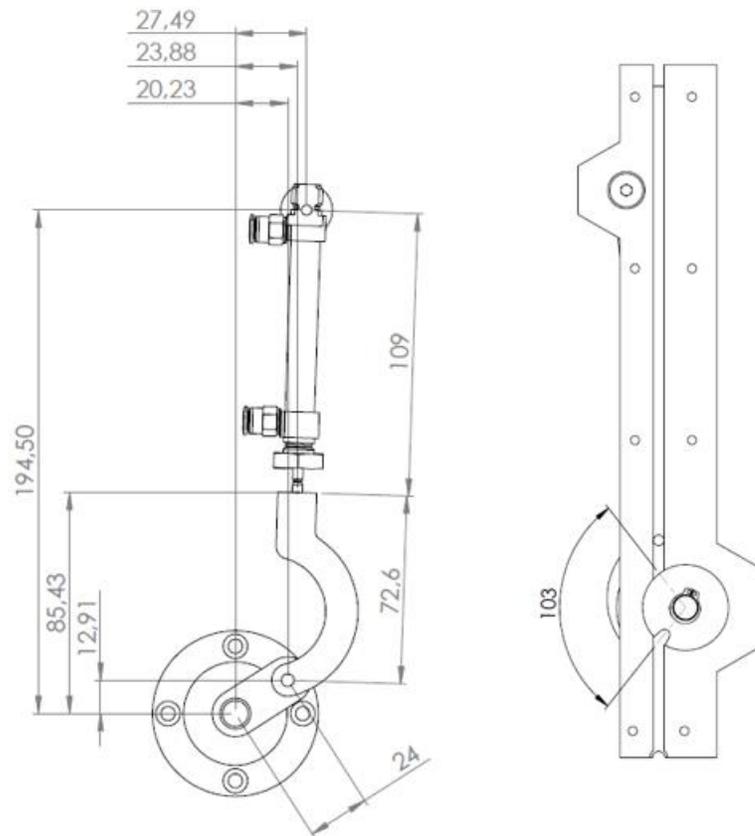
#### ***Diseño del mecanismo de abastecimiento***

El mecanismo de abastecimiento tendrá como accionador un cilindro neumático con carrera de 40 mm, el cual tendrá en su parte inferior un acople de un mecanismo biela-manivela que conectado a un eje transmitirán el movimiento a una rueda de

distribución con una ranura que será la encargada de abastecer de uno a uno los remaches que estén almacenados en la torre.

### Figura 33

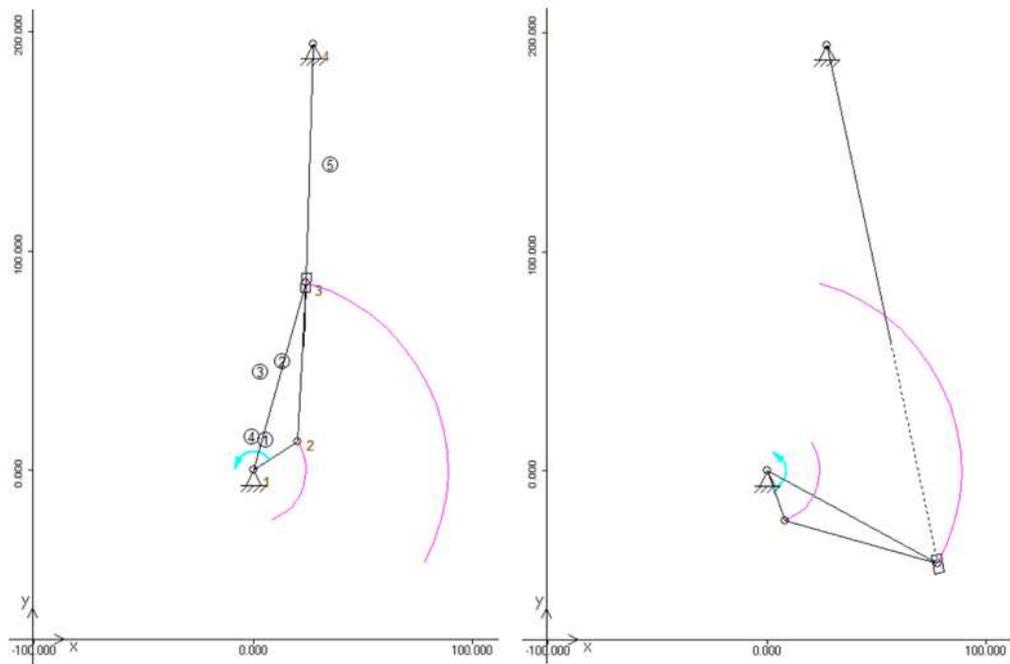
*Mecanismo biela - manivela para el abastecimiento de los remaches*



Se ha realizado una simulación del mecanismo de abastecimiento con la ayuda del software ArtasAM, en la figura 34 se puede apreciar la trayectoria del nodo 2 y 3 en donde se verifica que el mecanismo funciona para los datos de entrada que se ingresaron, siendo el más fundamental y en donde se centra el estudio, el ángulo de giro, para el caso de estudio se tomaron las medidas del mecanismo que se encuentra esquematizado en la figura 33.

**Figura 34**

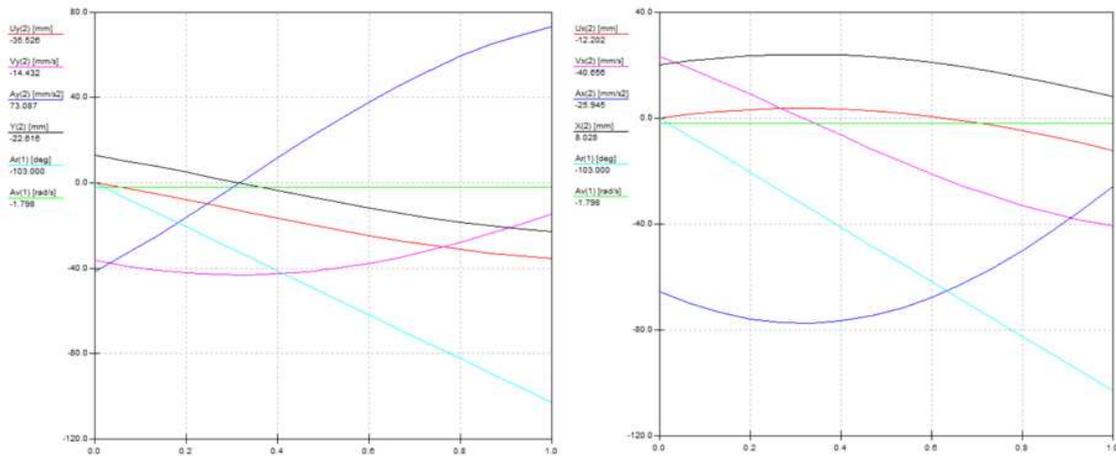
*Simulación del mecanismo en ArtaSam*



En los gráficos de la figura 35 se tiene un resultado de las simulaciones en donde están representadas la posición, velocidad, aceleración, el ángulo de giro y la velocidad angular haciendo una comparación con los ejes x e y. Con respecto al ángulo de giro se puede apreciar que con el mecanismo que se ha propuesto se completan los  $103^\circ$  que son los necesarios para que la rueda de distribución pueda abastecer los remaches sin problemas.

**Figura 35**

*Resultados del movimiento del mecanismo*



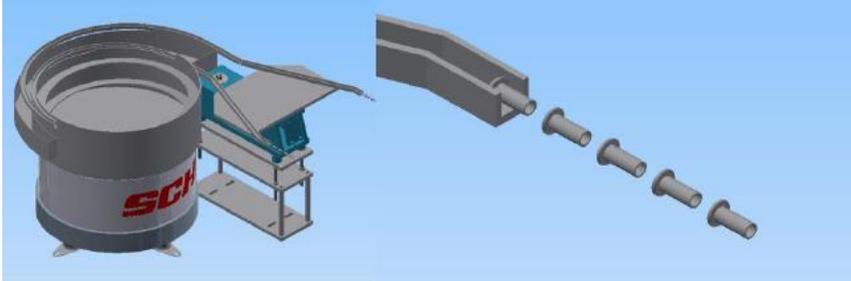
### **Caracterización del alimentador vibratorio de dos vías**

El alimentador vibratorio que se va a utilizar es del proveedor *DALIAN SANCHUANG MANUFACTURE CO. LTD.*, y tiene las características que se describen en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Características y dimensiones del alimentador vibratorio*

Nombre del producto	Alimentador vibratorio de remaches	
	Diámetro de la tolva superior	579 mm
	Capacidad de almacenamiento (tolva)	10000 piezas
	Número de vías	Doble vía de alimentación
Descripción del producto	Longitud del alimentador lineal	300 mm
	Altura de las vías de salida	380 mm
	Capacidad (Velocidad)	25 piezas/min
	Voltaje	220 V 50/60Hz
	Fuente de alimentación de control	DC 24V

Nombre del producto	Alimentador vibratorio de remaches	
	Dirección	Sentido horario
Exactitud	99.9%	
Aplicación		

Además, este sistema de alimentación cuenta con apoyos elásticos que absorben las vibraciones con el fin de no afectar a otros subsistemas que componen la máquina ensambladora de recibidor. El alimentador vibratorio será acoplado en sus rieles de salida a la parte superior de cada una de las torres de suministro en donde los remaches se irán almacenando progresivamente.

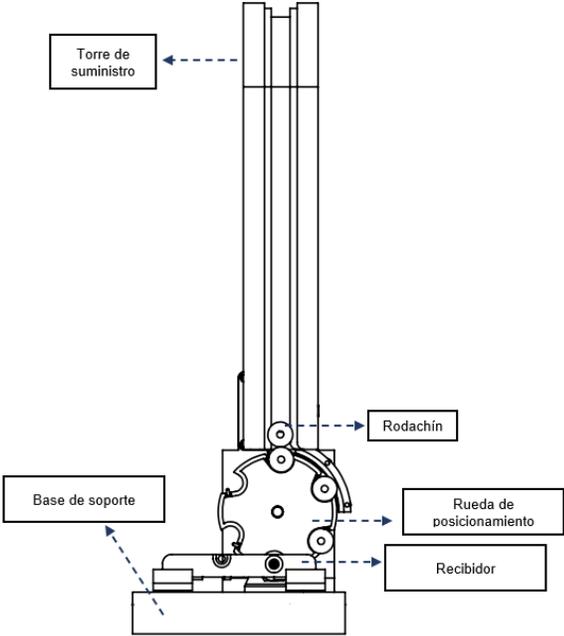
### Diseño de los elementos de la estación de alimentación de rodachines

En esta estación los rodachines serán puestos a granel en el alimentador mecánico centrífugo, el cual será el encargado de suministrar rodachines a la torre de suministro en donde su capacidad máxima de almacenamiento será de 18 rodachines.

En la parte final de la torre se encuentra una rueda que será la encargada de poner en la posición adecuada a cada rodachín, dicha rueda esta accionada por un motor a pasos, además un cilindro neumático ubicado en la parte inferior que conectado a un pequeño eje servirá como guía para que el remache pueda pasar por el agujero del recibidor y del rodachín sin inconvenientes. En las figuras 36 y 37 se mencionarán los elementos que forman parte de esta estación.

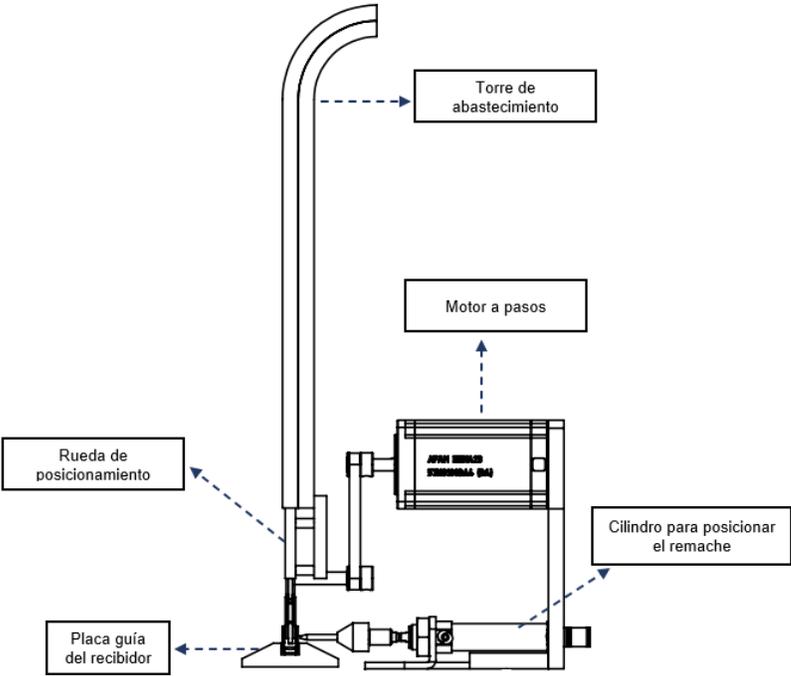
**Figura 36**

*Vista frontal del Esquema sistema de alimentación y colocación del rodachín*



**Figura 37**

*Vista Lateral del esquema de suministro de rodachines*

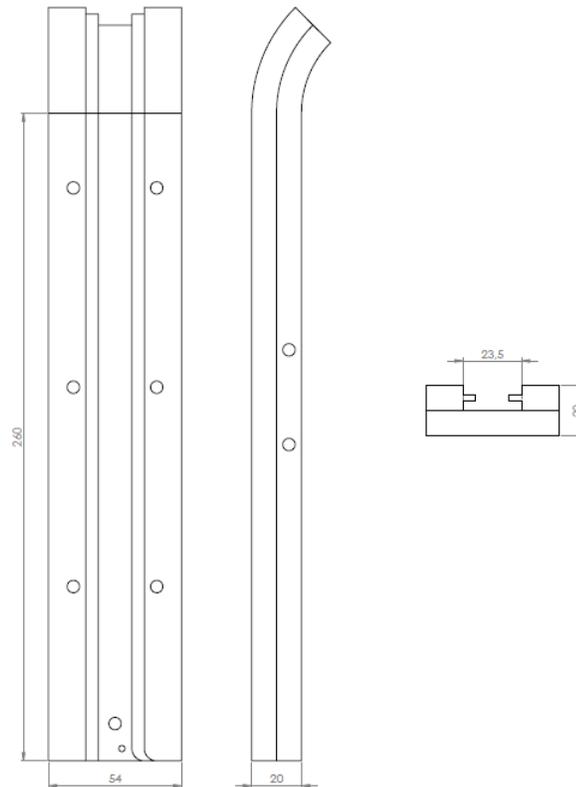


### ***Diseño de la torre de suministro***

Al igual que la torre de suministro de remaches, esta torre estará sometida a cargas muy bajas, es por ello que el diseño será enfocado a las necesidades geométricas que respalden el buen funcionamiento de la estación que lo conforman, partiendo de las dimensiones del rodachín (Figura 5) y teniendo en cuenta los elementos de sujeción se ha dimensionado los elementos de la torre con la finalidad de que esta pueda ser desmontable ante a alguna modificación posible.

Se tendrá una tolerancia de +0.3 mm (en todas sus caras) para que estos puedan deslizarse a lo largo de toda la torre en donde se irán almacenando progresivamente, en cuanto a la sujeción de las placas se toma en consideración las recomendaciones de la especificación (J3.4) del AISIC.

