

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLEGADORA DE CAMISETAS
AUTOMÁTICA PARA LA INDUSTRIA TEXTIL CON UNA CAPACIDAD DE
400 UNIDADES POR HORA**

AUTORES:

JEFFERSON OSWALDO BRAVO ZAMBRANO

DAVID RENÉ SÁNCHEZ RECALDE

TUTOR:

JAIME ROLANDO HEREDIA VELASTEGUI

Quito, febrero 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Jefferson Oswaldo Bravo Zambrano y David René Sánchez Recalde, con documentos de identificación N° 172324966-8 y N° 172353477-0, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLEGADORA DE CAMISETAS AUTOMÁTICA PARA LA INDUSTRIA TEXTIL CON UNA CAPACIDAD DE 400 UNIDADES POR HORA", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, febrero del 2020


Jefferson Oswaldo Bravo Zambrano
C.I.: 172324966-8


David René Sánchez Recalde
C.I.: 172353477-0

DECLARACIÓN DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLEGADORA DE CAMISETAS AUTOMÁTICA PARA LA INDUSTRIA TEXTIL CON UNA CAPACIDAD DE 400 UNIDADES POR HORA” realizado por Jefferson Oswaldo Bravo Zambrano y David René Sánchez Recalde, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2020



Jaime Rolando Heredia-Velastegui
C.I.: 172140076-8

DEDICATORIA

El presente proyecto lo quiero dedicar a mi familia, mis hermanos, en especial a mi madre Laura Zambrano, ya que gracias a su esfuerzo y apoyo incondicional entregado pude seguir estudiando y han sabido cultivar en mí, valores como: responsabilidad respeto y humildad.

Jefferson

Este documento lo dedico con mucho amor a mis padres por apoyarme incondicionalmente y guiarme todos los días de mi vida y haber forjado un hombre de bien, gracias a mi padre Jorge por siempre desear lo mejor para mi vida que me formó con sus reglas, gracias por todos los consejos y demostrarme que con sacrificio se logran cumplir las metas. A mi madre Polarca que tu amor es invaluable y por darme lo más grande que tengo que es la vida, gracias por ser mi confidente y siempre haber tenido la palabra exacta para poder levantarme, gracias por siempre acompañarme en todo este tiempo de estudio. A mis hermanaos Lenin y Michelle que son una motivación más para poder ser como un ejemplo de seguir.

Cabe mencionar mis abuelos que siempre sus palabras fueron el estudio es grandeza en las personas y que de eso depende un futuro mejor y próspero.

A mis queridos familiares quienes con sus diferentes formas y palabras de aliento no me permitieron rendirme diciéndome que con perseverancia se logran las cosas y para cumplir mis sueños.

David

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la oportunidad de culminar mis estudios brindándome fuerzas para no desfallecer en los obstáculos que se van presentando en el camino y no desmallar en los momentos difíciles.

A la Universidad Politécnica Salesiana por ser medio de aprendizaje y poner a mi nado un gran personal docente que me han brindado su conocimiento en cada una de las inquietudes hasta alcanzar mis metas

A nuestro tutor, Ing. Jaime Heredia por el apoyo que nos brindó para el desarrollo del proyecto y así culminar con esta etapa de mis estudios.

A todos mis amigos que han formado parte paso a paso de este y otros proyectos que se han presentado a lo largo de estos años.

Jefferson

Principalmente a Dios por guiarme en un camino de bien y a los docentes Universidad Politécnica Salesiana que, con mucho esfuerzo y compromiso de compartir enseñanzas, que sé que sencillo no fue, pero contribuyeron para la culminación de esta etapa académica en mi vida.

En especial al Ing. Jaime Heredia por su colaboración que contribuyó para la finalización del presente trabajo de titulación.

A todos mis compañeros y amigos que de alguna manera me supieron compartir conocimientos para lograr terminar con éxito esta carrea que fue de mucha dedicación.

David

ÍNDICE DE CONTENIDO

GLOSARIO	xiii
SIMBOLOGÍA.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xviii
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	xx
OBJETIVOS	xxii
Objetivo General	xxii
Objetivos específicos	xxii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes generales	1
1.2. Automatización	2
1.3.1. Sensores	3
1.3.3. LOGO.....	4
1.4. Neumática	8
1.4.1. Preparación del aire comprimido	9
1.4.2. Sistema de accionamiento y actuadores	10
1.4.3. Válvulas distribuidoras	10
CAPÍTULO II	13
SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS Y FÓRMULAS UTILIZADAS PARA EL DISEÑO DE LA DOBLADORA DE CAMISETAS	13
2.1.1. Dobladora con apilador	13
2.1.2. Dobladora y empacadora.....	14
2.1.3. Dobladora sin apilador	14
2.2. Material de la estructura de la máquina	15
2.2.1. Madera.....	15

2.2.3. Acero	16
2.3. Paletas	16
2.3.1. Paletas en aluminio	16
2.3.2. Paletas en nylon.....	17
2.3.3. Paletas en acero	17
2.4. Pistones	18
2.4.1. Pistones hidráulicos.....	18
2.4.2. Pistones Neumáticos	19
2.4.3. Pistones eléctricos	19
2.5. Electroválvulas	20
2.5.1. Electroválvulas de marca Festo.....	20
2.5.2. Electroválvulas de marca Airtac	20
2.5.3. Electroválvulas de marca Donaldson	20
2.6. Sensores	21
2.6.1. Sensores inductivos.....	21
2.6.2. Sensores mecánicos.....	21
2.6.3. Sensores capacitivos.....	21
2.7. Dispositivo de control	22
2.7.1. Arduino	22
2.7.2. PLC	22
2.7.3. Logo	22
2.8. Mecanismo de las paletas.....	23
2.9. Fuerza del émbolo	23
2.10. Carrera del pistón	24
2.11. Consumo de Aire	24
2.12. Criterio de Grübler	25
2.13. Equilibrio y diagrama de cuerpo libre.....	26

2.13.1. Caso para analizar	26
2.14. Diagrama de fuerza cortante	26
2.15. Diagrama de Momento.....	27
2.16. Esfuerzos y resistencia	28
2.17. Factor de diseño y seguridad.....	28
2.18. Esfuerzos normales	29
2.18. Esfuerzo cortante.....	30
2.19. Diagrama eléctrico máquina plegadora.....	31
2.20. Diagrama neumático del proyecto	32
2.21. Diagrama bajo Norma ISA.....	32
CAPÍTULO III.....	33
CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LA PLEGADORA DE CAMISETAS.....	33
3.1. Análisis teórico.....	33
3.2. El diseño.....	33
3.3. Resultado Criterio de Grübler	34
3.4. Análisis de posición método gráfico	35
3.5. Cálculo de fuerza del émbolo.....	37
3.6. Consumo de aire.....	38
3.6.1. Consumo de aire talla grande	39
3.7. Diagrama de cuerpo libre	39
3.8. Fuerzas resultantes	42
3.9. Propiedades mecánicas del acero AISI 1018	44
3.10. Cálculo de esfuerzo normal.....	44
3.11. Esfuerzo cortante.....	45
3.12. Resistencia de la estructura	45
CAPÍTULO IV.....	48

ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DISEÑO Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA	48
4.1. Análisis de resultados.....	48
4.2. Fuerza y elemento crítico	49
4.3. Factor de seguridad	49
4.3. Análisis financiero	49
4.3.1. Mano de obra.....	50
4.3.2. Materiales	50
4.3.3. Costos en mantenimiento	51
4.3.4. Costos por consumo de energía	52
4.3.5. Tiempo de recuperación de la inversión (Payback Period).....	53
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	61
PLANOS	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de doblado de una camiseta .	1
Figura 2 Diagrama de flujo	2
Figura 3 Sensor inductivo	4
Figura 4 Esquema del sensor capacitivo	4
Figura 5 Cableado de un LOGO .	5
Figura 6 Símbolos de programación LOGO	7
Figura 7 Símbolos de señales	8
Figura 8 Cilindro de doble efecto	10
Figura 9 Electroválvula 5/2	10
Figura 10 Accionamiento de un cilindro doble efecto	11
Figura 11 Dobladora con apilador	13
Figura 12 Dobladora y empacadora	14
Figura 13 Dobladora sin apilador	14
Figura 14 Paletas en aluminio	17
Figura 15 Paletas en acero	18
Figura 16 Apoyos simples carga central	27
Figura 17 Momentos de inercia de formas geométricas comunes	29
Figura 18 Fórmulas de esfuerzo constante máximo debido a la flexión	30
Figura 19 Diagrama neumático	32
Figura 20 Diagrama bajo Norma ISA	32
Figura 21. Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e interacciones	33
Figura 22 Mecanismo Propuesto	34
Figura 23 Posición 0° - Posición 45°	35
Figura 24 Posición 90°	36
Figura 25 Posición 135° - Posición 180°	37
Figura 26 Esquema de mecanismo cilindro neumático, eslabones y paleta	39
Figura 27 Diagrama de cuerpo libre de cilindro neumático	40
Figura 28 Diagrama de cuerpo libre de eslabón ternario	40

Figura 29 Diagrama de cuerpo libre de eslabón primario.....	41
Figura 30 Análisis de esfuerzos cortantes en el punto B	42
Figura 31 Diagrama de cuerpo libre de pasador.	43
Figura 32 Diagrama de cortante – método gráfico.....	43
Figura 33 Diagrama de momento – método gráfico	44
Figura 34 Estructura base para guías y paletas.	46
Figura 35 Análisis gráfico de criterio de Grübler.	48
Figura 36 Proceso de fabricación.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Selección del modelo de la máquina.....	15
Tabla 2 Selección del tipo de material de la estructura.....	16
Tabla 3 Selección del material de las paletas.....	18
Tabla 4 Selección del tipo de pistón	19
Tabla 5 Selección del tipo de electroválvula.....	20
Tabla 6 Selección del tipo de sensor	21
Tabla 7 Selección del tipo de dispositivo de control.....	22
Tabla 8 Pesos considerables para el diseño de la estructura.	46
Tabla 9 Costos de fabricación	50
Tabla 10 Materiales para la construcción de la plegadora de camisetas.....	51
Tabla 11 Ingresos mensuales	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Diagrama presión fuerza	61
Anexo 2 Diagrama de pandeo	62
Anexo 3 Símbolos neumáticos.....	63
Anexo 4 Símbolos neumáticos.....	64
Anexo 5 Símbolos neumáticos	65
Anexo 6 Símbolos neumáticos	66
Anexo 7 Encuesta a CornejoTEX Cia. Ltda.	67
Anexo 8 Corte y fabricación de la estructura de la máquina	68
Anexo 9 Fabricación de bases para las paletas	68
Anexo 10 Fabricación de bases de paletas y pistones neumáticos	68
Anexo 11 Montaje de bisagras y bases de paletas	69
Anexo 12 Fabricación de acoples	69
Anexo 13 Elaboración de paletas en aluminio.....	69
Anexo 14 Montaje de paletas de aluminio en el mecanismo	70
Anexo 15 Montaje e instalación de chapas metálicas y garruchas o ruedas de la máquina.....	70
Anexo 16 Fabricación y pintura de tanque o pulmón	70
Anexo 17 Montaje de accesorios neumáticos	71
Anexo 18 Montaje de gabinete eléctrico e instalaciones eléctricas	71
Anexo 19 Montaje del mecanismo después de la pintura	71
Anexo 20 Pegado de láminas protectoras de paletas y señaléticas	72
Anexo 21 Pruebas de doblado de la máquina	72

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es diseñar y construir una máquina plegadora de camisetas automática para la industria textil además de, motivar a la implementación de estos sistemas que ayudan a reducir los costos de operación y el tiempo de producción.

Este trabajo se divide en 4 capítulos en los que se analiza el principio de funcionamiento, las alternativas, el diseño, el análisis de resultados y el costo de construcción.

En el capítulo I se desarrolla un marco teórico, el cual permite obtener los conceptos y fundamentos de los siguientes capítulos.

En el capítulo II se realiza los pasos preliminares del diseño. Se lleva a cabo un estudio de las alternativas y parámetros que permitirán definir al proyecto.

En el capítulo III se continúa con el diseño de los elementos que serán usados en la construcción de la máquina.

El capítulo IV se realiza el análisis de costos. Al analizar otras máquinas o formas de producción se ha obtenido una cantidad de datos considerables los cuales han ayudado a determinar la ventaja económica de la máquina a diseñar. También se analizará los resultados obtenidos una vez concluido el proyecto de investigación.

ABSTRACT

The present project factual's is to design and build a t-shirt automatic press brake to help the textile industry, which it motivates to increase those systems and help to reduce the high costs of operation and low the time of production.

This work has been divide in four chapters in with each one we will analyze the beginning on functioning, the alternatives, the design, the analysis the results and the costs of construction.

Inside the first chapter we will be developing a theoretical work, which one allows to obtain the concepts of the following chapters.

During the second chapter, it develops the main steps of design, where shows a first look of the alternatives and parameters and it will allow us to work and define this project.

About the third chapter we will continue to design all the elements that will be used inside the machine's construction.

In the chapter number four we analyzed the costs which in comparison between machines or types of production and also obtains a several amount of main info that helped to define the economic advantage of the machine to be build. It also defines the results once the investigation project has been finished.

GLOSARIO

Plegado de una camiseta:

Es un proceso mediante el cual una camiseta se dobla en proporciones significativas para luego poder ser empacada [1].

Automatizar:

Es una metodología de procedimientos para reemplazar al operario en tareas físicas y mentales previamente programadas en una línea de producción en serie [2] con la finalidad de salvaguardar la salud del operario corrigir el posible error humano.

Neumática:

Es la ciencia que emplea el aire comprimido como medio de transmisión de energía para mover o utilizar diferentes tipos de mecanismos.

Hidráulica:

Es la ciencia que se encarga de estudiar el comportamiento de los fluidos y las fuerzas que se ejercen sobre ellos.

PLC:

Es un dispositivo electrónico que permite programar para el control de procesos y secuencia de una determinada máquina dentro del campo industrial.

Software:

Es un término utilizado para indicar todo lo que es intangible en un sistema computacional. También es responsable de la ejecución de las aplicaciones para que un sistema o máquina funcione correctamente.

Relés:

Interruptor de accionamiento eléctrico que emplea un imán para mover un mecanismo de conexión mediante el cual se conecta uno o más contactos. Se utilizan cuando se requiere conectar o desconectar uno o más circuitos de corriente de carga mediante una señal de control [3].

SIMBOLOGÍA

A_0	Área transversal [m^2]
A	Área útil del émbolo [m^2]
n	Cantidad de carreras por minuto [$1/min$]
P	Carga [N]
s	Carrera [cm]
q_{aire}	Consumo de aire [m^3/min]
q_H	Consumo de aire por cm de carrera [l/cm]
$\rho_{AISI 1018}$	Densidad acero AISI 1018 [kg/m^3]
D	Diámetro del cilindro [m]
d	Diámetro del vástago [m]
c	Distancia al eje neutro [m]
E	Energía [voltaje]
σ	Esfuerzo normal [Pa]
τ	Esfuerzo cortante [Pa]
n_d	Factor de diseño
F_R	Fuerza de fricción [N]
F_{eff}	Fuerza efectiva [N]
F_t	Fuerza teórica del émbolo [N]
G	Grado de libertad
I_X	Inercia con respecto al eje X [$Kg \cdot m^2$]
I	Intensidad de corriente [A]
m	Masa [Kg]
$M_{máx}$	Momento máximo [$N \cdot m$]
N	Número de eslabones
p_I	Par de clase I
p_{II}	Par de clase II
P	Potencia [kW]
p	Presión de trabajo [Pa]
R_c	Relación de compresión
S_y	Resistencia a la fluencia

S_u	Resistencia última
S_{xy}	Resistencia a cortante
S_e	Resistencia endurance
A'	Superficie útil del émbolo en retroceso [m^2]
V	Volumen

INTRODUCCIÓN

La automatización busca simplificar acciones repetitivas con el objetivo principal de reducir la interacción humana, obteniéndose así una mayor eficiencia y reducción de tiempo en todo el proceso [4].

En la actualidad una empresa textil produce un promedio de 1500 camisetas diarias en temporadas bajas y el doble en temporadas altas (según datos arrojados por encuesta realizada a empresas del sector textil). Los procesos posteriores de doblado y empacado se realizan manualmente, lo que requiere una mayor mano de obra y tiempo de producción, suponiendo así un aumento del costo final de la camiseta y riesgos ergonómicos de los trabajadores.

Con el presente trabajo de investigación se dispone a implementar una máquina plegadora automatizada, con la cual un solo operador pueda realizar el doblado de las camisetas de varios tamaños (tallas), logrando así un mayor desempeño en la productividad para la empresa reduciendo el tiempo de ejecución y ahorrando recursos.