En la figura 38 se puede observar cómo estarán distribuidos los agujeros para la sujeción de las placas que conforman la torre, estas placas y las que sujetan a la torre serán de espesor 10 mm con lo que se facilita la sujeción con otros elementos de la estación de alimentación de rodachines, se pueden observar las medidas de largo y ancho de esta torre, y además de la conformación de la ranura.

**Figura 38***Torre de suministro de rodachines****Diseño de la rueda de posicionamiento***

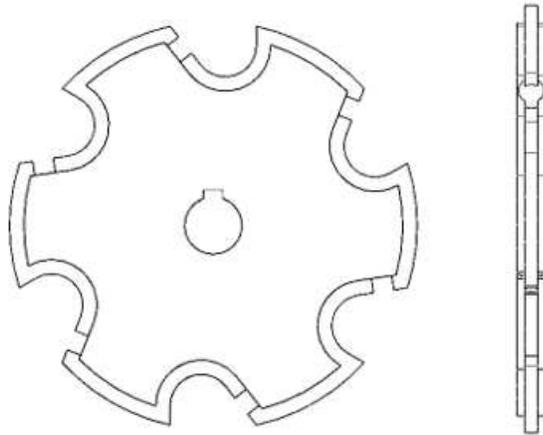
Esta rueda giratoria tiene la función de ir posicionando a cada rodachín que se encuentra almacenado en la torre de suministro para que las guías que se encuentran en la parte inferior de la estación puedan colocar el remache dentro del recibidor y del rodachín sin ningún inconveniente.

Para el dimensionamiento de la rueda se tomó como referencia las medidas del rodachín (figura 5) con una tolerancia de  $-0.1$  mm, ya que éste debe ir alojado en cada una de las ranuras que se muestran en la figura anterior, cada una de estas ranuras alojará un rodachín y además un dispositivo de resorte que evitara que los rodachines puedan caerse mientras realizan su recorrido, además es de gran importancia el

espesor de la rueda ya que esta pasará por dentro del recibidor y no deben existir ni choques o rozamiento entre los dos materiales.

**Figura 39**

*Rueda de posicionamiento*



**Determinación del motor a pasos para el accionamiento de la rueda.** El

accionamiento de la rueda de posicionamiento de rodachines se dará por un motor a pasos para lo cual es necesario calcular el torque a vencer, y se debe empezar por determinar las inercias de los elementos del sistema, para lo cual se utiliza el programa SolidWorks y están descritos en la tabla 15.

**Tabla 15**

*Inercias a vencer por el motor*

Elemento	Material	Cantidad	Masa (g)	Inercia Parcial [ $g \cdot mm^2$ ]	Inercia Total [ $g \cdot mm^2$ ]
<b>Eje de transmisión de movimiento</b>	AISI A36	1	47.17	11724	11724
<b>Rueda de posicionamiento</b>	AISI A36	1	161.6	113822	113822
<b>Poleas</b>	Aluminio	2	4	160	320
					125866

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$$\theta = \frac{\pi}{3} \text{ rad (Giro necesario para posicionamiento de rodachines)}$$

$$t = 0.5 \text{ s (Tiempo estimado para el giro)}$$

### Velocidad angular

$$\omega = \frac{2}{3} \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$n = 20 \text{ RPM}$$

### Aceleración angular

El tiempo de 2 pasos en este caso al igual que el motor a pasos para la cadena de transmisión está dado por

$$t = \frac{2 \text{ pasos}}{100 \text{ pasos/s}} = 0.02 \text{ s}$$

Siendo así la aceleración vendrá determinada por

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{100 \text{ pasos/s}}{0.02 \text{ s}} = 5000 \frac{\text{pasos}}{\text{s}^2}$$

$$\alpha = 5000 \frac{\text{pasos}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ rev}}{200 \text{ pasos}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 157.08 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

### Torque de aceleración rotatorio

$$\tau_1 = I_T \cdot \alpha$$

$$\tau_1 = 0.00012587 [\text{kg} \cdot \text{m}^2] * 157.08 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right] = 0.0198 \approx 0.02 \text{ N} \cdot \text{m}$$

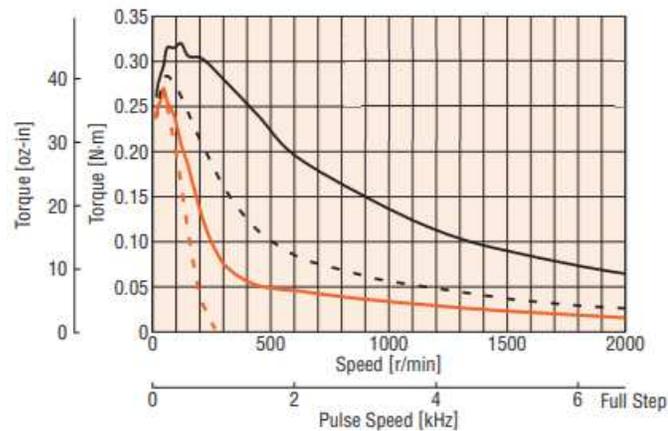
Se debe tener en cuenta que el torque calculado es un aproximado para lo cual es recomendable usar el doble del torque que se calculó o el siguiente motor que supere a la capacidad encontrada con el fin de asegurar el funcionamiento correcto, para lo cual en este caso se elegirá un motor con un torque máximo de  $0.26 \text{ N} \cdot \text{m}$ .

Considerando una velocidad angular calculada de 20 RPM y un torque requerido de  $0.02 \text{ N} \cdot \text{m}$ , se puede observar en la figura 40 las curvas características del motor a

pasos **42BYGH038 de 1.2 A** (Ver en anexos) proporcionadas por el proveedor, que el motor escogido está dentro de la curva del torque máximo admisible, es por eso que es ideal para la aplicación requerida.

### Figura 40

*Curvas características del motor*



### **Diseño del alimentador centrífugo**

En la sección de alternativas se describió y seleccionó este tipo de mecanismo de alimentación dado que no se necesita mayor precisión al momento de posicionar los rodachines en los canales debido a que este elemento es completamente simétrico. El alimentador centrífugo consiste en un mecanismo accionado por un motor eléctrico el cual hará girar unos discos con ranuras en donde se irán alojando los rodachines, por consecuencia de esto los rodachines se irán deslizando por una pequeña rampa hasta llegar a la torre de suministro correspondiente.

**Cálculo de la potencia del motor.** Para calcular la potencia requerida se calculó la inercia de las partes que serán incluidas en el diseño y se muestran en la tabla 16.

**Tabla 16***Inercia de los elementos del diseño*

<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Inercia Parcial</b> [g · mm <sup>2</sup> ]	<b>Inercia Total</b> [g · mm <sup>2</sup> ]
<b>Eje conductor</b>	AISI A36	1	60	185349	185349
<b>Base de contacto</b>	Ertalón	1	205	804497	804497
<b>Posicionador de rodachines</b>	Ertalón	1	441.46	2267192	2267192
<b>Tapa roscada</b>	AISI A36	1	189.4	79185	79185
<b>Tuerca</b>	Acero	1	8.04	19.58	19.58
<b>Rodachines</b>	Plástico	2000	1.23	43.67	87340
					3423582.58

*Nota:* Inercias determinadas en el programa SolidWorks

Para obtener un tiempo promedio que permita calcular la velocidad de rotación a la que el motor deberá funcionar se han tomado como referencia alimentadores centrífugos ya existentes, con lo cual se ha estimado un valor de 2.5 segundos por cada revolución.

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$$\theta = 2\pi$$

$$t = 2.5 \text{ s (Tiempo estimado)}$$

$$r = 150 \text{ mm}$$

**Velocidad angular**

$$\omega = 2.51 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$n = 24 \text{ RPM}$$

$$v = \omega \cdot r$$

$$v = 0.376 \frac{m}{s}$$

### Aceleración angular

$$\alpha = \frac{n * \frac{2\pi}{60}}{t}$$

$$\alpha = 1.005 \frac{rad}{s^2}$$

### Torque de aceleración rotatorio

$$\tau_1 = I_T \cdot \alpha$$

$$\tau_1 = 3423582.58 [g \cdot mm^2] * 1.005 \left[ \frac{rad}{s^2} \right] * \frac{1}{1000^3} = 0.00344 N \cdot m$$

### Torque por fricción

$$\tau_2 = F_{fr} \cdot R = N \cdot \mu \cdot R_p = m \cdot g \cdot \mu \cdot r_d$$

$$\tau_2 = 0.98 N \cdot m$$

### Torque requerido

$$\tau = 0.9834 N \cdot m$$

### Potencia requerida

$$P_r = \tau \cdot \omega$$

$$P_r = 0.9834 [N \cdot m] * 2.51 \left[ \frac{rad}{s} \right] = 2.47 W = 0.0033 HP$$

Al no necesitar de una gran potencia requerida según los cálculos realizados, se procede a elegir el motor de menor capacidad que existe en el mercado y que logre satisfacer la necesidad para el trabajo a emplear, siendo el caso de un motor de 0.5 HP, con un reductor de velocidad, con relación de transmisión  $i = 63$ , con lo que se obtiene una velocidad de salida de 27 RPM, la cual es muy cercana a la que se necesita para poder accionar el alimentador centrífugo.

El proveedor de este motorreductor es BKB Maquinaria Industrial y sus principales características se muestran en la tabla 17.

**Tabla 17**

*Características del motorreductor seleccionado*

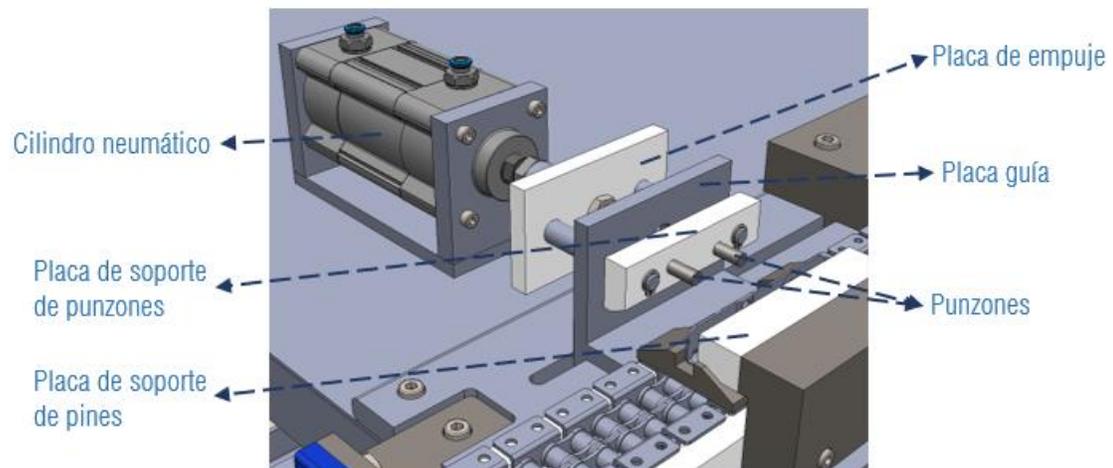
Modelo	Tipo	Potencia (HP)	Brida/Eje	Relación de transmisión	RPM salida
MRV40 UO3A	Tornillo Sin fin y Corona	0.5	B5/14-160	63	27

### Diseño de los elementos de la estación final de remachado

Esta es la etapa final del ensamblado en donde se realizará el proceso del remachado doble, esto se lo realizará con un cilindro neumático unido a un conjunto de placas que servirán como guías y soportes de los pines y punzones. En la figura 41 se pueden ver cada uno de los componentes que se encuentran en esta estación final.

**Figura 41**

*Esquema sistema de remachado*



### **Cálculo del cilindro de remachado**

El remache utilizado en el ensamble de receptor es semitubular de diámetro 3/16", siendo éste de acero SAE 1008, con estas características se procederá a realizar el cálculo para obtener el cilindro neumático más ideal que cumpla nuestro objetivo. Para calcular la fuerza que un remache Semi Tubular necesita para ser colocado, debemos saber el diámetro externo e interno además del material del remache. Teniendo los datos anteriormente mencionados, utilizando la siguiente ecuación procedemos a realizar el cálculo:

$$F = \left( \pi \cdot \left( \frac{D}{2} \right)^2 - \pi \cdot \left( \frac{d}{2} \right)^2 \right) \cdot MTS \cdot 1.5$$

Donde:

F: Fuerza Necesaria (lbf)

D: Diámetro del remache (in)

d: Diámetro del agujero del remache (in)

MTS: Esfuerzo a la tracción del material (PSI)

Los datos iniciales que se tienen son  $D = 0.1875$  in,  $d = 0.1386$  in.  $MTS = 340$  MPa = 49312 PSI.

$$F = 926.7 \text{ lbf} = 4122 \text{ N}$$

Al tener que realizar un remachado doble se necesitaría el doble de fuerza calculada, es decir una,  $F = 8244 \text{ N}$ . Se debe tomar en cuenta que el cálculo se lo realiza con un factor de seguridad de 1.5, ya que un cilindro neumático no debe ser accionado a su máxima capacidad con la finalidad de que éste tenga una mayor durabilidad y mejor funcionamiento.

Teniendo en cuenta un intervalo de presión de 6 bar (87 psi) a 8 bar (116), siendo éste el utilizado en VYMSA en la línea de trabajo, se escogerá el cilindro más ideal para esta aplicación.

Se escogerá un cilindro neumático con un diámetro del émbolo de 125 mm trabajando con una presión de 7 bar, teniendo así una fuerza en extensión de 8594 N, para realizar el remachado doble, dicho cilindro tendrá las características mostradas en la tabla 18.