Los principales elementos de este proyecto son elementos mecánicos, electro neumático como el uso de pistones, válvulas de control y sensores que permiten a las paletas realizar el movimiento requerido para el doblaje por medio del empleo de aire comprimido. De este modo la interacción humana se limita en colocar la prenda y presionar el botón de inicio para comenzar el proceso [5].

Para el presenta trabajo investigativo se ha procedido a seccionar en cuatro capítulos principales los cuales detallan la documentación científica, el proceso de diseño, la construcción del equipo y las pruebas realizadas al mismo.

En el capítulo I, se realiza una descripción del problema especificando todos los conceptos necesarios para el desarrollo de la investigación.

En el capítulo II, se realiza el dimensionamiento de la máquina plegadora de camisetas, además de la elaboración del diseño del sistema de control y la selección de las partes móviles y componentes eléctricos.

En el capítulo III, se definen las variables de funcionamiento como el tiempo de trabajo y la capacidad productiva, y se realiza un análisis financiero para determinar el tiempo necesario para poder recuperar la inversión inicial.

El capítulo IV se realiza el análisis financiero del proyecto. Al comparar con otras máquinas o formas de producción se ha obtenido una cantidad de datos considerables los cuales han ayudado a determinar la ventaja económica de la maquina a diseñar.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La competencia empresarial y un mundo mejor equipado tecnológicamente, exigen a las empresas ser sostenibles en el mercado nacional e internacional. Por lo cual, es necesario tener una buena administración de procesos productivos además de ser eficientes y eficaces con los recursos financieros, humanos y tecnológicos [6].

El presente trabajo desea aportar información para mejorar la producción de la industria textil durante el proceso de empaquetado y terminado de camisetas. En la fase final de empaque es necesario realizar un plegado correcto lo que conlleva precisión y tiempo al proceso. Esta máquina debe solventar la producción de 1500 unidades diarias y minimizar el costo del proceso.

Importancia

Este trabajo analiza la implementación de un proceso mecánico de plegado para prendas de vestir, lo cual ofrece a las empresas textiles nacionales resultados a corto plazo para aumentar la rentabilidad, reducir el tiempo de empaquetado, evitar problemas ergonómicos de los trabajadores.

Con la construcción de la plegadora se mantendrá una alta calidad en la producción, puesto que se estandarizará un plegado uniforme de las camisetas.

Alcance

La puesta en funcionamiento de la plegadora de camisetas se enfoca en aprovechar la reducción del costo de mano de obra para aumentar la productividad de la empresa mediante:

a. Sustitución de hombre por máquina

Se tiene una mayor eficiencia, la utilización de la máquina resulta simple y totalmente higiénica.

b. Beneficio Económico

Se reduce el tiempo de plegado, así como los costos de producción, de este modo incrementa la rentabilidad por unidad.

c. Beneficio Tecnológico

Al automatizar un proceso manual se tendrá una reducción en la mano de obra así como una mayor cantidad de producción [7].

Delimitación

La plegadora de camisetas es un proyecto destinado al sector textil nacional, puesto que en Ecuador no se fabrican maquinarias capaces de realizar este tipo de trabajo. Las empresas nacionales importan dichas máquinas a un alto costo, o incluso realizan manualmente el plegado.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar, construir e implementar una plegadora automática para la industria textil con capacidad de 400 camisetas por hora.

Objetivos específicos

- Estudiar la situación actual de los procesos de doblado de camisetas en los procesos de producción en la industria textil.
- Evaluar las alternativas más viables para la selección de diseño de la máquina.
- Diseñar los mecanismos necesarios para el funcionamiento de la plegadora.
- Seleccionar los materiales, partes y accesorios según catálogos para la construcción tomando en cuenta la disponibilidad existente del mercado.
- Verificar el funcionamiento de la maquina mediante pruebas a su máxima capacidad.
- Analizar la factibilidad y estudio financiero de la máquina legadora de camisetas con capacidad de cuatrocientas unidades por hora.
- Realizar un manual de instrucción y de mantenimiento necesario para un funcionamiento adecuado.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes generales

Por lo general, los procesos de doblado y empaçado constituyen actividades reiterativas y monótonas, las cuales, muchas veces, son las principales responsables de que las personas adopten posturas corporales inadecuadas. Estas posiciones inapropiadas, en un futuro, podrían reducir la capacidad productiva del individuo.

Las tareas repetitivas son un factor de riesgo para el desarrollo de afecciones del sistema músculo esquelético. Para contrarrestar este riesgo, al cual están sujetos muchos trabajadores, se debería implementar un equipo o proceso capaz de realizar las actividades de doblado y empaçado. Esta implementación, resulta esencial para una compañía que tiene el objetivo de incrementar su productividad y mejorar las condiciones de trabajo de sus colaboradores.

1.1.1. El doblado y proceso de funcionamiento

Para proceder con el diseño de la máquina plegadora, es necesario conocer la forma adecuada de doblado de las camisetas, puesto que el doblado además de ejecutarse rápidamente, debe mantener una excelente calidad de presentación [1].

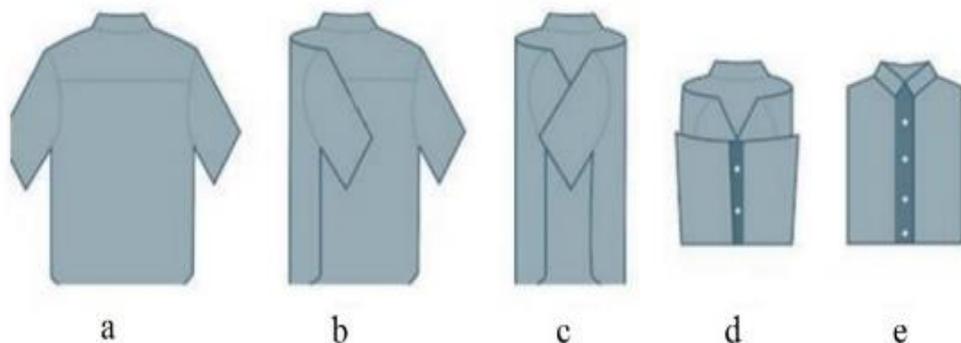


Figura 1 Proceso de doblado de una camiseta [1].

En la figura 1 se observa el proceso de doblado, que se resume en los siguientes cinco pasos:

- a. La camiseta se coloca con el frente hacia abajo.
- b. Se dobla la manga izquierda hacia adentro (primer dobléz).
- c. Se dobla la manga derecha hacia adentro (segundo dobléz), se obtiene una forma rectangular de la camiseta.
- d. Se dobla la parte inferior hacia adentro (tercer dobléz).
- e. Finaliza el proceso de doblado.

Por tanto, el funcionamiento de la máquina se sintetiza en un proceso lógico que se puede controlar a través de un LOGO como se observa en la figura 2. La interacción humana se limita a seleccionar la dimensión (small, médium, large) [8], colocar la camiseta y pulsar el botón de inicio. La máquina realizará los dobleces mencionados anteriormente y retirará el producto final.

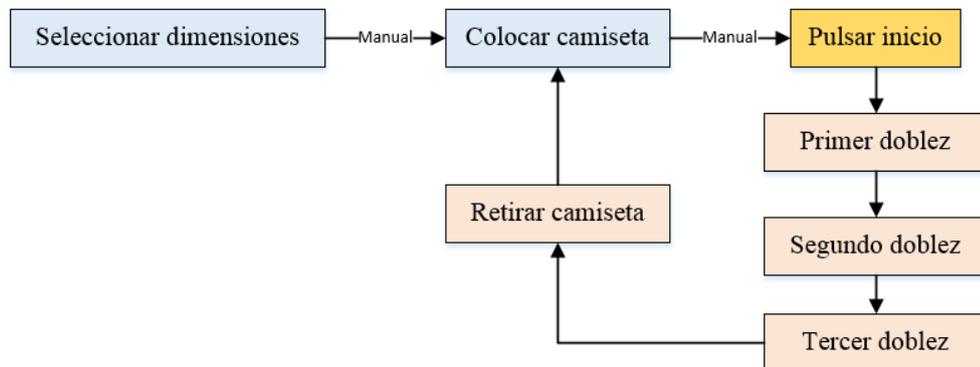


Figura 2 Diagrama de flujo

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

1.2. Automatización

La automatización de un sistema manual se implementa mediante algoritmos de control que permiten mejorar y obtener una mayor eficiencia en un sistema o proceso industrial, debido a la reducción de mano de obra y al aumento de la producción industrial [9]. Los principales elementos funcionales encontrados en los sistemas de automatización industrial son:

Sensor: llamado también entrada o Input, es un dispositivo capaz de detectar acciones o estímulos externos, generalmente magnitudes físicas (haz de luz, magnetismo, presión, detección de metales, entre otras) [10].