**Tabla 18**

*Características del cilindro neumático de 125 mm*

Modelo	Tipo	Diámetro	Carrera	Presión de trabajo	Fluido
SI125050X	Neumático	125 mm	50 mm	1-9 Bar	Aire comprimido

**Tabla 19**

*Selección del cilindro neumático adecuado*

F1 = Fuerza en extensión - Newtons

F2 = Fuerza en retracción - Newtons

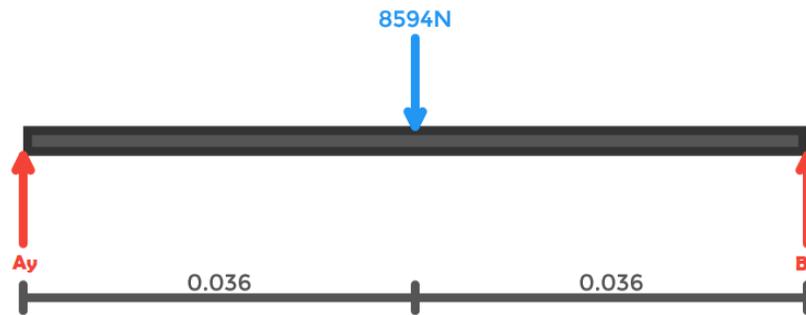
Diámetro		Presión Kg/cm <sup>2</sup>								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	F1	5,7	8,5	11,3	14,1	17,0	19,8	22,6	25,5	28,3
	F2	4,2	6,4	8,5	10,6	12,7	14,9	17,0	19,1	21,2
10	F1	15,7	23,6	31,4	39,3	47,1	55,0	62,9	70,7	78,6
	F2	13,2	19,8	26,4	33,0	39,6	46,2	52,8	59,4	66,0
12	F1	23	34	45	57	68	79	91	102	113
	F2	17	25	34	42	51	59	68	76	85
16	F1	40	60	80	101	121	141	161	181	201
	F2	35	52	69	86	104	121	138	156	173
20	F1	63	94	126	157	189	220	251	283	314
	F2	53	79	106	132	158	185	211	238	264
25	F1	98	147	196	246	295	344	393	442	491
	F2	83	124	165	206	248	289	330	371	413
32	F1	161	241	322	402	483	563	644	724	805
	F2	138	207	277	346	415	484	553	622	691
40	F1	251	377	503	629	754	880	1.006	1.131	1.257
	F2	211	317	422	528	634	739	845	950	1.056
50	F1	393	589	786	982	1.179	1.375	1.571	1.768	1.964
	F2	330	495	660	825	990	1.155	1.320	1.485	1.650
63	F1	624	936	1.247	1.559	1.871	2.183	2.495	2.807	3.119
	F2	561	841	1.122	1.402	1.683	1.963	2.243	2.524	2.804
80	F1	1.006	1.509	2.011	2.514	3.017	3.520	4.023	4.526	5.029
	F2	908	1.361	1.815	2.269	2.723	3.176	3.630	4.084	4.538
100	F1	1.571	2.357	3.143	3.929	4.714	5.500	6.286	7.071	7.857
	F2	1.473	2.210	2.946	3.683	4.420	5.156	5.893	6.629	7.366
125	F1	2.455	3.683	4.911	6.138	7.366	8.594	9.821	11.049	12.277
	F2	2.294	3.442	4.589	5.736	6.883	8.031	9.178	10.325	11.472

*Nota.* Recuperado de “Cilindros – Fuerzas teóricas” (p. 19), por AIRTAC.

### Diseño de la placa de soporte conectada al cilindro neumático

Figura 42

Diagrama de fuerzas en el remachado



Teniendo en cuenta que el momento flector máximo se encuentra en la mitad de la placa con un valor de  $M_{max} = 154692\text{ N} \cdot \text{mm}$ , sabiendo que el esfuerzo de fluencia del acero ASTM A36 es  $\sigma_y = 248.21\text{ MPa}$ , se obtuvo un espesor mínimo de la placa de  $e = 7.59\text{ mm}$ . Con el fin de evitar deformaciones en las placas se toma en cuenta un factor de seguridad de 2 (recomendaciones de Joseph Vidosic Tabla 20) con lo que el espesor final de la placa sería de  $15.2\text{ mm}$  y siguiendo la tabla 21 en donde se muestran los espesores normalizados se elige una placa con espesor  $16\text{ mm}$ .

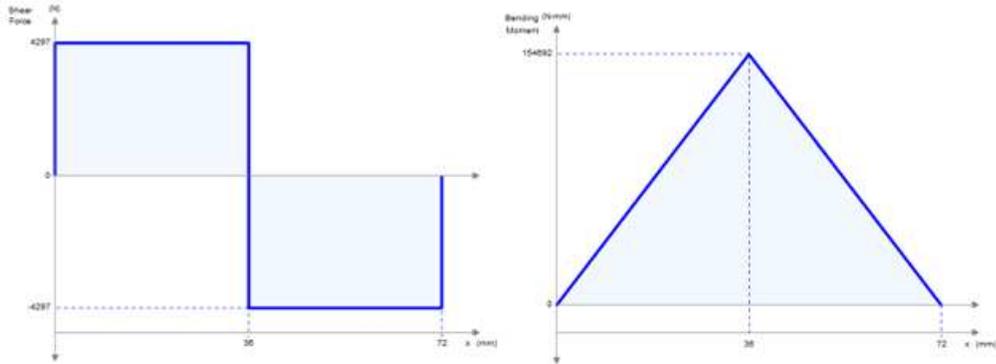
**Tabla 20***Criterios para utilizar Factores de seguridad*

<b>Caso</b>	<b>Factor de Seguridad</b>	<b>Observaciones</b>
1	1.25 ... 1.5	Para materiales excepcionalmente confiables usados bajo condiciones controlados y sujetos a carga y esfuerzos que pueden determinarse con exactitud. Una consideración muy importante es que casi siempre se usan para pesos pequeños
2	1.5 .... 2	Para materiales bien conocidos, para condiciones de medio ambiente razonablemente constantes y sujetos a carga y esfuerzos que puedan calcularse con facilidad.
3	2 .... 2.5	Para materiales promedio que trabajen en condiciones de medio ambiente ordinarias y sujetos a cargas y esfuerzos que puedan calcularse.
4	2.5 .... 3	Para materiales poco experimentados o frágiles en condiciones promedio de medio ambiente, carga y esfuerzo.
5	3 .... 4	Para materiales no experimentados usados para condiciones promedio de medio ambiente, carga y esfuerzo.
6	3 .... 4	Deberá también usarse con materiales mejor conocidos que vayan a usarse en condiciones ambientales inciertas o sujetos a cargas y esfuerzos inciertos.
7		Cargas repetidas: son aceptables los factores indicados en los puntos 1 al 6, pero debe aplicarse el límite de rotura por carga cíclica o esfuerzo de fatiga en lugar del esfuerzo de fluencia del material.
8		Fuerza de impacto: son aceptables los factores dados en los puntos 3 al 6, pero deberá incluirse un factor de impacto.

*Nota.* Recuperado de *Factores de seguridad*, por Vidosic J, 1957, The Ronald Press, New York.

**Figura 43**

*Determinación del momento flector y fuerza cortante*

**Tabla 21**

*Espesores de placas dadas por proveedores*

Espesor Nominal (mm)	Peso Nominal			
	2.000 x 6.000 (kg)	2.000 x 12.000 (kg)	2.440 x 6.000 (kg)	2.440 x 12.000 (kg)
6	576	1.152	702,72	1.405,44
8	768	1.536	936,96	1.873,92
10	960	1.920	1.171,20	2.342,40
12	1.152	2.304	1.405,44	2.810,88
14	1.344	2.688	1.639,68	3.279,36
16	1.536	3.072	1.873,92	3.747,84
18	1.728	3.456	2.108,16	4.216,32
20	1.920	3.840	2.342,40	4.684,80

A manera de comprobación se siguen las pautas mencionadas en el texto

“Fundamentos de matricería 1” en donde se aplica la siguiente ecuación para el cálculo de espesores en placas de matricería.

$$e_p = 0.6 \cdot \sqrt[3]{F}$$

Siendo

*F*: la fuerza máxima aplicada a la placa

*e<sub>p</sub>*: espesor mínimo de la placa

$$e_p = 12.3 \text{ mm}$$

Con lo cual queda verificado el espesor que debe tener la placa de acople del cilindro neumático y guías.

Después de realizar un análisis estático de la viga, se deberá realizar un estudio dinámico al tratarse de cargas de impacto, para lo cual hay que apoyarse en los métodos tradicionales según la teoría del Manual de resistencia 2° de Pisarenko, en donde plantea que:

$$\sigma_{d_{max}} = kd \cdot \sigma_{est_{max}}$$

$$\delta_d = kd \cdot \delta_{est}$$

Donde

$\sigma_{est}$ : tensión estática

$kd$ : coeficiente de cargas dinámicas

$\delta_{est}$ : Deformación del elemento elástico

$\delta_d$ : Deformación durante un impacto de carga

Además, existe una ecuación que generaliza las expresiones para diferentes configuraciones de vigas y diferentes tipos de apoyos, la cual esta descrita por:

$$kd = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_{est}(1 + \alpha \cdot \beta)}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g \cdot \delta_{est}(1 + \alpha \cdot \beta)}}$$

Siendo

$$\alpha = \frac{2+4n-n^2-6n^3+3n^4}{105 \cdot n^2(1-n)^2}$$

$n$ : fracción de la longitud de la viga donde es aplicada la fuerza de impacto

$$\beta = \frac{Q_{el}}{Q}$$

$Q_{el}$ : Peso del elemento golpeado = 0.363 N

$Q$ : Peso del cuerpo que golpea = 8594 N

$$\delta_{est} = 0.01719 \text{ mm}$$

$$\text{Si } n = 1/2$$

$$\alpha = 0.4857$$

$$\beta = 0.0000422$$

$$kd = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 * 40}{0.01719(1 + 0.4857 * 0.0000422)}}$$

$$kd = 69.23$$

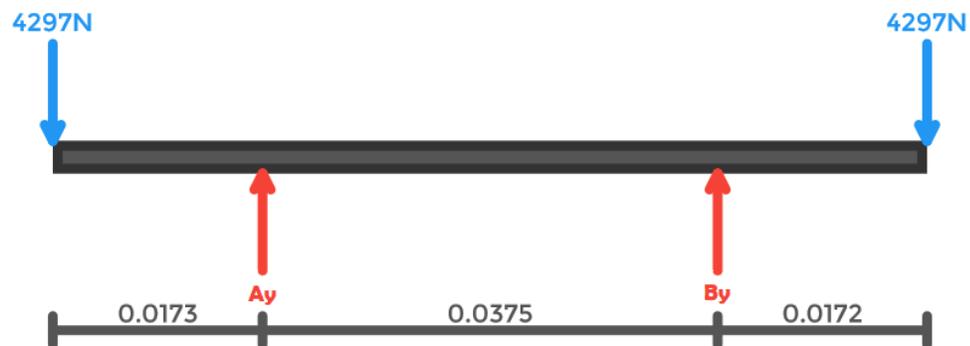
$$\delta_d = 1.19 \text{ mm}$$

### **Diseño de la placa porta punzones**

En la figura 44 se describen las fuerzas a las que será sometida la placa analizada para posteriormente realizar un estudio y poder determinar el espesor mínimo para resistir las cargas mostrados y determinar su deformación máxima.

#### **Figura 44**

*Fuerzas que actúan en la placa*

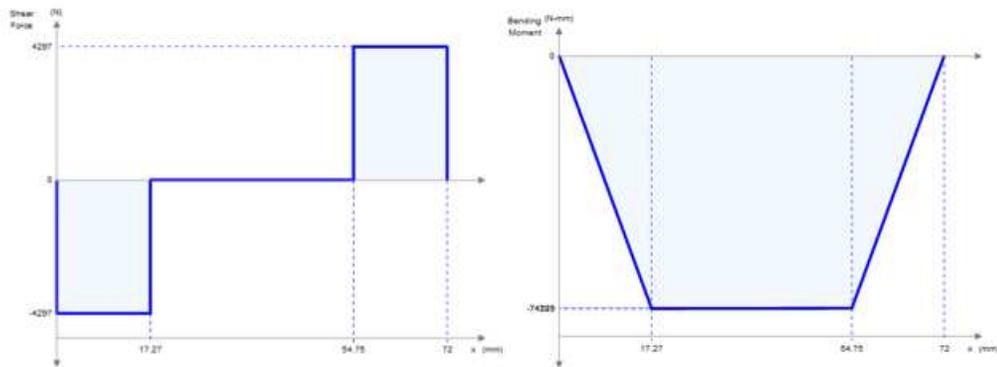


En este caso el momento flector máximo se encuentra en la segunda zona de la placa es decir en donde están ubicados los punzones y tiene un valor de  $M_{max} = 74210 \text{ N} \cdot \text{mm}$ , y sabiendo que el esfuerzo de fluencia del acero ASTM A36 es  $\sigma_y = 248.21 \text{ MPa}$ , se obtuvo un espesor mínimo de la placa de  $e = 7.73 \text{ mm}$ , con un factor de

seguridad de 2 se tiene un espesor para la placa porta punzones de 15.46 por lo que se elige de la tabla 21 el espesor normalizado de 16 mm.

### Figura 45

*Momento flector y fuerza cortante de la placa*



Al igual que en el caso de la placa anterior, se debe realizar un análisis dinámico ya que esta placa igualmente está sometida a cargas de impacto, para lo cual se sigue el mismo procedimiento que el caso pasado.

$$\delta_d = kd \cdot \delta_{est}$$

$$kd = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_{est}(1 + \alpha \cdot \beta)}}$$

$$\alpha = \frac{2 + 4n - n^2 - 6n^3 + 3n^4}{105 \cdot n^2(1 - n)^2}$$

$$\beta = \frac{Q_{el}}{Q}$$

$Q_{el}$ : Peso del elemento golpeado = 0.363 N

$Q$ : Peso del cuerpo que golpea = 8594 N

$$\delta_{est} = 0.004563 \text{ mm}$$

Si  $n = 1/6$

$$\alpha_1 = 1.2903$$

Si  $n = 5/6$

$$\alpha_2 = 1.2903$$

$$\beta = 0.0000422$$

$$kd = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 * 40}{0.004563(1 + 2.5806 * 0.0000422)}}$$

$$kd = 42.88$$

$$\delta_d = 0.1957 \text{ mm}$$

### **Diseño de los ejes guías**

Para el cálculo de pandeo de las columnas se hace un análisis con un diámetro de 14mm, teniendo en cuenta que las guías deben ser endurecidas se ha escogido como material el acero AISI 4140 en donde su esfuerzo a la fluencia es de 588.4 MPa, longitud de columna de 91 mm y un factor de seguridad de 2

$$I = \frac{\pi r_c^4}{4} = 1.886 \times 10^{-9} m^4$$

$$A_r = \pi * r_c^2 = 1.539 \times 10^{-4} m^2$$

Para determinar si es columna larga o corta aplicamos lo siguiente donde se determina que es una columna corta. (Detalles de cálculo en Anexos)

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_r}} = 3.5 \times 10^{-3} m$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 * E}{\sigma_y}} = 81.911$$

$$\frac{k * L_c}{r} = 16.9 < C_c$$

$$\sigma_c = \left[ 1 - \frac{\left( \frac{k * L_c}{r} \right)^2}{2 * C_c^2} \right] * \frac{\sigma_y}{n} = 2.879 \times 10^8 \text{ Pa}$$

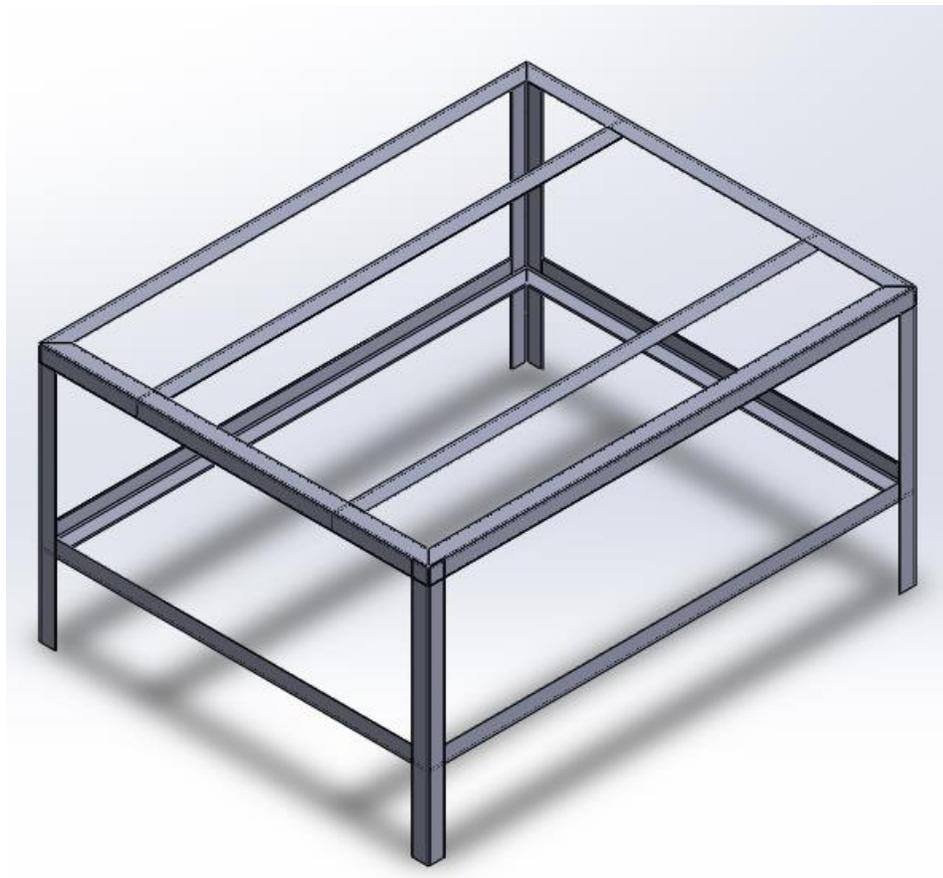
Debido a que  $\sigma_c < \sigma_y$  se concluye que no va a existir pandeo.

### ***Diseño de la mesa de soporte***

Para el diseño de la mesa de soporte se parte de un modelo inicial para poder determinar los perfiles necesarios para asegurar que resistan las cargas de todos los sistemas que serán soportados. El modelo se presenta en la figura 46.

### **Figura 46**

*Modelo de la mesa de soporte*



La estructura se encargará de soportar el peso las 4 estaciones de la máquina, el sistema de transporte y la base de la máquina. El material considerando para esta

función es el acero estructural dado que es uno de los más comerciales. La altura de la mesa está considerada por ergonomía 800 mm.

**Tabla 22**

*Pesos de los sistemas soportados por la mesa*

<b>Sistema</b>	<b>Peso</b>
<b>Estación 1</b>	3.6 kg
<b>Estación 2</b>	15.08 kg
<b>Estación 3</b>	11.50 kg
<b>Estación 4</b>	10.80 kg
<b>Alimentador centrífugo</b>	8.2 kg
<b>Alimentador vibratorio</b>	20.4 kg
<b>Sistema de transporte</b>	3.4 kg
<b>Total</b>	72.98 kg

Los perfiles que serán sometidos a mayores cargas son los intermedios, dado que la mayoría de componentes se encuentran en el centro de la mesa.

$$W_D = \frac{W_t}{L} = \frac{72.98 \text{ kg}}{1,51 \text{ m}} = 48.33 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

La deflexión máxima está dada por L/100 como referencia en los cálculos y tomando el comportamiento del perfil como viga con apoyos simples se puede determinar con la fórmula de la deflexión la inercia que debe tener el elemento estructural y poder seleccionarlo.

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{5 * w * L^4}{384 * E * I_{min}}$$

$$\frac{L}{100} = \frac{5 * w * L^4}{384 * E * I_{min}}$$

$$I_{min} = \frac{500 * w * L^3}{384 * E} = \frac{1.302 * (48,33) * (1,51)^3}{2.04 * 10^{10}} = 1.06 \text{ cm}^4$$

Tomando en cuenta perfiles que se encuentran en el mercado de acuerdo al catálogo de Importaceros y debido a que la inercia mínima del perfil es de  $1.06 \text{ cm}^4$ , se escoge el perfil que sobrepase la inercia calculada, teniendo un ángulo de  $2'' \times 4 \text{ mm}$ .

**Figura 47**

*Estaciones de la máquina ensambladora*

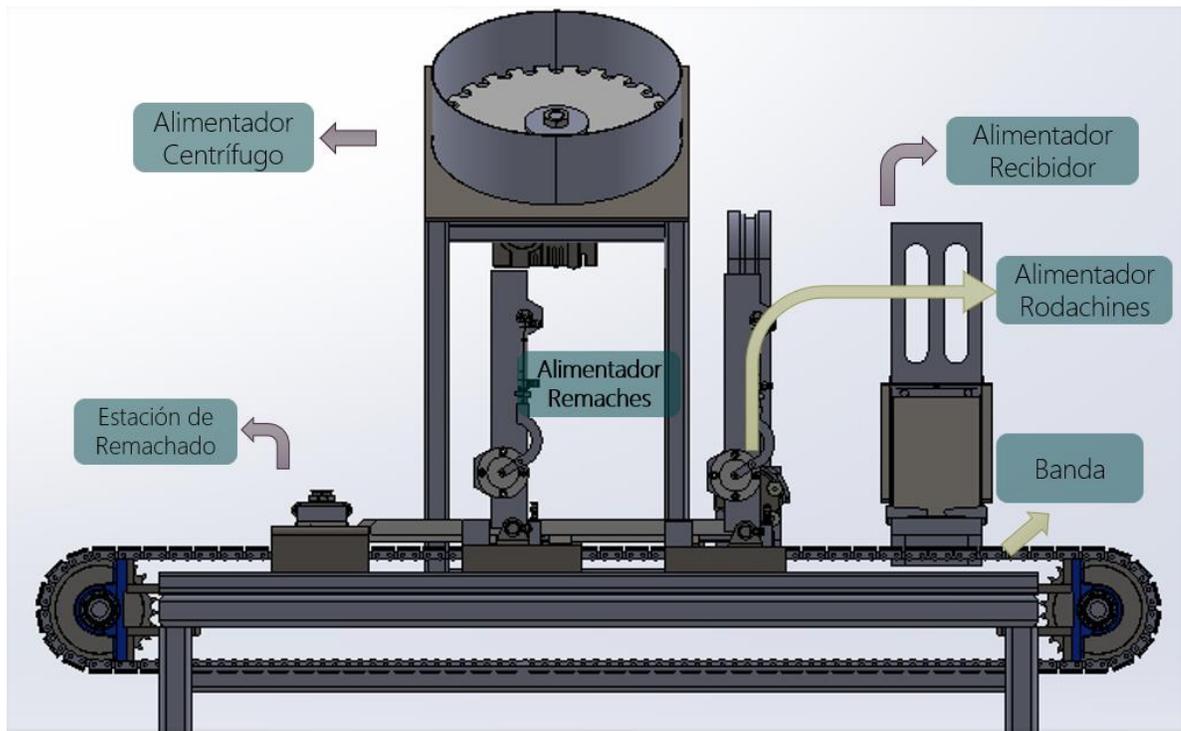
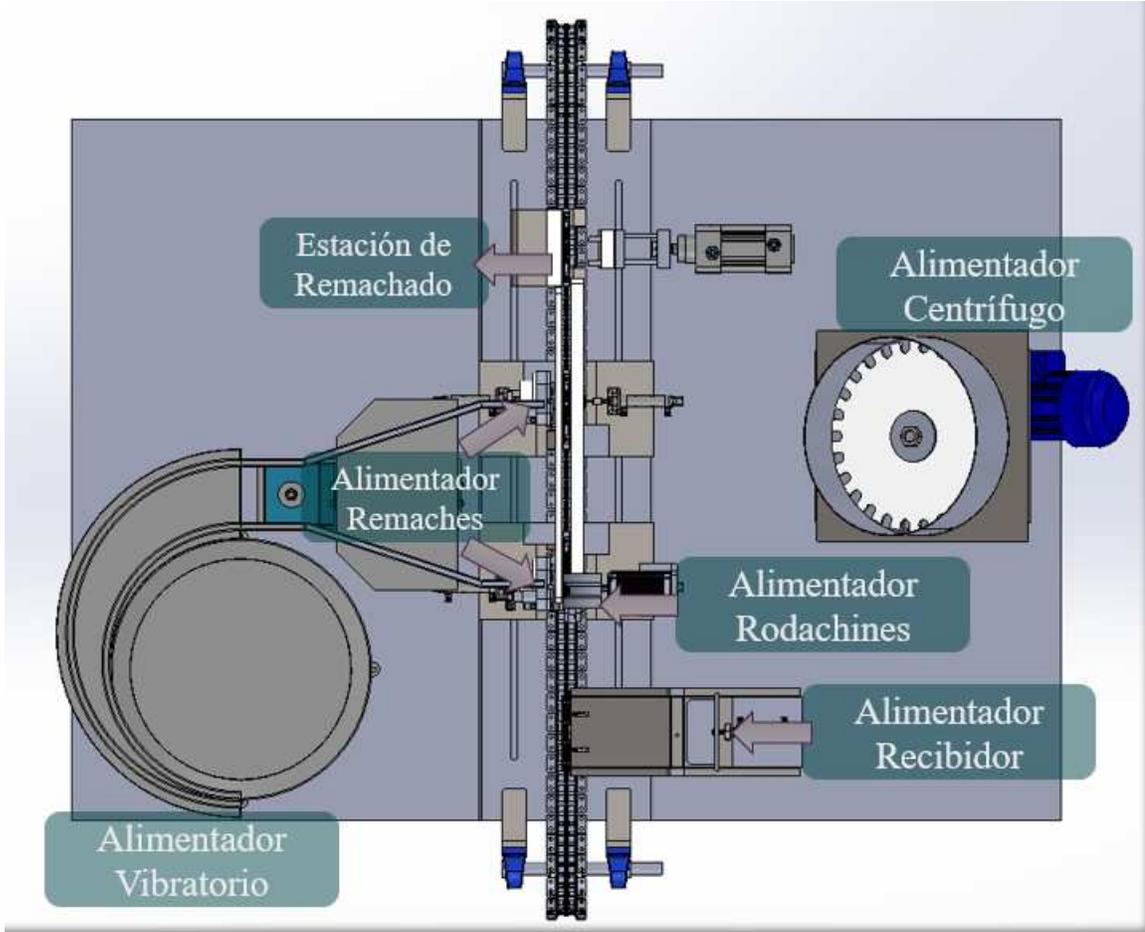


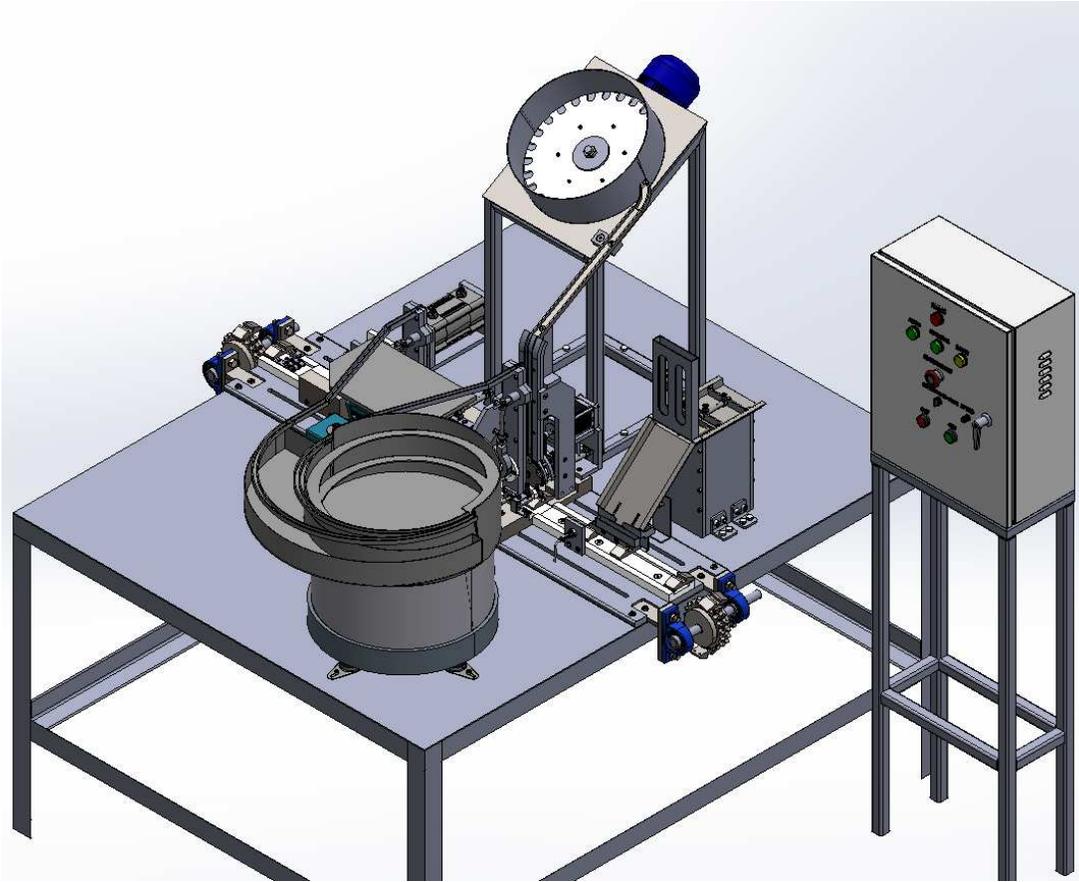
Figura 48

Vista Superior Estaciones de la máquina ensambladora



**Figura 49**

*Vista Isométrica de la máquina ensambladora*



## Capítulo 4

### Diseño y construcción de componentes del sistema de remachado y de transporte de recibidor

#### Especificaciones del diseño

##### *Remachado en dos posiciones*

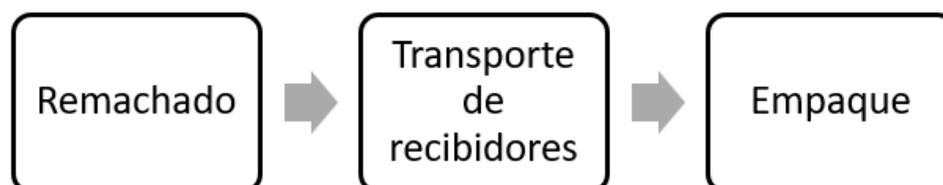
- Primero es importante determinar la fuerza requerida para el remachado y tomando como referencia el valor calculado en el capítulo 3 se tiene una fuerza de 8144 N que debe entregar el cilindro neumático para lograr la operación.
- Utilizar la estructura de soporte de la sección de trabajo.
- El mecanismo a diseñar debe evitar que exista problemas físicos a los trabajadores.

##### *Sistema de Transporte*

- El espacio determinado para el sistema de transporte es de 2 m de longitud como máximo.
- El sistema debe estar diseñado para empacar 500 piezas en cada uno de los lotes.
- El sistema debe estar ubicado junto a la estación de remachado de los recibidores.

#### Figura 50

*Etapas finales en el proceso de producción*



## Selección de alternativas

### *Análisis y decisión de la alternativa para el sistema de transporte*

El sistema de transporte tiene como función importante trasladar los recibidores desde el remachado final hacia los empaques.

Para poder seleccionar el sistema de transporte más adecuado se tomará en cuenta 4 criterios: eficiencia o funcionalidad, costo, capacidad de carga y disponibilidad en el mercado. La evaluación está prevista a realizarse de la misma manera que en el capítulo 3.