LOGO: es un módulo lógico programable, que facilita la realización de una tarea determinada y evita la intervención de un operario [11].

1.2.1. Pulsadores de accionamiento

Son aquellos tipos de pulsadores que al ser presionados permiten abrir o cerrar el circuito al que estén conectados (funcionan solamente cuando se está actuando sobre el pulsador, es decir, deja de funcionar una vez que se deje de presionar).

Son utilizados como paro de emergencia, para instalar alarmas, para funciones que se necesiten solamente acciones momentáneas

1.2.2. Paro de emergencia con enclavamiento

Un paro de emergencia es un dispositivo que se implementará en la plegadora de camisetas como seguridad, es de suma importancia este botón ya que el operario lo debe presionar de forma manual una vez que exista algún tipo de peligro en la plegadora.

1.3.1. Sensores

Los sensores son fundamentales en la automatización, ya que se utilizan para detectar la posición, presencia, material, color, movimiento y presión, y medir distancia, posición y presión [10]. Por ello, es esencial conocer los sensores que requiere la máquina plegadora para su correcto funcionamiento.

1.3.2. Detección sin contacto

Proporcionan información sobre la presencia o ausencia de un objeto.

- **Sensores inductivos:** se utilizan para la detección de elementos metálicos en un rango de 1 a 60 mm [10].



Figura 3 Sensor inductivo [12].

- **Sensores capacitivos:** se utilizan para la detección de cualquier material, ya sea sólido o líquido, en un rango de 1 a 30 mm [10].

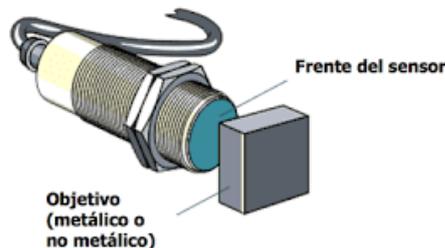


Figura 4 Esquema del sensor capacitivo [12].

1.3.3. LOGO

Es un sistema de control programable, útil para la realización de una o varias tareas. El usuario programa las funciones para controlar la lógica, de modo secuencial y sincronizado, de tal manera que se puedan manipular datos aritméticos y capacidades de conteo [9].

El LOGO es un dispositivo programable, flexible y versátil de un solo procesador, basado en computadora, de estado sólido, que imita el comportamiento de un diagrama eléctrico de escalera, capaz de controlar muchos tipos de equipos industriales y sistemas automatizados complejos. Son utilizados para la domótica y para pequeñas

automatizaciones, además, facilitan las modificaciones de una programación. La principal desventaja es la limitante de sus entradas y salidas [11].

Un sistema de automatización industrial consta de numerosos elementos que realizan una diversidad de funciones relacionadas con la instrumentación, control, supervisión y gestión de operaciones implicadas en el proceso industrial [13].

Varios componentes, tanto de la vida cotidiana como de la economía en general, se basan en las operaciones exitosas de estos controladores [14]. Además, son muy utilizados en la industria, puesto que son dispositivos digitales electrónicos con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas y lógicas [15].

El término lógica se utiliza debido a que, la programación se ocupa primordialmente de implementar operaciones lógicas y de conmutación. Los dispositivos de entrada, como interruptores, y dispositivos de salida, como motores, están siendo controlados mediante una conexión al PLC. Es así que, el controlador supervisa las entradas y salidas de acuerdo a la máquina o proceso [13].

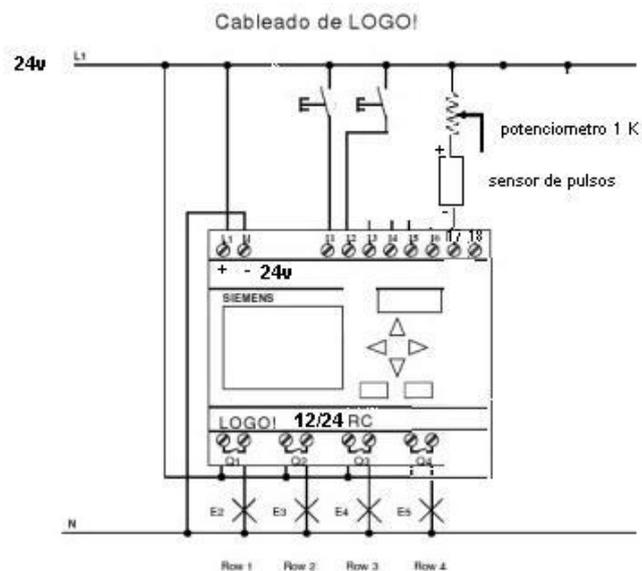


Figura 5 Cableado de un LOGO [11].

1.3.4. Tipos de señales utilizados por el LOGO

Un LOGO recibe y transmite señales eléctricas para expresar variables físicas finitas (posición, temperatura, presión entre otras).

Existen tres tipos de señales en un LOGO: señales binarias, digitales y analógicas.

a. Señales binarias

Señal de un bit con dos valores posibles

- i. “0” – nivel bajo, falso
- ii. “1” – nivel alto, verdadero,

Se codifica mediante un botón o un interruptor. Una activación, normalmente abre el contacto correspondiente al valor lógico “1”, y una no-activación con el nivel lógico “0” [16].

b. Señales digitales

Es una sucesión de señales binarias consideradas como una sola. Cada posición de la señal digital se denomina un bit. Los formatos típicos de las señales digitales son [16]:

- i. tetrad – 4 bits (raramente utilizado),
- ii. byte – 8 bits,
- iii. word – 16 bits,
- iv. double word – 32 bits,
- v. double long word – 64 bits (raramente utilizado).

c. Señales analógicas

Poseen valores continuos, es decir, consisten en un número infinito de valores (ej. en el rango de 0 – 10 V). Hoy en día, los LOGOS no pueden procesar señales analógicas reales. Por ello, estas señales deben ser transformadas en señales digitales y vice-versa. Esta conversión se realiza por medio de SM´s analógicos, que contienen ADC [16].

1.3.5. Programación del LOGO

Los diagramas de lógica de escalera constituyen el lenguaje de programación más comúnmente usado para programar un LOGO. Se pueden representar símbolos básicos, tales como: contacto normalmente abierto, contacto normalmente cerrado, bobina normalmente abierta, bobina normalmente cerrada, temporizador y contador. Véase figura 6 [9].

LOGIC	SYMBOLS
Normally Open Contact	
Normally open Coil	
Normally Closed Contact	
Normally Closed Coil	
AND "gate"	
OR "gate"	
Timer	
Counter	

Figura 6 Símbolos de programación LOGO [9].

La forma más común de programar un LOGO consiste en diseñar el circuito de control deseado en forma de un diagrama de escalera lógica de relé y luego, introducir este diagrama de escalera en un terminal de programación [13].

1.3.6. Norma ISA

La Norma ISA es utilizada para estandarizar los símbolos empleados en la automatización y control, con el objetivo de facilitar la interpretación de un plano del sistema de control [17]. En la figura 7 se observa la forma de representar los símbolos de señales en la Norma ISA.

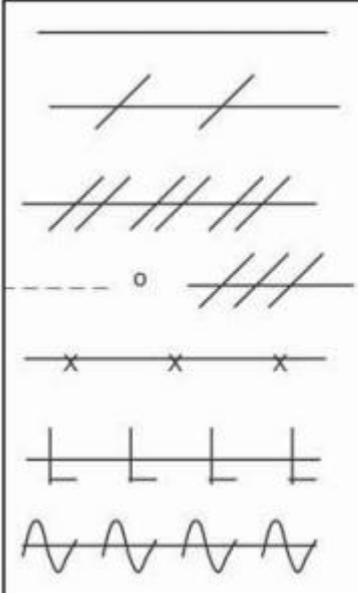
	<ol style="list-style-type: none">1. Alimentación de instrumentos o conexión a proceso *2. Señal sin definir2. Señal neumática**3. Señal eléctrica4. Tubo capilar5. Señal hidráulica6. Señal electromagnética *** o sónica (sin hilo ni tubo)
------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 7 Símbolos de señales [17].

1.4. Neumática

Rama de la física que se encarga del análisis de las propiedades de los gases y, por ende, también del aire [12].