**Tabla 23**

*Criterios para la selección del sistema de transporte*

	Costo	Eficiencia	Capacidad de carga	Disponibilidad en el mercado	Total	Ponderación
<b>Costo</b>		3	3	5	11	0.196
<b>Eficiencia</b>	7		7	7	21	0.375
<b>Capacidad de carga</b>	3	3		5	11	0.196
<b>Disponibilidad en el mercado</b>	5	3	5		13	0.233
	<b>Total</b>				56	

Para el sistema de transporte de los recibidores se debe considerar que la distancia a recorrer es de máximo 1 m, el peso de los recibidores es de 0,0356 kg y no es necesario que los elementos se ubiquen en una posición exacta en la base de transporte, por lo que se tiene previsto dos alternativas; a) un sistema de transporte por bandas planas y b) un sistema de transporte por rodillos.

El sistema de banda plana permite trasladar objetos de bajo peso, son efectivos para traslados de distancias menores a los 2 m, el precio del sistema es bajo, se puede encontrar en el mercado con facilidad y tienen una amplia variedad de materiales.

El sistema de transporte por rodillos es más costoso que el de bandas debido a que se utiliza para capacidad de carga mayor, se encuentra los materiales fácilmente en el mercado.

**Tabla 24**

*Selección del sistema de transporte de los recibidores*

<b>Matriz de elección del sistema de transporte de los recibidores</b>			
	Sistema de transporte por bandas planas	Sistema de transporte por rodillos	Ponderación
<b>Costo</b>	7	3	0.196
<b>Eficiencia</b>	7	3	0.375
<b>Capacidad de carga</b>	7	3	0.196
<b>Disponibilidad en el mercado</b>	5	5	0.233
<b>Total</b>	<b>6.53</b>	<b>3.47</b>	

***Análisis de las alternativas para la selección del sensor de posición***

Para seleccionar el sensor más adecuado para el sistema de transporte consideramos 5 criterios los cuales son: costo, precisión, disponibilidad en el mercado, rango de funcionamiento y fiabilidad. De los criterios dispuestos en la tabla 25 los más importantes a considerar en la selección del sensor son la fiabilidad y rango de funcionamiento sin dejar de lado la precisión.

**Tabla 25**

*Criterios de selección para el sensor*

	Costo	Precisión	Disponibilidad en el mercado	Rango de funcionamiento	Fiabilidad	Total	Ponderación
<b>Costo</b>		3	5	3	3	14	0.14
<b>Precisión</b>	7		7	3	3	20	0.20
<b>Disponibilidad en el mercado</b>	5	3		3	3	14	0.14
<b>Rango de Funcionamiento</b>	7	7	7		5	26	0.26

	Costo	Precisión	Disponibilidad en el mercado	Rango de funcionamiento	Fiabilidad	Total	Ponderación
Fiabilidad	7	7	7	6		26	0.26
<b>Total</b>						100	

Las alternativas presentes para seleccionar el sensor tenemos; a) un sensor inductivo y b) un sensor fotoeléctrico.

El sensor inductivo es más barato que el fotoeléctrico pero el rango de funcionamiento es bajo teniendo problemas de precisión dependiendo la distancia de los elementos a medir.

El sensor fotoeléctrico tiene rangos de trabajo mayor, garantizando de ese modo la correcta medición de las variables, el costo es más elevado, pero ofrece mayor precisión al momento del trabajo.

#### **Tabla 26**

*Selección del sensor a utilizar en el proceso*

<b>Matriz de elección del sensor</b>			
	Sensor inductivo	Sensor fotoeléctrico	Ponderación
<b>Costo</b>	7	3	0.14
<b>Precisión</b>	3	7	0.20
<b>Disponibilidad en el mercado</b>	5	5	0.14
<b>Rango de funcionamiento</b>	3	7	0.26
<b>Fiabilidad</b>	3	7	0.26
<b>Total</b>	<b>3.84</b>	<b>6.16</b>	

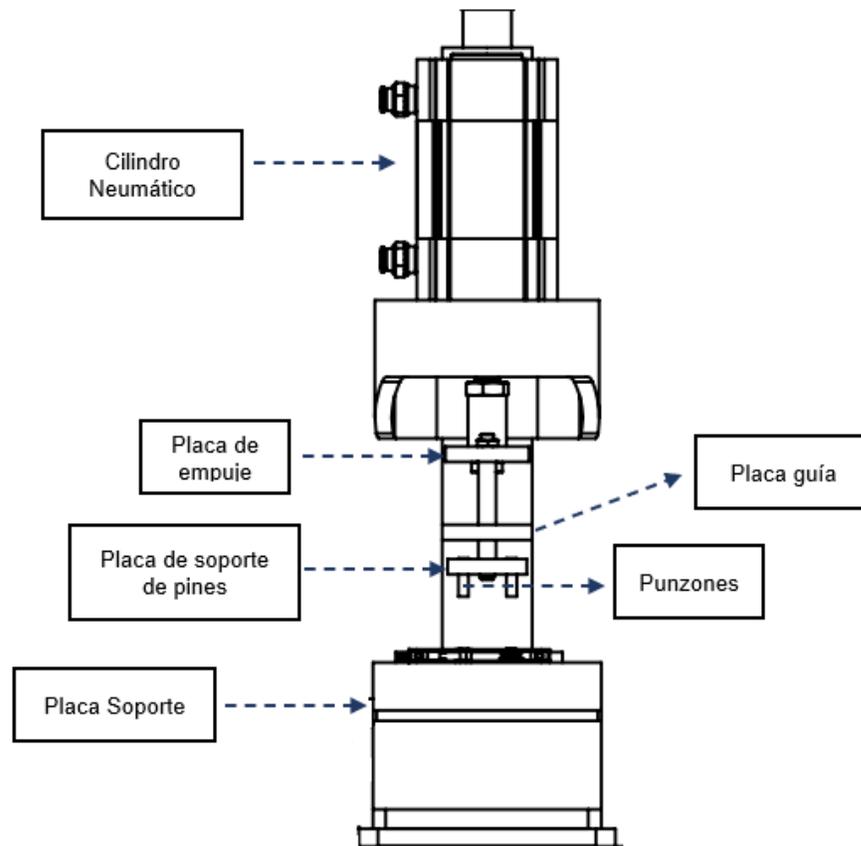
#### **Diseño mecanismo de remachado en dos posiciones**

El mecanismo de remachado doble constará de un cilindro neumático encargado de transmitir la fuerza hacia un conjunto de placas que servirán como guías y soportes

de los punzones. Los punzones se encuentran anclados a una placa de soporte. En la figura 51 se pueden ver cada uno de los componentes que se encuentran en esta sección.

### Figura 51

*Esquema mecanismo de remachado doble*



### ***Diseño de placas guías para remachado en dos posiciones***

Para el proceso de diseño de las placas correspondientes al sistema de remachado de dos posiciones se realiza el mismo procedimiento que el en capítulo anterior (Estación de remachado), con la diferencia que en este caso cambian las medidas de las placas por cuestiones geométricas.

**Placa de empuje.** Para la placa de empuje se obtuvo un momento flector máximo de 124.613 Nmm y tomando en cuenta un esfuerzo de fluencia del acero ASTM A36 de  $\sigma_y = 248.21 \text{ MPa}$  se calculó un espesor mínimo de **6.81 mm**, y considerando un factor de seguridad igual a 2 (Tabla 20) se obtiene un espesor recomendado de **13.62 mm** con lo que siguiendo la tabla 21 se escoge un espesor normalizado de **15 mm**. Posterior al análisis estático se realiza un cálculo considerando cargas dinámicas de impacto para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\delta_{est} = 0.00956 \text{ mm}$$

$$kd = 92.48$$

$$\delta_d = 0.884 \text{ mm}$$

Considerando que  $kd$  es un factor de impacto con el cual se trata de aproximar al fenómeno de las cargas de una manera más exacta, se tiene como resultado una deformación con cargas dinámicas de 0.884 mm.

**Placa porta punzones.** En el caso de la placa porta punzones se obtuvo un momento flector máximo de 116.9 Nmm y tomando en cuenta un esfuerzo de fluencia del acero ASTM A36 de  $\sigma_y = 248.21 \text{ MPa}$  el espesor mínimo que la placa debería tener es de **6.81 mm**, además se ha considerado un factor de seguridad de 2 (Tabla 20) con lo que se recomienda un espesor mínimo de 13.18 con lo que siguiendo la tabla 21 se escoge un espesor normalizado de **15 mm**. Seguido a esto e igualmente que en el caso anterior se realiza un cálculo considerando cargas dinámicas de impacto para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\delta_{est} = 0.000834 \text{ mm}$$

$$kd = 310.72$$

$$\delta_d = 0.259 \text{ mm}$$

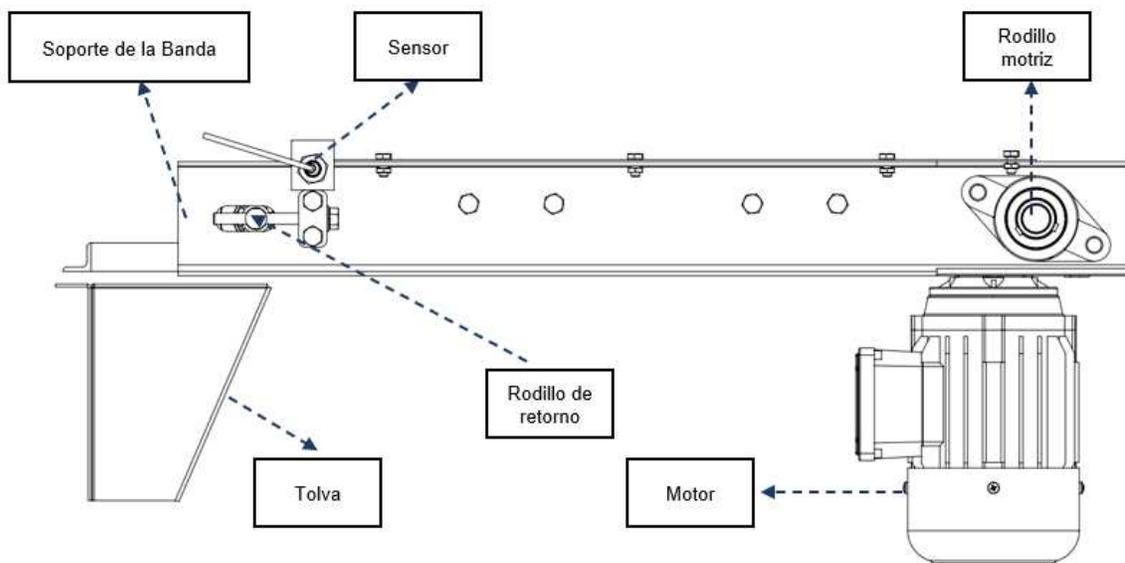
Considerando que  $kd$  es un factor de impacto con el cual se trata de aproximar al fenómeno de las cargas de una manera más exacta, se tiene como resultado una deformación con cargas dinámicas de  $0.259 \text{ mm}$ .

**Pandeo de columnas.** En este apartado se realiza exactamente el mismo análisis que en el capítulo anterior (Estación de remachado) ya que las dimensiones de las columnas son las mismas, por consiguiente, se ratifica que no existe pandeo al aplicarse la fuerza del cilindro neumático.

### Diseño del sistema de transporte para el empaque de recibidores

**Figura 52**

*Esquema del sistema de transporte*



La banda transportadora tendrá una longitud de 542.5 mm, será de PVC con un ancho de 200 mm, un espesor de 3 mm y un perímetro de 1200 mm, ésta tendrá dos rodillos que serán los encargados de dar movimiento a la banda, uno es el motriz con recubrimiento de abrasivo y el otro rodillo es de retorno, que además será el que pueda templar a la banda con su respectivo mecanismo.

### **Datos**

$$Longitud \text{ (de eje a eje)} = 542.5 \text{ mm} = 0.5425 \text{ m}$$

$$Altura = 1 \text{ m}$$

$$Tiempo = 3 \text{ s}$$

$$P_{banda} = 3.6 \text{ [Kg/m}^2\text{]}$$

$$A_{banda} = 200 \text{ mm}$$

$$e_{banda} = 3 \text{ mm}$$

### **Tambores (Rodillos)**

$$A_{banda} = B = 200 \text{ mm}$$

$$L_{rodillo} = B + 20 = 220 \text{ mm}$$

$$D_{rodillo} = 2" = 50.8 \text{ mm}$$

### **Velocidad lineal**

$$v = \frac{d}{t} = \frac{0.5425}{3} = 0.18 \text{ m/s} \approx 0.2 \text{ m/s}$$

### **Velocidad angular**

$$r = 25.4 \text{ mm}$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$\omega = 7.87 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$n = 75 \text{ RPM}$$

### **Aceleración angular**

$$\alpha = \frac{n * \frac{2\pi}{60}}{t}$$

$$\alpha = 2.62 \frac{rad}{s^2}$$

Para determinar el torque requerido es importante considerar la inercia a vencer por parte del motor, para lo cual con el programa SolidWorks se determina los valores de la tabla 27.

**Tabla 27**

*Cálculo de la inercia de los elementos del sistema de transporte*

<b>Elemento</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Inercia Parcial</b> [g · mm <sup>2</sup> ]	<b>Inercia Total</b> [g · mm <sup>2</sup> ]
<b>Rodillo motriz</b>	ASTM A36	1	60	185349	26744495
<b>Rodillo de retorno</b>	ASTM A36	1	205	804497	15969567
<b>Banda</b>	PVC	1	441.46	2267192	33328814
					76042876

### **Pesos de componentes del sistema de transporte**

$$M_{recib+rod+rem} = 37 \text{ g}$$

$$M_{banda PVC} = 2.7 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{Total} = 37[g] * 2 + 2700[g/m^2] * 0.24[m^2]$$

$$M_{Total} = 722 \text{ g} = 0.722 \text{ kg}$$

### **Inercia total del sistema de transporte**

$$J_T = 2 \cdot J_1 + \frac{1}{4} \cdot M_{Total} \cdot d_p^2$$

$$J_T = 85893929.52 \text{ [g} \cdot \text{mm}^2\text{]}$$

**Torque requerido****Torque de aceleración rotatorio.**

$$\tau = I_T \cdot \alpha$$

$$\tau = 85893929.52 [g \cdot mm^2] * 2.62 \left[ \frac{rad}{s^2} \right] * \frac{1}{1000^3} = 0.225 N \cdot m$$

**Torque de aceleración lineal.**

$$\tau_2 = F_{ac} \cdot R_p = m \cdot a_t \cdot R_p$$

$$a_t = R_r \cdot \alpha = 0.0665 \frac{m}{s^2}$$

$$\tau_2 = 0.00122 N \cdot m$$

**Torque de aceleración.**

$$\tau_{ac} = 0.226 N \cdot m$$

**Torque de fricción.****Coefficiente de rozamiento con acero**

$$C_f = 0.35 - 0.4$$

$$Fuerza \ de \ tracción = 9 \ daN/cm^2$$

$$Area \ transversal \ de \ la \ banda = (200) * (3) = 600 \ mm^2 = 6 \ cm^2$$

$$F_t = (9) * (6) = 54 \ daN$$

$$M_{max} = \frac{\left(\frac{F_t}{2}\right)}{C_f} = \frac{\left(\frac{54}{2}\right)}{0.35} = 77.14 \ daN = 7.71 \ N$$

$$M = (0.222) * (9.81) = 2.18 \ N$$

$$C_s = \frac{M_{max}}{M} = \frac{7.71}{2.18} = 3.53$$

$$\tau_3 = F_{fr} \cdot R = N \cdot \mu \cdot R_p = m \cdot g \cdot \mu \cdot R_p$$

$$\mu = 3.53$$

$$\tau_3 = 0.635 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\tau_r = 0.86 \text{ N} \cdot \text{m}$$

### **Potencia requerida**

$$P_r = \tau_r \cdot \omega$$

$$P_r = 0.86[\text{N} \cdot \text{m}] * 7.87 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] = 6.77 \text{ W} = 0.0091 \text{ HP}$$

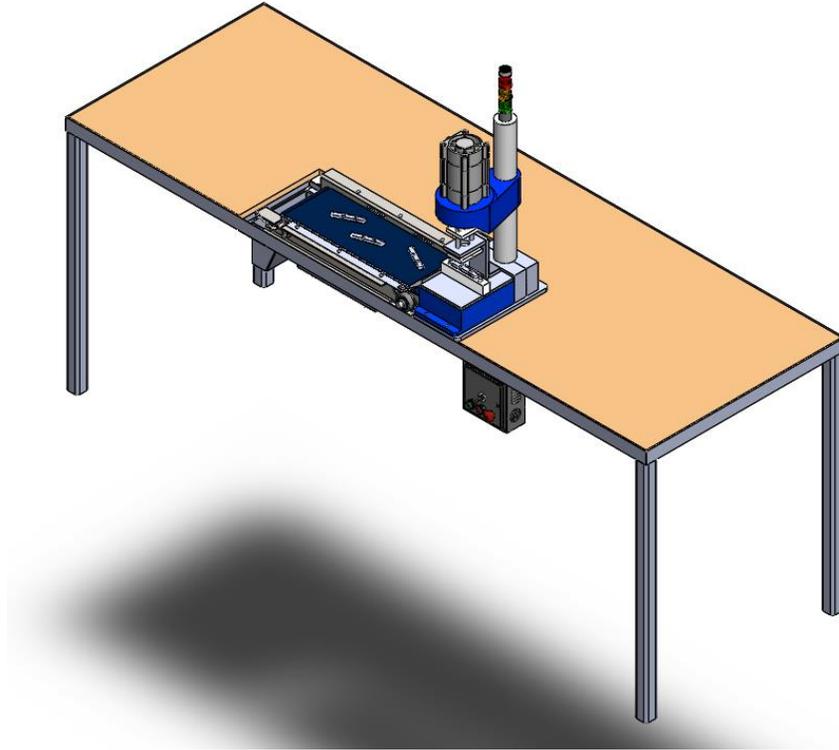
Al ser una banda transportadora de longitud pequeña y en base a los cálculos realizados, es evidente que no se necesita de un motor de gran capacidad, es por esto que según los catálogos de proveedores nacionales disponibles se escoge el motor con menor capacidad existente en el mercado, que además deberá estar acoplado a un reductor de velocidad el cual pueda cumplir con la velocidad angular deseada que en este caso es de 75 RPM.

Para este caso se ha elegido como proveedor a INDUCOM, el cual posee el motorreductor con las características más cercanas a las que se necesitan en esta aplicación, en la siguiente tabla se puede observar la descripción final del motor.

**Tabla 28**

*Características del motor seleccionado*

<b>Modelo</b>	<b>Tipo reductor</b>	<b>Potencia (HP)</b>	<b>Brida/Eje</b>	<b>Relación de transmisión</b>	<b>RPM salida</b>
<b>M. THOMSOM-712-IE2</b>	Tornillo Sin fin y Corona	0.5	B5/712	22.5	80

**Figura 53***Ensamblaje Final***Diseño del sistema de control**

Para realizar el diagrama de control se debe establecer la función de los elementos que van a ser incluidos dentro del sistema, por ende, en la tabla 29 se mostrará una descripción de los elementos a incluir en el proceso de control.

**Tabla 29***Descripción de los elementos del sistema de control*

<b>Elemento</b>	<b>Función</b>
<b>Paro de emergencia</b>	Suspender el funcionamiento del sistema en caso de algún problema.

<b>Elemento</b>	<b>Función</b>
<b>Pulsadores</b>	Dar la señal para iniciar o parar el sistema de transporte.
<b>Selector</b>	Dar la posición inicial para dar inicio al funcionamiento del sistema
<b>Sensor fotoeléctrico</b>	Mandar la señal hacia el contador para que pueda almacenar la información del número total de recibidores que deben estar dispuestos en cada uno de los empaques.
<b>Contador</b>	Permitir almacenar la información enviada por el sensor y disponer de contactos abiertos para continuar con el control
<b>Contactador</b>	Dispositivo que permite enclavar al motor y proteger de sobrecargas
<b>Motor</b>	Dispositivo encargado de mover el rodillo motriz para dar el movimiento de la banda
<b>Baliza</b>	Luz indicadora para observar el funcionamiento y para del sistema
<b>Relé</b>	Dispositivo que permite utilizar los contactos abiertos o cerrados para la automatización del sistema
<b>Temporizador</b>	Dispositivo que ayuda a retener la señal del sensor por un lapso de tiempo

Para entender el circuito de control se debe partir que se tienen dos fuentes de trabajo; una a 220 V que es la que viene del tablero de abastecimiento de energía de la empresa y una fuente de 12 V proporcionada por el contador.

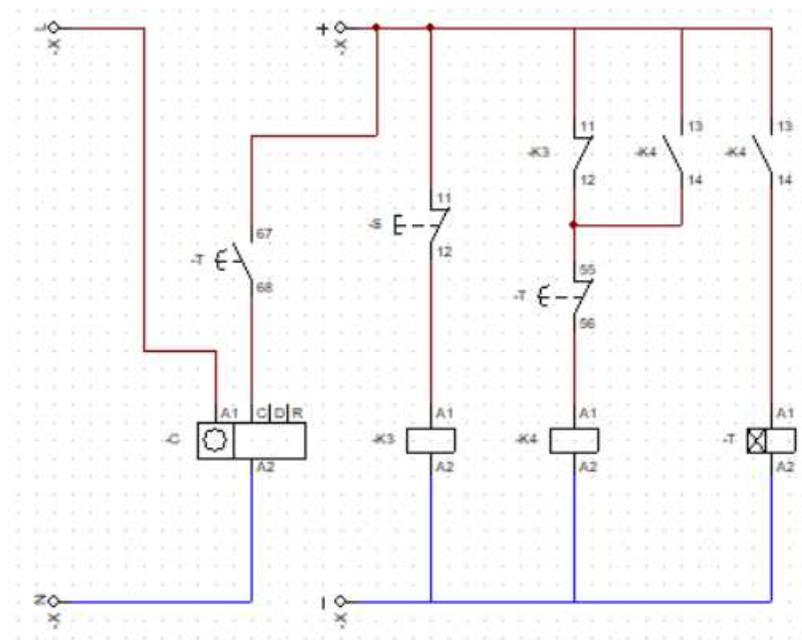


Para que el sensor envíe la señal al contador y cuente en su totalidad todos los recibidores fue necesario retardar la señal y por tanto se utilizó dos relés extras de 12 V para cumplir con el objetivo.

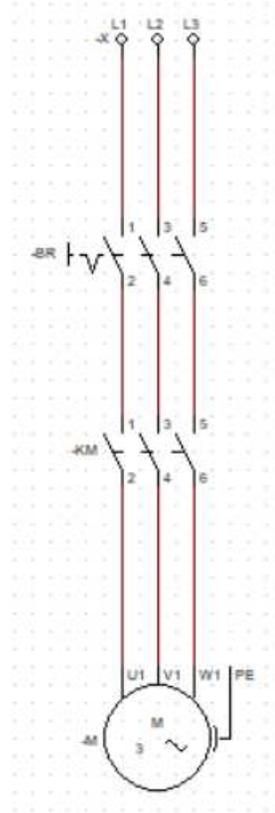
La fuente de 12 V que tiene el contador es la fuente de alimentación de los relés y temporizador, produciéndose un circuito independiente externo al mostrado en la figura 55.

### Figura 55

*Circuito de control fuente de 12 V*



En el circuito de la figura 56, K3 y K4 representan los relés de 12 V, C representa el contador, T se le asigna al temporizador ON – Delay y el pulsador S representa el sensor fotoeléctrico.

**Figura 56***Circuito de Potencia***Construcción de los elementos de la máquina**

Para la compra de los materiales se utilizó proveedores nacionales, y se basó en la lista de materiales de la tabla 30.

**Tabla 30***Listado de Materiales*

No.	Cantidad	Descripción
1	1	Placa de acero A36 94*68*15 mm
2	1	Placa de acero A36 114*72*15 mm
3	1	Placa de acero A36 94*65*12 mm
4	1	Placa de acero A36 149*74*12 mm
5	1	Placa de acero A36 74*54*12 mm

<b>No.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
6	1	Placa de acero A36 145*21*6 mm
7	1	Placa de acero A36 38*33*6 mm
8	1	Placa de acero A36 53*53*12 mm
9	1	Placa de acero A36 176*40*30 mm
10	2	Placa de acero A36 43*23*15 mm
11	1	Eje acero AISI 4140 de 16 x 118 mm
12	1	Eje acero SAE 1018 de 1 ¼ " x 65 mm
13	1	Canal U 80x40x3 mm
14	1	Tool negro de 1.4 mm espesor
15	1	Pulsador de emergencia 22mm rojo
16	1	Selector 2 posiciones 22mm, contacto 1na
17	1	Regleta plástica 3a, 12 polos
18	1	Contador/temporizador 48x48, 100-240 VAC
19	1	Contactador lcd18- 18a / 220vac, 1na - EBC
20	1	Breaker 3x16a, 415 v 50/60 Hz, ruptura 6ka, curva c
21	1	Sensor Fotoeléctrico autoreflex
22	2	Perno Allen M8x16x1.25
23	2	Perno Allen M8x50x1.15
24	8	Perno Hexagonal M6x16x1
25	4	Perno Hexagonal M8x50x1.25
26	2	Perno Hexagonal M8x25x1.25
27	8	Perno Hexagonal M8x20x1.25
28	8	Perno Hexagonal M6x20x1
29	4	Perno Hexagonal M12x30x1.75
30	4	Arandela de presión SAE Negra de ½ "
31	2	Arandela de presión SAE Negra de 7/16 "
32	15	Arandela plana SAE galvanizada 5/16 "
33	16	Arandela plana SAE galvanizada 1/4 "
34	14	Tuerca Negra M8 x 1.25
35	16	Tuerca Negra M6 x 1
36	4	Tuerca Negra M12 x 1.75
37	2	Tuerca Negra M10 x 1.5

No.	Cantidad	Descripción
38	2	Tuerca Negra M16 x 2
39	2	Chumacera PISO FK ¾ "
40	1	Motor reductor angular de 0.5 HP 85 RPM

Para la elaboración de cada una de las partes, se entregó los planos correspondientes a cada una de las piezas al departamento de matricería de la empresa VYMSA para que sean desarrolladas. (Ver en Anexos)

***Mecanizado de las piezas necesarias para el sistema***

Ya en el desarrollo de las piezas, para el mecanismo de remachado se emplearon operaciones de fresado, rectificado, torneado, roscado, perforación, soldadura y corte.

La tolerancia requerida para el mecanismo fue H7 – g7 para que se produzca el deslizamiento de los ejes guías en las perforaciones de las placas.

**Figura 57**

*Piezas para el sistema de remachado*



**Figura 58**

*Ensamble del mecanismo de remachado*



Para dar un mejor acabado a las piezas que conforman el sistema, se realizó un proceso de galvanizado en todas las superficies, excepto en los ejes guías.

**Figura 59**

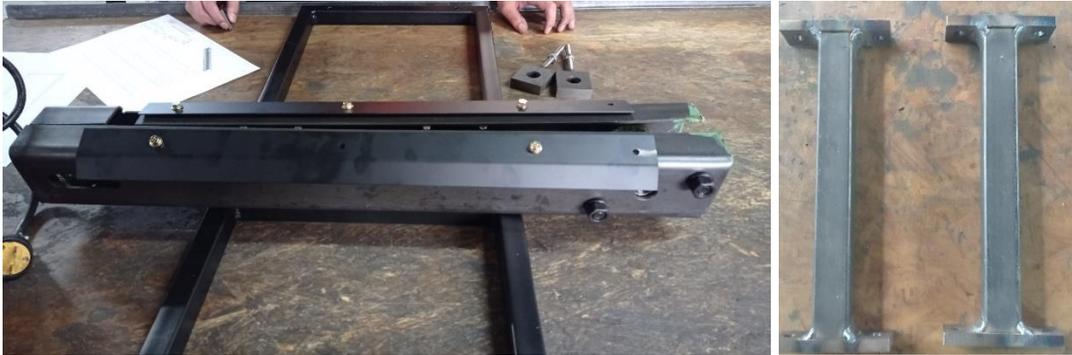
*Acabado final de las piezas de trabajo*



En el caso del sistema de transporte se ocuparon operaciones de corte, perforación, cilindrado, doblado y soldadura para poder fabricar cada uno de los elementos.

### **Figura 60**

*Elementos para el sistema de transporte*



Para instalar e implementar el sistema de transporte fue necesario realizar un corte en la mesa de la sección de remachado para poder instalarlo.

### **Figura 61**

*Corte de la mesa para instalación del sistema de transporte*



Para el acabado final de las piezas fueron pintadas al horno.

Los demás elementos como el motor, sensor, luces indicadoras, relés, contador, temporizador, pulsadores, selector, borneras, etc., fueron adquiridos a proveedores nacionales.

### **Figura 62**

*Ensamblaje final del sistema de transporte*



Una vez instalado los dos sistemas, la implementación completa se evidencia en la figura 63,

**Figura 63**

*Instalación del sistema completo*



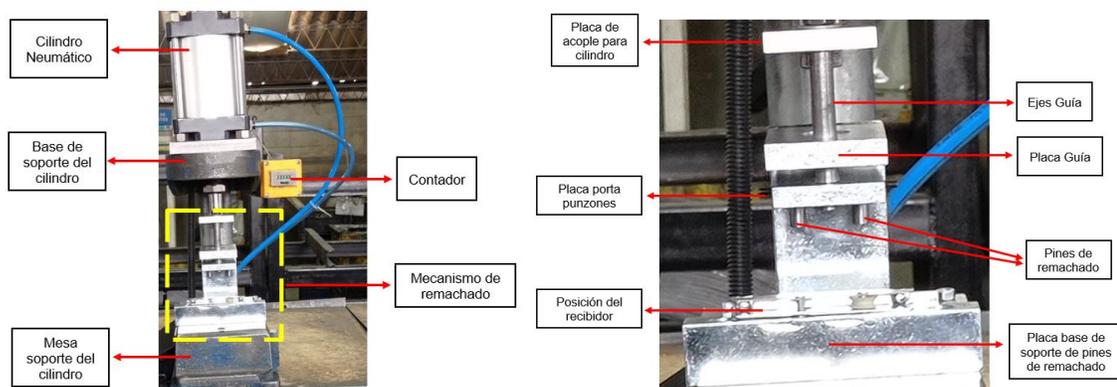
## Pruebas de funcionamiento y operación

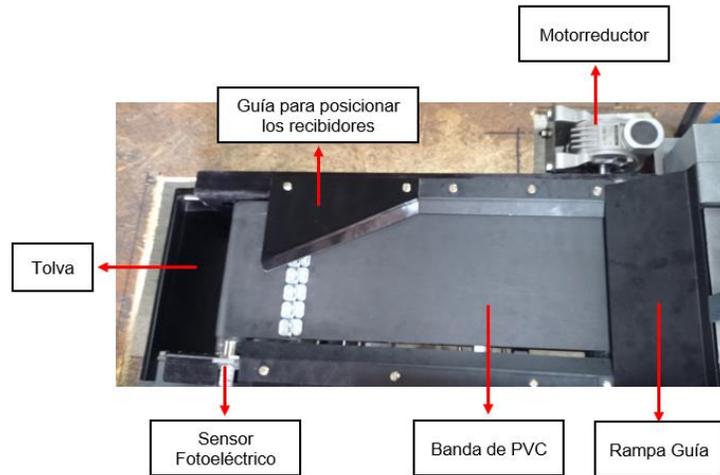
Es importante conocer las partes que conforman cada uno de los sistemas de la máquina, siendo tres sistemas importantes dentro del proyecto:

- Remachadora de dos posiciones: la fuerza requerida es transmitida por medio de un cilindro neumático de 125 x 50 mm, posee un sistema de remachado con placas de soporte, ejes guías, y pines de remachado que permiten realizar la operación en un solo paso. (Figura 64).
- Sistema de transporte: el movimiento es dado por un motor reductor 220V, trifásico con una salida de 85 rpm, posee una banda de PVC que permite trasladar los recibidores desde la parte final del proceso de remachado hacia el empaque, posee dos rodillos; uno motriz y otro de retorno para ayudar al movimiento de la banda, los soportes fueron realizados con un canal U de 80x40x3 y perfil cuadrado de 1" x 2 mm. (Figura 65)
- Sistema de control: para el control automático del proceso se utilizó un gabinete en el cual se puede encontrar diferentes dispositivos para la operación del sistema. (Figura 66).