El aire utilizado en la neumática tiene características importantes, como [12]:

- Disponibilidad ilimitada en cualquier lugar.
- No necesita transporte a través de tubos.
- El aire comprimido es insensible a cambios de temperatura y, se puede almacenar en depósitos antes de utilizarlos sin el riesgo de incendio o explosión.
- La fuga de aire comprimido no lubricado no ocasiona ningún tipo de contaminación.
- El aire comprimido es un fluido de ejecución rápida.
- Los elementos de trabajo son de sencilla construcción y pueden soportar sobrecargas.

1.4.1. Preparación del aire comprimido

Un sistema de control neumático debe proporcionar aire de buena calidad al sistema. Para dar cumplimiento con el principio de calidad, el aire comprimido debe obedecer a ciertas condiciones, tales como:

- Presión correcta.
- Aire seco.
- Aire limpio.

El incumplimiento de al menos una de estas condiciones puede provocar el paro imprevisto de las máquinas, con su consecuente incremento en los costos de mantenimiento de los equipos, ya que, se producirá un mayor desgaste de las juntas y piezas móviles de válvulas y cilindros, además de, la corrosión en tubos, válvulas y otros componentes [12].

Para la preparación del aire comprimido se utilizan los siguientes componentes [12]:

- a. **Filtro de aspiración:** elimina las impurezas del aire.
- b. **Compresor:** la elección del compresor depende de la presión de trabajo y de la cantidad de aire necesario.
- c. **Acumulador de aire comprimido:** se utiliza para estabilizar el nivel de aire comprimido, ya que es capaz de compensar las oscilaciones que experimenta la presión cuando el sistema consume aire comprimido.
- d. **Secadores:** se utiliza para eliminar la humedad que se introduce en la red a través del aire que aspira el compresor.
- e. **Reguladores de presión:** sirve para adaptar la cantidad de aire comprimido a la oscilación del consumo, es necesario regular el rendimiento del compresor.
- f. **Lubricador:** es recomendable que únicamente se lubrique el aire comprimido en las secciones del sistema en que sea necesario. El aceite que contiene el aire comprimido proveniente del compresor, no es apropiado para la lubricación de componentes neumáticos [12].

1.4.2. Sistema de accionamiento y actuadores

Los actuadores convierten la energía en trabajo, el movimiento que realizan es controlado mediante la unidad de control. El actuador a utilizar será el cilindro de doble efecto:

Este cilindro no cuenta con el muelle de reposición, puesto que las dos conexiones se usan para la alimentación y escape del aire. Esto le permite realizar el trabajo en ambos sentidos. La fuerza aplicada en el vástago poco superior en el avance que en retroceso, dado que, la superficie es mayor en el lado del émbolo que en el lado del vástago [12].

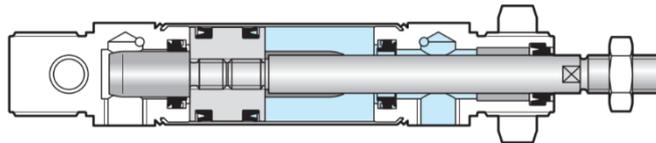


Figura 8 Cilindro de doble efecto [12].

1.4.3. Válvulas distribuidoras

Tienen como propósito accionar, regular la puesta en marcha o el paro del sistema, así como direccionar el flujo y regular la presión y/o caudal del fluido procedente del depósito regulador.

a. Electroválvulas

Son dispositivos diseñados para permitir o negar el paso de algún tipo de fluido por una cañería, las electroválvulas utilizadas para la plegadora de camiseta son del tipo 5/2 (tienen 5 puntos de conexión y dos posiciones) con una alimentación de 24 voltios.

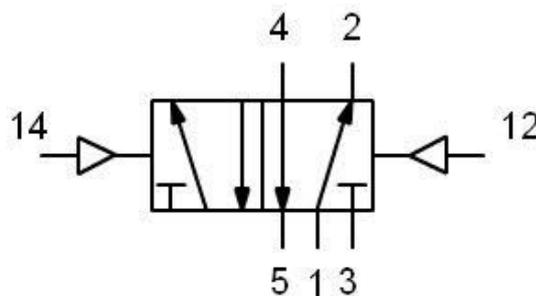


Figura 9 Electroválvula 5/2 [18].

En la figura 9 se puede observar una electroválvula del tipo 5/2 que sus puntos de conexión se detallan a continuación:

- El punto 1 es la conexión al aire.
- Los puntos 2 y 4 son los puntos de conexión a los elementos de trabajo.
- Los puntos 5 y 3 son los puntos de salida de aire.
- Los puntos 12 y 14 son los puntos del accionamiento neumático.

Este sistema de control funciona con:

- a. Energía eléctrica en la parte de control y procesamiento de señales, y
- b. Energía neumática en la parte funcional.

- b. Accionamiento del cilindro doble efecto

Es controlado por una válvula de vías que tiene 5 conexiones y 2 posiciones (véase figura 10). Se pueden tener los siguientes casos [12]:

- Si la válvula distribuidora está en posición normal, se descarga el aire de la cámara izquierda del cilindro y se aplica presión en la cámara del lado derecho, por lo que el vástago retrocede.
- Si se acciona la válvula distribuidora, se aplica presión en la cámara izquierda del cilindro y se descarga la cámara del lado derecho, por lo que el vástago avanza.
- La válvula distribuidora conmuta nuevamente y el vástago retrocede.

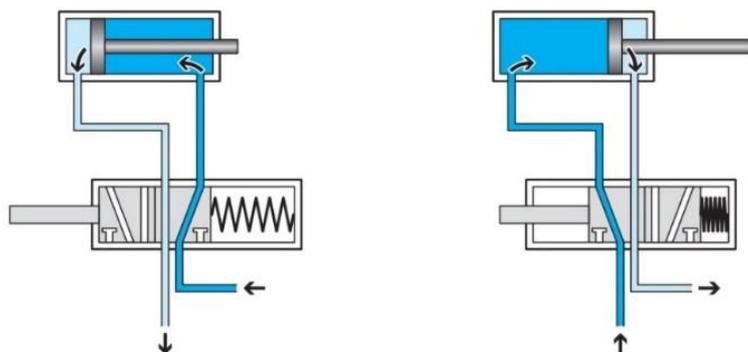


Figura 10 Accionamiento de un cilindro doble efecto [12].

Las válvulas distribuidoras se clasifican en dos grupos [12]:

- a. Válvulas con reposición por muelle: Mantienen el estado de conmutación solamente si se mantiene la activación.
- b. Válvulas de impulsos: Mantienen el estado de conmutación, aunque no estén activas.

Los diferentes símbolos neumáticos que se utilizarán para la construcción de la máquina plegadora se observan en el anexo 3.

1.4.4. Válvulas de estrangulación

Las válvulas de estrangulación son las encargadas de regular la velocidad a la que avanza y retrocede el émbolo de los diferentes actuadores en la neumática. Es importante regular el caudal de trabajo de los pistones (cantidad de aire en unidad de tiempo) ya que de esto dependerá la fuerza con la que levantarán las paletas los pistones y las velocidades de ingreso y retroceso del émbolo [19].

1.4.5. Fuente de poder

Una fuente de poder es un dispositivo que transforma la tensión alterna (es aquella que se encuentra disponible en las tomas de una casa o negocio) en tensión continua. Todos los equipos electrónicos funcionan con corriente continua es por ello que es necesario esta transformación. La máquina del presente trabajo de investigación tiene una alimentación de 24 voltios en tensión continua.

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS Y FÓRMULAS UTILIZADAS PARA EL DISEÑO DE LA DOBLADORA DE CAMISETAS

Se han considerado diferentes alternativas durante la evaluación de las características más importantes de los componentes que formarán parte de la máquina.

Se utiliza una escala del 1 a 3 (3= Excelente, 2= Bueno, 1= Malo) [20].

Los parámetros a evaluar varían de acuerdo al componente seleccionado. Los aspectos que se han analizado casi en todos los elementos son el costo, la fiabilidad y la vida útil.

2.1. Tipo de máquina

2.1.1. Dobladora con apilador

Este modelo de máquina consta de cuatro paletas, que realizan la función de doblar las camisetras, y de un apilador en el extremo. Una vez concluido el proceso de doblado, las camisetras son colocadas por la máquina en dicho apilador.



Figura 11 Dobladora con apilador [21].

2.1.2. Dobladora y empacadora

Es similar al modelo anterior, mediante cuatro paletas la máquina realiza el doblado de la camiseta, la cual posteriormente pasa al proceso de empacado. Esta máquina, cuya funcionalidad es alta, requiere de un amplio espacio físico para poder operar.



Figura 12 Dobladora y empacadora [21].

2.1.3. Dobladora sin apilador

Este modelo de máquina es similar al modelo de dobladora con apilador, pero difiere en que éste no consta del apilador, y necesita únicamente un pequeño espacio físico para poder operar. El retiro de la camiseta se realiza de forma manual.



Figura 13 Dobladora sin apilador [21].

Tabla 1. Selección del modelo de la máquina

Análisis	Dobladora con apilador	Dobladora y empacadora	Dobladora sin apilador
Costo	2	1	3
Funcionalidad	2	3	1
Facilidad de mantenimiento	2	1	3
Facilidad de fabricación	2	1	3
Producción	2	3	1
Tamaño de la máquina	2	1	3
Valor global	12/18	10/18	14/18
Valor porcentual	66.67%	55.56%	77.78%

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Después de una estricta valoración de los parámetros seleccionados en la tabla 1 para el tipo de máquina que se va a fabricar, se ha decidido que la dobladora sin apilador se ajusta mejor a los parámetros establecidos y es la más viable para este proyecto de investigación.

La dobladora sin apilador se ha calificado con un 77.78 %, siendo superior a las dos alternativas más presentadas, por ello se procederá en el diseño con este tipo de máquina.

2.2. Material de la estructura de la máquina

2.2.1. Madera

La madera es muy utilizada para construir estructuras de gran tamaño, donde no se encuentren vibraciones constantes. La madera es proveniente de los troncos de los árboles, se puede construir con este material casas, pérgolas, galpones, entre otros.

2.2.2. Acero inoxidable

Es una aleación compuesta por hierro y carbono con cierto porcentaje de cromo. Es muy resistente a la corrosión, tienen muy buena dureza, son difíciles de maquinar, tienen una excelente resistencia mecánica y son muy duraderos en el tiempo. Se puede construir ascensores, maquinaria de grado alimenticio, fachadas de edificios, entre otros.

2.2.3. Acero

El acero comparado con el acero inoxidable es más económico en el mercado local y brinda similares características, es por este motivo que se utiliza para la construcción de una infinidad de maquinaria.

Tabla 2 Selección del tipo de material de la estructura

Análisis	Acero		
	Madera	inoxidable	Acero
Capacidad de carga	1	3	3
Costo	3	1	2
Facilidad de fabricación	2	2	2
Por el tipo de aplicación	1	1	3
Presentación	1	3	3
Vida útil	1	3	3
Valor global	9/18	13/18	16/18
Valor porcentual	50,00%	72,22%	88,89%

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Una vez analizadas las alternativas disponibles para la estructura de la plegadora se ha llegado a la conclusión de que la mejor alternativa es la hecha en acero con un porcentaje de 88.89 %.

2.3. Paletas

2.3.1. Paletas en aluminio

El aluminio es el tercer elemento de mayor abundancia en la tierra y con excelente resistencia a la corrosión y tiene baja densidad. Como aplicaciones tiene el papel de aluminio, piezas automotrices, cielo falso de construcciones, perfiles, entre otros [22].

El aluminio por su baja densidad es liviano y tiene una excelente presentación para cualquier pieza que sea construido con este material.



Figura 14 Paletas en aluminio. **Elaborado por:** Jefferson Bravo & David Sánchez.

2.3.2. Paletas en nylon

El nylon es un polímero modificado que nace a partir de la necesidad de la industria de tener un material con similares características que el acero y el aluminio. Es muy usado para la fabricación de elementos secundarios. El nivel de acabado no es el mejor, es muy ligero y es muy fácil de ser maquinado.

2.3.3. Paletas en acero

Se consideró elaborar las paletas en acero ya que tiene similares características que el aluminio. Tiene tienen mayor densidad que el aluminio (mayor peso). En la figura 15 se observa las paletas fabricadas en acero.



Figura 15 Paletas en acero

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Tabla 3 Selección del material de las paletas

Análisis	Paletas en aluminio	Paletas en nylon	Paletas en acero
Costo	2	3	3
Facilidad de maquinado	3	3	2
Peso	3	3	1
Presentación	3	1	1
Vida útil	3	1	2
Valor global	14/15	11/15	9/15
Valor porcentual	93,33%	73,33%	60,00%

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Después de realizar el análisis de las tres alternativas planteadas se consideró que la mejor es la paleta en aluminio. Tiene una calificación porcentual de 93.33 %.

2.4. Pistones

2.4.1. Pistones hidráulicos

Los pistones hidráulicos son mecanismos utilizados en la industria para brindar fuerza mediante movimiento lineal. Sus principales usos son en mecanismos donde se necesita transmitir grandes cantidades de fuerza de un sistema a otro. En la plegadora de camisetas no se requiere gran cantidad de fuerza porque solamente se moverán las paletas de aluminio.

2.4.2. Pistones Neumáticos

Son similares a los cilindros hidráulicos su fuente de alimentación es aire comprimido. Pueden ser de simple o doble efecto (los de simple efecto efectúan el trabajo en una sola dirección mientras que los de doble efecto el trabajo lo efectúan en ambos sentidos).

2.4.3. Pistones eléctricos

Son dispositivos que tienen como componentes un motor rotativo, codificador rotativo, transmisión mecánica a lineal. Son una alternativa distinta a los pistones tradicionales (neumáticos e hidráulicos); su funcionamiento es similar. En el mercado local no son muy utilizados por el tipo de mantenimiento que representan y los altos costos.

Tabla 4 Selección del tipo de pistón

Análisis	Pistones hidráulicos	Pistones Neumáticos	Pistones eléctricos
Costo	1	2	2
Disponibilidad en el mercado	1	3	1
Facilidad de mantenimiento	2	3	1
Fiabilidad	3	3	1
Fuerza que brinda	3	2	1
Por su tipo de aplicación	2	3	1
Valor global	12/18	16/18	7/18
Valor porcentual	66,67%	88,89%	38,89%

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

En la tabla 4 se analizó las alternativas propuestas para los pistones que serán implementados en este proyecto de investigación. La mejor opción es el pistón neumático.

2.5. Electroválvulas

2.5.1. Electroválvulas de marca Festo

Las electroválvulas Festo se puede utilizar como válvula individual y en placas de alimentación. Entre sus principales características tenemos: duraderas, fiables, versátiles, diseño compacto, sistemas reversibles [12]. La principal desventaja de estas electroválvulas tenemos su alto costo de adquisición.

2.5.2. Electroválvulas de marca Airtac

La electroválvula Airtac es adecuada para el accionamiento de cilindros de doble efecto. Su configuración 5 vías 2 posiciones monoestable regreso por resorte, permitirá el funcionamiento del pistón neumático de inicio a final de carrera con solo mandar la señal a la bobina. Son muy comunes en el mercado local y su costo de adquisición es bajo.

2.5.3. Electroválvulas de marca Donaldson

La marca Donaldson para electroválvulas no es muy conocida, por lo que no es muy fiable colocar en la plegadora de camisetas, no existe un mercado especializado que importe esta marca de electroválvula.

Tabla 5 Selección del tipo de electroválvula

Análisis	Festo	Airtac	Donaldson
Costo	1	2	1
Disponibilidad en el mercado	3	3	2
Fiabilidad	3	3	2
Vida útil	3	3	2
Valor global	10/12	11/12	7/12
Valor porcentual	83,33%	91,67%	58,33%

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Se seleccionó la electroválvula de marca Airtag por su costo, disponibilidad en el mercado local y su fiabilidad. Tiene una calificación porcentual de 91.67 %.

2.6. Sensores

2.6.1. Sensores inductivos

Son sensores utilizados en la industria para la detección de materiales ferrosos, son fáciles de montar en un sistema de control, entre sus principales aplicaciones tenemos detectar presencia o ausencia de materiales ferrosos y para posicionamiento.

2.6.2. Sensores mecánicos

Son sensores que necesitan estar en contacto directo con el objeto a ser censado por lo que se desgasta fácilmente el mecanismo, son grandes lo que dificulta el montaje en una máquina. Pueden ser utilizados para detectar ausencia o presencia de objetos. Son utilizados para medir posición, movimiento, presión, entre otros.

2.6.3. Sensores capacitivos

Los sensores capacitivos pueden censar tanto metales como no metales, se utilizan para detectar materiales como polímeros, líquidos, materiales granulados, entre otros. No necesitan estar en contacto directo con el material a censar.