### Figura 64

#### *Sistema de remacho dos posiciones*



**Figura 65***Partes del sistema de transporte***Figura 66***Dispositivos del sistema de control****Prueba de funcionamiento en vacío del sistema de remachado***

La prueba de funcionamiento en vacío consistió en mover el mecanismo de remachado de forma manual sin ningún tipo de carga para visualizar problemas que pueda tener el sistema al momento de operar en el puesto de trabajo.

En la tabla 31 se puede apreciar las consideraciones y criterios que se tomaron en cuenta para la realización de la prueba.

**Tabla 31**

*Resultados prueba de funcionamiento en vacío del sistema de remachado*

<b>Variables</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Existe deslizamiento de los ejes guía en las placas soporte.	X	
Existe trabas o problemas en el deslizamiento.		X
Cumple la carrera necesaria para remachar.	X	
Está centrado los pines de remachado con los remaches del receptor.	X	
El receptor está correctamente posicionado en la placa base.	X	

Dados los resultados de la tabla 31 se establece que, al ejecutar la prueba de funcionamiento del sistema de forma manual, no se presenta problemas de deslizamiento de los ejes guías con los agujeros de las placas soporte y que el sistema de se encuentra centrado respecto a la posición del receptor para que el remachado cumpla como está previsto.

***Prueba de funcionamiento con carga del sistema de remachado***

La prueba consistió en administrar una presión de trabajo al cilindro neumático y determinar el intervalo de trabajo para que el remachado pueda pasar el control de calidad de la empresa.

Las presiones de trabajo utilizadas en las pruebas y las observaciones del remachado de los receptores se muestran en la tabla 32.

Tabla 32

## Resultados pruebas de funcionamiento con carga

No. Prueba	Presión Trabajo [Bar]	Observaciones del remachado	Resultado
1	4 bar (58.8 PSI)	Existe una leve deformación de los remaches.	
2	5 bar (73.5 PSI)	Los remaches se deforman, pero no llegan a unir correctamente los elementos.	
3	6 bar (88.2 PSI)	La deformación se incrementa, pero sigue sin ser suficiente para la función requerida.	
4	6.5 bar (95 PSI)	Los remaches sufren mayor deformación, pero no se alcanza el remachado adecuado para pasar el control de calidad.	
5	7 bar (103 PSI)	El remachado sale de manera adecuada.	
6	7.5 bar (110 PSI)	Se produce un remachado excesivo de la cabeza de los remaches.	

De los resultados se obtiene que La presión de trabajo para lograr la operación de remachado más adecuada es de 7 bar (103 PSI).

### ***Prueba de velocidad de producción en el remachado de los recibidores***

Determinada la presión de trabajo para la estación de trabajo, se realizó pruebas de velocidad de producción para el remachado de los recibidores tomando en cuenta la cantidad máxima a obtener por minuto de trabajo.

Se realizó 5 pruebas, en las cuales los resultados se muestran en la tabla 33.

**Tabla 33**

*Resultados prueba de velocidad de producción en el remachado de los recibidores*

<b>No. Prueba</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo [s]</b>	<b>Velocidad de remachado</b>
<b>1</b>	17	59.35	17 piezas/minuto
<b>2</b>	20	59,82	20 piezas/minuto
<b>3</b>	17	60,18	17 piezas/minuto
<b>4</b>	19	59.88	19 piezas/minuto
<b>5</b>	19	60,08	19 piezas/minuto
<b>Promedio</b>	18.4	59,86	<b>18 piezas/minuto</b>

Antes de realizar la implementación del sistema de remachado en dos posiciones la empresa tenía una producción de 12 piezas remachas por minuto. Luego de las pruebas realizadas, la velocidad de piezas remachadas se vio incrementada en 4 unidades dando una velocidad promedio de 18 piezas/ minuto.

### ***Pruebas de funcionamiento del sistema de transporte***

La prueba realizada fue ejecutada para verificar problemas en la instalación y poder corregirlos de ser el caso.

Los parámetros y consideraciones de la prueba están descritas en la tabla 34.

**Tabla 34***Resultados prueba de funcionamiento del sistema de transporte*

<b>Variables</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
<b>Problemas en el desplazamiento de la banda</b>		X
<b>Existe trabas de la banda con los rodillos o bases laterales</b>		X
<b>Roce de la banda con las placas guías</b>		X
<b>Presencia de ruido en el motor</b>		X
<b>El sistema presenta estabilidad</b>	X	

Al ejecutar la prueba de funcionamiento, no se evidencia problemas en el movimiento de la banda o presencia de ruido en el motor.

***Pruebas de calibración del sensor***

Para el arranque del proceso es importante calibrar y conocer los parámetros iniciales para que se pueda realizar el traslado y conteo de los recibidores. Se busca identificar los valores de trabajo del temporizador y posición del sensor.

**Tabla 35***Resultados de la calibración del temporizador*

<b>No. Prueba</b>	<b>Regulación del temporizador</b>	<b>Observación</b>
<b>1</b>	1.5 seg	La velocidad de remachado excede la velocidad de respuesta del sensor.
<b>2</b>	1 seg	La velocidad de remachado excede la velocidad de respuesta del sensor.
<b>3</b>	0.8 seg	Conteo intermitente de los recibidores.
<b>4</b>	0.5 seg	Conteo normal de los recibidores.

El tiempo al cual el temporizador debe estar regulado para que el conteo sea realizado en su totalidad y cumpliendo las necesidades de la estación de trabajo es de 0.5 seg.

***Prueba de producción (Remachado y empaque de recibidores)***

La prueba de producción es la prueba final realizada al sistema implementado en la empresa en la cual se toma un lote de 6000 unidades de recibidores para determinar el tiempo promedio de remachado y empaque en cada caja de 500 elementos.

**Tabla 36**

*Resultados de la prueba de producción*

<b>No. Prueba</b>	<b>Número de caja</b>	<b>Hora de inicio</b>	<b>Hora final</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Peso</b>
1	394	07:10	07:45	500	35 min	19.40 kg
2	395	07:51	08:21	500	30 min	19.40 kg
3	393	08:25	08:50	500	25 min	19.40 kg
4	392	08:53	09:20	500	27 min	19.40 kg
5	367	09:24	09:52	500	28 min	19.40 kg
6	368	09:58	10:23	500	25 min	19.40 kg
7	1085	10:50	11:18	500	28 min	19.40 kg
8	1086	11:40	12:07	500	27 min	19.40 kg
9	1087	12:13	12:36	500	23 min	19.40 kg
10	1088	12:40	13:15	500	35 min	19.40 kg
11	1089	13:20	13:47	500	27 min	19.40 kg
12	1090	13:50	14:15	500	25 min	19.40 kg
<b>Promedio</b>					<b>26,2 min</b>	<b>19.40 kg</b>

El tiempo promedio para remachar y empacar 500 piezas es de 26 min y el peso que debe tener cada caja para garantizar los 500 elementos es de 19.4 kg.

## Capítulo 5

### Análisis económico financiero

#### Máquina ensambladora de recibidor

Para la máquina ensambladora es importante realizar un análisis financiero para determinar la inversión aproximada de la empresa hacia el proyecto, considerando materiales que se encuentren en el mercado local.

Se tomará a consideración costos directos como indirectos incluidos dentro del diseño, construcción e implementación futura de la máquina.

#### **Costos Directos**

Dentro de los costos directos entra a consideración los materiales eléctricos, neumáticos, de control y mecánicos. También se toma en cuenta la mano de obra de los estudiantes y costo de mecanizado de los elementos.

#### **Costo de remuneración a estudiantes.**

**Tabla 37**

*Resumen de costo por mano de obra de estudiantes*

Nombre	Cargo	Tiempo (Horas)	Valor hora (USD)	Costo Total (USD)
Sr. David Ordoñez	Estudiante	400	3.5	1400
Sr. Carlos Quishpe	Estudiante	400	3.5	1400
<b>Total</b>				<b>2800</b>

### Costos de Elementos Neumáticos.

**Tabla 38**

*Resumen de costos de elementos neumáticos*

Artículo	Cant.	Valor unitario	Valor total
Cilindro doble efecto neumático Ø125 mm, Carrera 50 mm	1	\$120.08	\$ 120.08
Valvula Solenoide-Resorte 3/2	2	\$47.70	\$ 95.40
Valvula doble solenoide 5/2	4	\$84.54	\$ 338.16
Conectores 110 VAC	6	\$4.80	\$ 28.80
Manguera poliuretano 1/4" (metros)	20	\$0.85	\$ 17.00
Racor recto NPT 1/4"	16	\$1.33	\$ 21.28
Valvulas de cierre manual 3/2 biestable	4	\$11.08	\$ 44.32
Unidad de mantenimiento Automatica 3/8"	1	\$125.50	\$ 125.50
<b>Total</b>			<b>\$ 790.54</b>

### Costo de elementos eléctricos y de control.

**Tabla 39**

*Resumen de costos de materiales eléctricos y de control*

Artículo	Cant.	Valor unitario	Valor total
Tablero de control 600x400x200 mm	1	\$65.02	\$ 65.02
PLC Logo! Modulos digitales	2	\$97.00	\$ 194.00
Cable electrico 18 (metros)	30	\$0.39	\$ 11.70
Sensores inductivos	3	\$40.55	\$ 121.65
Motor a pasos Rod	1	\$325.84	\$ 325.84
Sensor fotoelectronico	1	\$87.95	\$ 87.95
Motor a pasos Ban	1	\$516.32	\$ 516.32
Motor reductor 1/2 HP	1	\$325.68	\$ 325.68
Borneras	5	\$1.25	\$ 6.25
Pulsadores	2	\$3.95	\$ 7.90
Contactores	3	\$8.95	\$ 26.85
Luz Piloto	2	\$7.45	\$ 14.90

Artículo	Cant.	Valor unitario	Valor total
Pulsador de emergencia	1	\$6.55	\$ 6.55
Breakers	1	\$12.00	\$ 12.00
<b>Total</b>			\$ 1722.61

### Costo de elementos mecánicos.

**Tabla 40**

*Resumen de costos de elementos mecánicos*

Artículo	Cant.	Valor unitario	Valor total
Alimentador vibratorio remaches	1	\$ 4572,10	\$ 4572,10
Placas Acero A36 278x153x38 mm	2	\$ 28.08	\$ 56.16
Placas Acero A36 248x108x10 mm	2	\$ 4.80	\$ 9.60
Placas Acero A36 52x27x10 mm	2	\$ 1.80	\$ 3.60
Placas Acero A36 52x37x30 mm	2	\$ 6.80	\$ 13.60
Placas Acero A36 38x36x8 mm	2	\$ 1.68	\$ 3.36
Placas Acero A36 357x68x8 mm	2	\$ 2.60	\$ 5.20
Placas Acero A36 325x82x8 mm	2	\$ 2.77	\$ 5.54
Plancha Acero A36 1500x700x3 mm	1	\$ 34.43	\$ 34.43
Placas Acero A36 42x42x5 mm	2	\$ 1.82	\$ 3.64
Placas Acero A36 80x34x17 mm	2	\$ 3.56	\$ 7.12
Placas Acero A36 44x20x8 mm	2	\$ 1.96	\$ 3.92
Placas Acero A36 52x42x30 mm	2	\$ 6.84	\$ 7.78
Placas Acero A36 16x40x20 mm	22	\$ 2.62	\$ 57.64
Placas Acero A36 122x58x37 mm	1	\$ 8.80	\$ 8.80
Placas Acero A36 122x22x27 mm	1	\$ 7.46	\$ 7.46
Placas Acero A36 110x32x17 mm	1	\$ 4,32	\$ 4,32
Placas Acero A36 115x88x10 mm	1	\$ 3.32	\$ 3.32
Placas Acero A36 115x30x10 mm	1	\$ 2.04	\$ 2.04
Placas Acero A36 115x66x10 mm	1	\$ 3.00	\$ 3.00
Placas Acero A36 142x142x16 mm	2	\$ 4.42	\$ 8.84
Placa Acero A36 242x242x16 mm	1	\$ 8.32	\$ 8.32
Placa Acero A36 104x293x10 mm	1	\$ 6.12	\$ 6.12
Placa Acero A36 300x55x10 mm	1	\$ 2.87	\$ 2.87
Placas Acero A36 260x20x10 mm	2	\$ 2.27	\$ 4.54

Artículo	Cant.	Valor unitario	Valor total
Placa Acero A36 117x15x5 mm	1	\$ 1.26	\$ 1.26
Placa Acero A36 138x23x2 mm	1	\$ 1.02	\$ 1.02
Eje AISI 1018 Ø10x55 mm	2	\$ 0.42	\$ 0.84
Eje AISI 1018 Ø16x80 mm	2	\$ 0.84	\$ 1.68
Eje AISI 1018 Ø10x70 mm	2	\$ 0.56	\$ 1.12
Eje AISI 4340 Ø16x100 mm	2	\$ 2.99	\$ 5.98
Perfil cuadrado 15x1 mm	1	\$ 4.88	\$ 4.88
Ángulo de 40x 4mm	6	\$ 24.10	\$ 144.6
Placas Ertalón 800x20x12 mm	2	\$ 5.70	\$ 11.40
Placas Ertalón 120x25x15 mm	1	\$ 1.26	\$ 1.26
Placas Ertalón 120x30x20 mm	1	\$ 2.02	\$ 2.02
Eje Duralón Ø66x40 mm	1	\$ 2.18	\$ 2.18
Plancha de acero inoxidable 1220x2440x0,7 mm	1	\$ 58.06	\$ 58.06
Cadena doble 8B	1	\$ 91.84	\$ 91.84
Chumacera de piso Ø20 mm	4	\$ 6.49	\$ 25.96
Tornillería	1	\$ 50.00	\$ 50.00
Piñón 8-B Z=31	2	\$ 84.00	\$ 168.00
Manufactura	1	\$ 2500	\$ 2500
<b>Total</b>			<b>\$ 7915.42</b>

### **Costos Indirectos**

Se toman en cuenta costos referentes a servicios básico tales como: transporte, combustible, alimentación, etc.