Tabla 6 Selección del tipo de sensor

Análisis	Inductivos	Mecánicos	Capacitivos
Costo	2	2	2
Disponibilidad en el mercado	3	2	2
Facilidad de instalación	2	2	1
Por el tipo de aplicación	3	2	3
Valor global	10/12	8/12	8/12
Valor porcentual	83,33%	66,67%	66,67%

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Una vez analizados los parámetros seleccionados para la selección del tipo de sensor para este proyecto de investigación se ha valorado con mayor valor porcentual al sensor inductivo. En la tabla 6 se observa el análisis realizado.

2.7. Dispositivo de control

2.7.1. Arduino

El arduino es una plataforma electrónica de código abierto (hardware y software libre) de fácil programación. Posee circuitos integrados donde se puede ir grabando instrucciones dependiendo del requerimiento del usuario. Su aplicación está basada más a uso doméstico; en la industria no se utiliza este tipo de plataforma por su confiabilidad.

2.7.2. PLC

El PLC es conocido como un controlador lógico programable es un dispositivo utilizado en la industria para controlar procesos montados en una línea de producción o en dar instrucciones a una máquina. Su costo es elevado y se requiere un conocimiento avanzado en programación.

2.7.3. Logo

El Logo es de la marca Siemens, tiene similares características que un PLC, pero la diferencia está en el número de entradas y salidas del dispositivo. Son fáciles de programar, son muy fiables y existe variedad en el mercado local.

Tabla 7 Selección del tipo de dispositivo de control

Análisis	Arduino	PLC	LOGO
Costo	3	2	2
Fiabilidad	1	3	3
Vida útil	1	3	3
Disponibilidad en el mercado	2	2	3
Facilidad de programación	1	2	3
Valor global	8/15	12/15	14/15
Valor porcentual	53,33%	80,00%	93,33%

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

En la selección de la alternativa del tipo de control que se instalará en la plegadora de camisetitas se optó por un LOGO.

2.8. Mecanismo de las paletas

Una vez decidida la forma general de la máquina, se realiza un análisis cinemático para determinar si los desplazamientos, velocidades y aceleraciones son los más adecuados para la tarea [23].

2.9. Fuerza del émbolo

La fuerza aplicada por el émbolo depende de la presión de aire, diámetro del cilindro y de la resistencia de los elementos debido a la fricción.

La fuerza teórica que ejerce el émbolo resulta:

$$F_t = A \cdot p \quad (1)$$

Donde:

F_t , es la fuerza teórica del émbolo [N]

A , es el área útil del émbolo [m^2]

p , es la presión de trabajo [Pa]

Como ya se ha mencionado anteriormente, para calcular la fuerza efectiva que ejerce el émbolo debe considerarse la resistencia por fricción, que normalmente es del 10 por ciento de la fuerza nominal o teórica del émbolo.

- Cilindro doble efecto

En este caso existen dos fuerzas diferentes, la fuerza de carrera de avance y la fuerza de retroceso. Por lo que resulta [12]:

Carrera de avance:

$$F_{eff} = A \cdot p - F_R \quad (2)$$

Carreara de retroceso

$$F_{eff}' = A' \cdot p - F_R \quad (3)$$

Donde:

A' , Es la superficie útil del émbolo en retroceso [m^2]

D , Diámetro del cilindro [m]

d , Diámetro del vástago [m]

F_R , es la fuerza de fricción (aproximadamente el 10% de la fuerza teórica del émbolo).

Para el cálculo del área útil del émbolo en el retroceso se utiliza la ecuación 4.

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

En el anexo 1, se puede observar la relación que existe entre la presión de funcionamiento y el diámetro del émbolo, para poder determinar la fuerza que ejerce el émbolo [12].

2.10. Carrera del pistón

Las carreras de los cilindros neumáticos no pueden exceder los 2 metros de recorrido. Si se trata de longitudes mayores, es recomendable consultar el diagrama de pandeo (véase anexo 2) para evitar que el vástago y apoyo soporten esfuerzos mecánicos grandes.

2.11. Consumo de aire

Es importante determinar tanto la cantidad de aire que consume la red neumática, como sus costos energéticos. El consumo de aire se expresa en litros de aire aspirado por minuto. El consumo de aire considera la presión de trabajo, el diámetro del émbolo, la carrera y los ciclos por minuto. Se puede calcular como:

$$q_{aire} = Rc \cdot A \cdot s \cdot n \quad (5)$$

Donde:

q_{aire} , Consumo de aire [m^3/min]

R_c , Relación de compresión

A , Superficie del émbolo [m^2]

s , Carrera [m]

n , Cantidad de carreras por minuto [$1/min$]

La relación de compresión se calcula:

$$R_c = \frac{101,3 + p_{trabajo} \text{ (en kPa)}}{101,3} \quad (6)$$

Utilizando la siguiente ecuación para el cilindro doble efecto se puede determinar el consumo de aire por cm de carrera:

$$q_{aire} = 2 \cdot s \cdot n \cdot q_H \quad (7)$$

Donde:

q_H , Consumo de aire por cm de carrera [l/cm]

s , Carrera [cm]

Para el cálculo del consumo total del aire de un cilindro, se debe además considerar el llenado de los espacios muertos, que aproximadamente es el 20 por ciento del consumo de aire de trabajo. Estos espacios representan los conductos de alimentación, posiciones finales del vástago que no pueden aprovecharse para la carrera útil [12].

2.12. Criterio de Grübler

Se expresa en la ecuación 1 y sirve para determinar el número de grados de libertad de un mecanismo a partir del número de elementos y pares que lo componen [23].

$$G = 3 \cdot (N - 1) - 2 \cdot p_I - p_{II} \quad (8)$$

Donde:

G : Grado de libertad

N : Número de eslabones

p_I : par de clase I

p_{II} : par de clase II

2.13. Equilibrio y diagrama de cuerpo libre

Se define como el análisis de cualquier parte aislada de una máquina o estructura, se puede considerar una o varias partículas a un sistema [24, 25]. Se dice que un cuerpo permanece en reposo y se encuentra en equilibrio siempre y cuando las cargas externas y reacciones que actúan sobre el cuerpo sean igual a cero, de igual manera la suma de los momentos de todas las fuerzas respecto a cualquier eje debe ser igual a cero [26]. La frase equilibrio estático se usa cuando el sistema permanece en reposo, en caso de equilibrio las fuerzas y momentos que actúan sobre el sistema expresadas como [24]:

$$\sum F = 0 \quad (9)$$

$$\sum M = 0 \quad (10)$$

2.13.1. Caso para analizar

Para analizar las condiciones críticas de un elemento mecánico, debe considerarse y estudiarse un cuerpo libre en el cual se muestre las fuerzas que están presentes, la fuerza cortante y momento flexionante que son dos acciones de las cargas externas sobre el elemento mecánico [26].

2.14. Diagrama de fuerza cortante

Uno de los métodos para graficar hace referencia que, al aparecer una fuerza o reacción concentrada, se traza una línea vertical para representar la magnitud y dirección de la fuerza, entre las fuerzas se traza una línea horizontal para indicar que no existe cambio de fuerza cortante [26].

2.15. Diagrama de Momento

Existen importantes relaciones matemáticas entre las cargas, las fuerzas cortantes y los momentos flexionantes sobre un elemento mecánico [26], para el caso de la figura 16 se define al momento en cualquier punto con la ecuación 13:

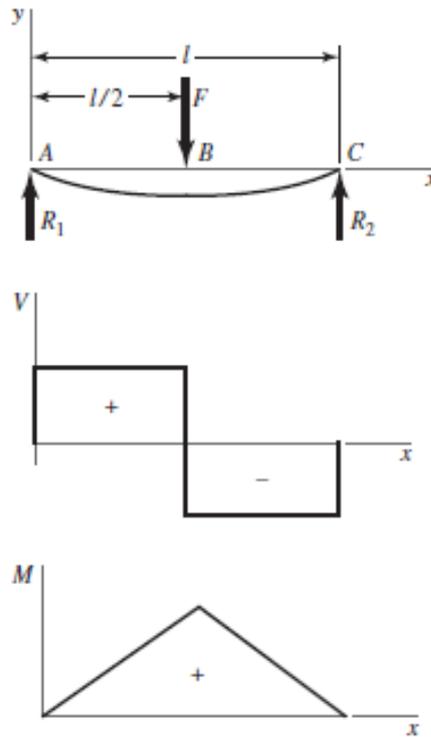


Figura 16 Apoyos simples carga central [25, 24].

En la figura 16 se expone el caso de apoyos simples con carga central, a continuación, desde la ecuación 11 hasta la ecuación 15 respectivamente hace referencia a ecuaciones de dominio para el cálculo de reacciones, fuerzas cortantes, momentos en cualquier punto.