**Tabla 41**

#### *Resumen de Costos Indirectos*

No.	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total (USD)
1	Combustible	1	20	20
2	Transporte	1	20	20
3	Alimentación	1	30	30

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
<b>4</b>	Varios	1	50	50
<b>Total</b>				<b>120</b>

### **Costo Total del Proyecto**

En la tabla 42 se detalla el costo total requerido, el cual se obtiene de la suma de los costos directos e indirectos del proyecto.

Se obtiene un valor total de 13348.57 dólares americanos, de los cuales 2800 dólares americanos no representan un valor a considerar en la inversión, dado que son los honorarios de los estudiantes.

El valor de inversión por parte de la empresa resulta de 10548.57 dólares americanos.

### **Tabla 42**

*Detalle del costo total de la implementación de la máquina*

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
<b>1</b>	Elementos Neumáticos	790.54
<b>2</b>	Elementos Eléctricos y de Control	1722.61
<b>3</b>	Elementos mecánicos	7915.42
<b>3</b>	Remuneración de estudiantes	2800
<b>3</b>	Costos indirectos	120
<b>Total</b>		<b>13348.57</b>

### **Sistema de remachado de dos posiciones y transporte de receptor.**

El análisis se realiza con la finalidad de establecer un presupuesto requerido para la realización del proyecto considerando materiales que puedan encontrarse en el mercado local.

Se considerarán costos directos como indirectos inmersos en el diseño, construcción e implementación de la máquina.

### **Costos Directos**

A continuación, en la tabla 43 se detallará los elementos necesarios para construir el sistema.

**Tabla 43**

*Costo de los materiales incluidos en la máquina*

<b>No.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor (\$)</b>
1	1	Placa de acero A36 94*68*15 mm	1,54
2	1	Placa de acero A36 114*72*15 mm	1,97
3	1	Placa de acero A36 94*65*12 mm	1,46
4	1	Placa de acero A36 149*74*12 mm	2,65
5	1	Placa de acero A36 74*54*12 mm	1,27
6	1	Placa de acero A36 145*21*6 mm	1,22
7	1	Placa de acero A36 38*33*6 mm	1,00
8	1	Placa de acero A36 53*53*12 mm	2,50
9	1	Placa de acero A36 176*40*30 mm	2,48
10	2	Placa de acero A36 43*23*15 mm	8,46
11	1	Eje acero AISI 4140 de 16 x 118 mm	1,06
12	1	Eje acero SAE 1018 de 1 ¼ " x 65 mm	12,30
13	1	Canal U 80x40x3 mm	72,07
14	1	Tool negro de 1.4 mm espesor	4,26
15	1	Pulsador de emergencia 22mm rojo	3,09
16	1	Selector 2 posiciones 22mm, contacto 1na	3,09
17	1	Regleta plástica 3a, 12 polos	0,53

No.	Cantidad	Descripción	Valor (\$)
18	1	Contador/temporizador 48x48, 100-240 VAC	103.97
19	1	Contactador lcd18- 18a / 220vac, 1na - EBC	7,18
20	1	Breaker 3x16a, 415 v 50/60 Hz, ruptura 6ka, curva c	8,40
21	1	Sensor Fotoeléctrico autoreflex	57,17
22	2	Perno Allen M8x16x1.25	0,18
23	2	Perno Allen M8x50x1.15	0,32
24	8	Perno Hexagonal M6x16x1	0,21
25	4	Perno Hexagonal M8x50x1.25	0,46
26	2	Perno Hexagonal M8x25x1.25	0,14
27	8	Perno Hexagonal M8x20x1.25	0,64
28	8	Perno Hexagonal M6x20x1	0,29
29	4	Perno Hexagonal M12x30x1.75	0,96
30	4	Arandela de presión SAE Negra de ½ "	0,14
31	2	Arandela de presión SAE Negra de 7/16 "	0,05
32	15	Arandela plana SAE galvanizada 5/16 "	0.54
33	16	Arandela plana SAE galvanizada 1/4 "	0.43
34	14	Tuerca Negra M8 x 1.25	0.50
35	16	Tuerca Negra M6 x 1	0,29
36	4	Tuerca Negra M12 x 1.75	0.39
37	2	Tuerca Negra M10 x 1.5	0.14
38	2	Tuerca Negra M16 x 2	0.48
39	2	Chumacera PISO FK ¾ "	11.89
40	1	Canal U 80x40x3 mm	31,29
41	1	Tool negro de 1.4 mm espesor	52,29
42	1	Motor reductor angular de 0.5 HP 85 RPM	386.40
<b>Total</b>			<b>830,17</b>

Además de los materiales, se incluyen valores de mano de obra de los estudiantes ejecutores del proyecto evidenciados en la tabla 44.

**Tabla 44**

*Remuneración a los estudiantes*

<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Valor hora (USD)</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
Sr. David Ordoñez	Estudiante	200	3.5	700
Sr. Carlos Quishpe	Estudiante	200	3.5	700
<b>Total</b>				1400

**Costos Indirectos**

Se toman en cuenta costos referentes a servicios básico tales como: transporte, combustible, alimentación, etc.

**Tabla 45**

*Costos Indirectos del proyecto*

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
<b>1</b>	Combustible	1	50	50
<b>2</b>	Transporte	1	20	20
<b>3</b>	Alimentación	1	50	50
<b>4</b>	Varios	1	50	50
<b>Total</b>				170

**Costo Total del Proyecto**

En la tabla 46 se detalla el costo total requerido, el cual se obtiene de la suma de los costos directos e indirectos del proyecto.

Se obtiene un valor total de 2400,17 dólares americanos, de los cuales 1400 dólares americanos no representan un valor a considerar en la inversión, dado que son los honorarios de los estudiantes.

El valor de inversión por parte de la empresa resulta de 1000,17 dólares americanos.

**Tabla 46**

*Detalle del costo total del proyecto*

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
<b>1</b>	Materiales e insumos	830,17
<b>2</b>	Remuneración de estudiantes	1400
<b>3</b>	Costos indirectos	170
	<b>Total</b>	<b>2400,17</b>

## Capítulo 6

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

Se diseñó la máquina ensambladora de recibidor mediante un dimensionamiento básico y conceptual con ayuda de SolidWorks 2021, el cual nos permitió variar dimensiones, geometrías, y componentes hasta obtener un esquema definitivo.

La máquina ensambladora de recibidor dispone de 4 estaciones para el ensamblado de los elementos, un alimentador vibratorio de suministro para los remaches, un alimentador centrífugo para abastecimiento de los rodachines y un sistema de transporte por cadena para el traslado de los recibidores a lo largo de la trayectoria en la línea de trabajo.

Para alcanzar la velocidad de producción de 12 piezas por minuto en el ensamblado de recibidor fue necesario utilizar válvulas solenoide para la apertura y cierre del paso de aire de ingreso a los cilindros neumáticos, además de contar con sensores de fin de carrera y un motor a pasos para controlar el posicionamiento de los recibidores en cada una de las estaciones tomando en cuenta el tiempo de permanencia máximo de los productos en cada estación es de 5 seg.

Para implementar la máquina ensambladora de recibidores se tiene un valor tentativo de 10548.57 dólares americanos, siendo el costo del alimentador vibratorio el más representativo con un valor de 4572.10 dólares americanos, dado que debe ser importado desde China debido a que es un sistema que requiere de gran precisión para lograr abastecer los remaches a las estaciones.

En el diseño y construcción de nuestro proyecto se aplicaron los conocimientos adquiridos previamente, en donde se utilizaron procesos tecnológicos de manufactura y automatización, lo que nos permitió fortalecer nuestras técnicas y habilidades en el campo de la elaboración y construcción de piezas mecánicas, diseño de nuevos elementos y mecanismos además del montaje e instalación de circuitos eléctricos y de control para los procesos utilizados.

Se diseñó, construyó e implementó un sistema de remachado de dos posiciones y un sistema de transporte y conteo de recibidores en la línea de producción de la empresa VYMSA, en la cual se alcanzó una velocidad promedio de 18 piezas por minuto mejorando en 6 unidades los elaborados con el proceso anterior.

Para realizar el empaque de 500 recibidores por caja, se alcanza un tiempo promedio de 26 min para terminar con la operación y empaque de cada lote, esto depende de factores como experiencia y práctica del operador para incrementar o disminuir el tiempo mencionado.

El diseño e implementación del sistema de remachado de dos posiciones y transporte y conteo de recibidores cuenta con equipos, dispositivos y elementos existentes en VYMSA, por lo que el costo de inversión se vio reducido en un 30 % dando como resultado que la empresa invirtió tan solo 1000.17 dólares americanos, siendo el motorreductor el valor más representativo del proyecto con un valor de 386,4 dólares americanos.

Respecto a la automatización y control del sistema de transporte y conteo de recibidores, se diseñó un sistema de control y fuerza que permiten operar el motor,

sensor y dispositivo de conteo desde un tablero, en el cual se utilizan dispositivos como relés, pulsadores, luces indicadoras, contactores y un temporizador para facilitar las operaciones y funciones del sistema, y por ende se alcanza un conteo total de los recibidores.

Se elaboró un instructivo de operación del sistema de remachado y transporte y conteo de recibidores para que el operador a cargo de la estación de trabajo tenga a disposición criterios importantes para el funcionamiento adecuado del sistema y pueda solventar cualquier dificultad que se presente en la ejecución de sus actividades.

### **Recomendaciones**

Se recomienda que antes de implementar el diseño de la máquina ensambladora de recibidores, se realice un nuevo estudio técnico, de producción y financiero para determinar la viabilidad de la implementación, considerando dentro del estudio los nuevos sistemas implementados en la línea de producción, siendo estos el sistema de remachado de dos posiciones y el sistema de transporte y conteo de recibidores.

Para implementar la máquina ensambladora de recibidores es importante realizar un estudio económico de acuerdo a la fecha tentativa para su ejecución, dado que los valores pueden verse afectados y debe considerarse un ajuste de los valores, especialmente en los más representativos del proyecto.

Para operar el sistema de remachado y transporte y conteo de recibidores se deben establecer los parámetros indicados en el manual de funcionamiento como, por

ejemplo, presión de aire, posicionamiento de las piezas, activación de los sistemas eléctricos, entre otros, con el fin de evitar fallas en el proceso.

Para el correcto funcionamiento del sistema de remachado y transporte y conteo de recibidores se debe realizar un mantenimiento periódico de las partes y piezas más importantes como lo son chumaceras, rodillos, ejes, etc.

Para reemplazar algún dispositivo eléctrico o electrónico del sistema de control, se recomienda revisar con antelación los planos eléctricos y de control entregados en los anexos para evitar problemas de funcionamiento al momento de la conexión y arranque del equipo.

Para el buen funcionamiento de la máquina implementada es aconsejable colocar un pulmón de aire para el cilindro neumático utilizado en la remachadora de dos posiciones, esto con el fin de evitar caídas de presión y junto con ello deformaciones del remache no admisibles dentro del margen de control de calidad de VYMSA

Para la mejora del sistema implementado en la línea de producción se puede instalar una alarma en paralelo con las luces indicadoras como elemento adicional de control dependiendo de las necesidades que observen en la ejecución de las actividades por parte del operador.

## Lista de referencias

- Budynas, R. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: McGraw-Hill.
- Carles, R. (2008). *Selección de materiales en el diseño de máquinas*. España: Ediciones UPC.
- CLR. (2022). *Motor paso a paso: cuándo y por qué utilizarlo*. Obtenido de Compañía Levantona de reductores: <https://clr.es/blog/es/motor-paso-a-paso-cuando-utilizarlo/#:~:text=Los%20servomotores%20realmente%20son%20motores,giro%20con%20los%20grados%20exactos.>
- Cortizo, J. (2013). *Diseño de Maquinaria Industrial*. España: INTI.
- Deutshman, A. (1987). *Diseño de Máquinas Teoría y Práctica*. México: Editorial Continental.
- Dobrovolski. (1970). *Diseño de elementos de máquinas*.
- Escalera, M. (2021). *Actuadores Neumáticos*. Obtenido de <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Esacalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>
- Flores, R. (2011). Impact. Programa para el cálculo de cargas de impacto. *RCTA (Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias)*, 86-92.
- Gutiérrez, M. (2017). *Fundamentos Básicos de Instrumentación y Control*. Ecuador: Editorial UPSE.
- IRP. (2018). *Qué son las bandas transportadoras*. Obtenido de IRP: <https://irp-intralogistica.com/que-son-las-bandas-transportadoras/>
- Jones, T. (2021). *Bandas Transportadoras*. Obtenido de Academia: [https://www.academia.edu/30361124/TEMA\\_1\\_BANDAS\\_TRANSPORTADORAS](https://www.academia.edu/30361124/TEMA_1_BANDAS_TRANSPORTADORAS)

Jorge. (26 de Julio de 2019). *¿Qué tipos de sistemas de alimentación industrial existen?*

Obtenido de Forman: <https://www.forman.es/tipos-sistemas-alimentacion-industriales/>

José Luis, R. (2021). *Tipos de Remaches*. Obtenido de ComoFunciona: <https://comofunciona.co/tipos-de-remaches/#respond>

MDV. (s.f.). *Equipo Vibratorio con tolva de fibra*. Obtenido de MDV Sistemas de

Vibración: <https://www.sistemasdevibracion.com/proyecto/tolvas-vibratorias-de-piezas-remache/>

Mendoza, R. (2019). *Diseño de una máquina alimentadora de botellas para el módulo*

*de envasado de un laboratorio de Automatización*. Obtenido de Fundación Universidad de América:

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7695/1/41411750-2019-2-IM.pdf>

Microautomación. (2019). *Qué es un cilindro neumático*. Obtenido de Automación

Micromecánica: <https://ar.microautomacion.com/es/que-es-un-cilindro-neumatico/>

Morales, R. (2013). *Sistemas de Control Moderno Volumen I: Sistemas de Tiempo*

*Continuo*. México: Editorial Digital .

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

Rodriguez, G. (1983). *Manual de Diseño Industrial*. México: Ediciones Gili.

Tapyc. (15 de julio de 2021). *Principales características de las bandas transportadoras*.

Obtenido de Tapyc: <https://www.cintastransportadorastapyc.com/principales-caracteristicas-de-las-bandas-transportadoras/>

Tsubaki. (2015). *Cadena de Transmisión. Cadena con aletas*. Obtenido de Innovation in

Motion. Tsubaki: <https://tsubaki.eu/catalogs/Tsubaki-CAT-combi-1-2-SP-2016.pdf>

Vallejo, V. (2018). *Tipos de remaches: para uniones perfectas*. Obtenido de Sumatec:

<https://sumatec.co/tipos-de-remaches-para-uniones-perfectas/>

Vidosic, J. (1957). *Machine Design Projects*. New York: The Ronald Press Company.

Vymasa. (14 de 01 de 2022). *Vymasa Procesadora de Acero*. Obtenido de Vymasa:

<https://procesadoravymasa.com/>

**Anexos**