$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2} \quad (11)$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2 \quad (12)$$

$$M_{AB} = \frac{Fx}{2} \quad R_{BC} = \frac{F}{2}(l - x) \quad (13)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{48EI}(4^2 - 3l^2) \quad (14)$$

$$y_{m\acute{a}x} = -\frac{Fl^3}{48EI} \quad (15)$$

2.16. Esfuerzos y resistencia

Se busca resistencia en la geometría y condición de uso, la resistencia es una propiedad del material o de un elemento mecánico que depende de la selección, el tratamiento y el proceso de material [24, 25].

Para denotar la resistencia se usa la letra mayúscula “S” con los subíndices apropiados [24]:

S_y , es la resistencia a la fluencia

S_u , es la resistencia última

S_{xy} , es la resistencia a cortante

S_e , es la resistencia endurance

La ecuación para la resistencia y rigidez del material se utiliza:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (16)$$

Donde:

P , es la carga [N]

A_0 , es el área transversal [m^2]

σ , es el esfuerzo normal [Pa]

2.17. Factor de diseño y seguridad

Conocido como método clásico de diseño, dicho factor se expresa en la ecuación 10 [24]:

$$n_d = \frac{\text{resistencia de pérdida de la función}}{\text{esfuerzo permisible}} = \frac{S}{\sigma(o \tau)} \quad (17)$$

Si el parámetro es la carga, entonces la carga máxima permisible puede encontrarse con la ecuación 11 [24]:

$$\text{Carga máxima permisible} = \frac{\text{carga de pérdida de función}}{n_d} \quad (18)$$

Donde:

n_d , es el factor de diseño

σ , es el esfuerzo normal [Pa]

τ , es el esfuerzo cortante [Pa]

2.18. Esfuerzos normales

Calculando el esfuerzo en flexión varía linealmente con la distancia desde el eje neutro y está dado por la ecuación 19 [25, 24]:

$$S_u = \frac{M_{m\acute{a}x} \cdot c}{I_x} \quad (19)$$

Donde:

$M_{m\acute{a}x}$, es el momento máximo

c , es la distancia al eje neutro

La inercia se calcula como se muestra en la ecuación 20 y se ilustra en la figura 17 [27, 25, 24]:

$$I_x = \frac{1}{2}mr^2 \quad (20)$$

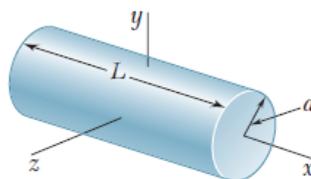


Figura 17 Momentos de inercia de formas geométricas comunes [27].

Donde:

I_x , es la inercia con respecto al eje X [$\text{Kg} \cdot \text{m}^2$]

m , es la masa [Kg]

$$m = V \cdot \rho \quad (21)$$

Donde:

V , es el volumen

$\rho_{\text{AISI 1018}}$, es la densidad acero AISI 1018

2.18. Esfuerzo cortante

La fuerza cortante se define como la suma algebraica de las fuerzas externas perpendiculares al eje de la viga situada de izquierda a derecha sobre una sección considerada [26].

Esfuerzo cortante máximo que se encuentra en el eje neutro de flexión [25, 24]:

$$S_{xy} = \frac{4V}{3A} \quad (22)$$

En la figura 18 se ilustran varias geometrías y la respectiva fórmula para el cálculo de esfuerzo cortante máximo.

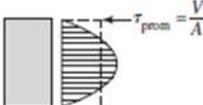
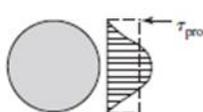
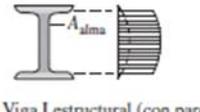
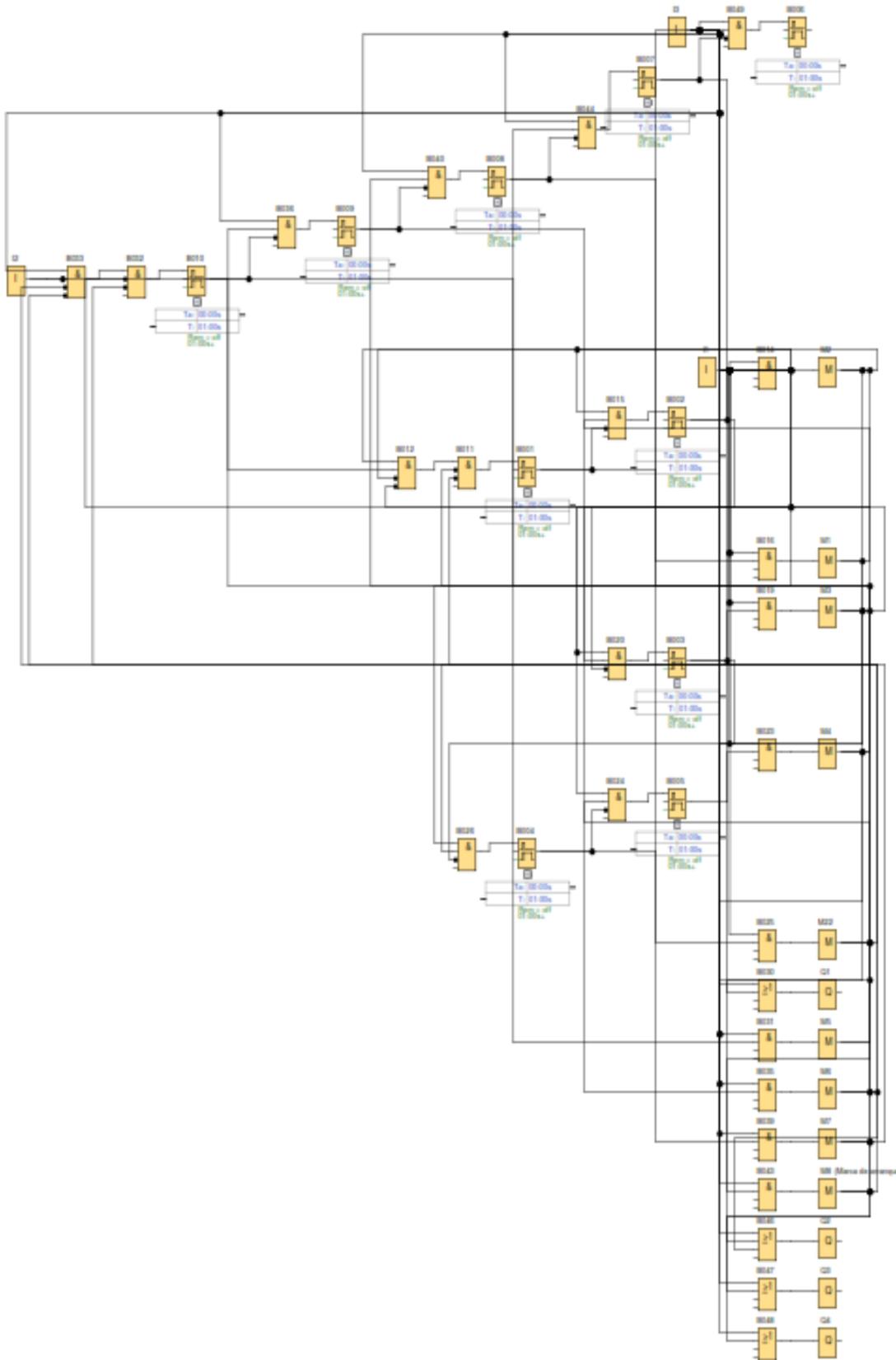
Forma de la viga	Fórmula	Forma de la viga	Fórmula
 <p>Rectangular</p>	$\tau_{\text{máx}} = \frac{3V}{2A}$	 <p>Circular hueca con pared delgada</p>	$\tau_{\text{máx}} = \frac{2V}{A}$
 <p>Circular</p>	$\tau_{\text{máx}} = \frac{4V}{3A}$	 <p>Viga I estructural (con pared delgada)</p>	$\tau_{\text{máx}} = \frac{V}{A_{\text{alma}}}$

Figura 18 Fórmulas de esfuerzo constante máximo debido a la flexión [25, 24].

2.19. Diagrama eléctrico máquina plegadora



2.20. Diagrama neumático del proyecto

En la figura 17 se observa el diagrama neumático de la plegadora de camisetas. Que está compuesto por cuatro cilindros (actuadores); se los utiliza para transmitir fuerza a través del aire comprimido

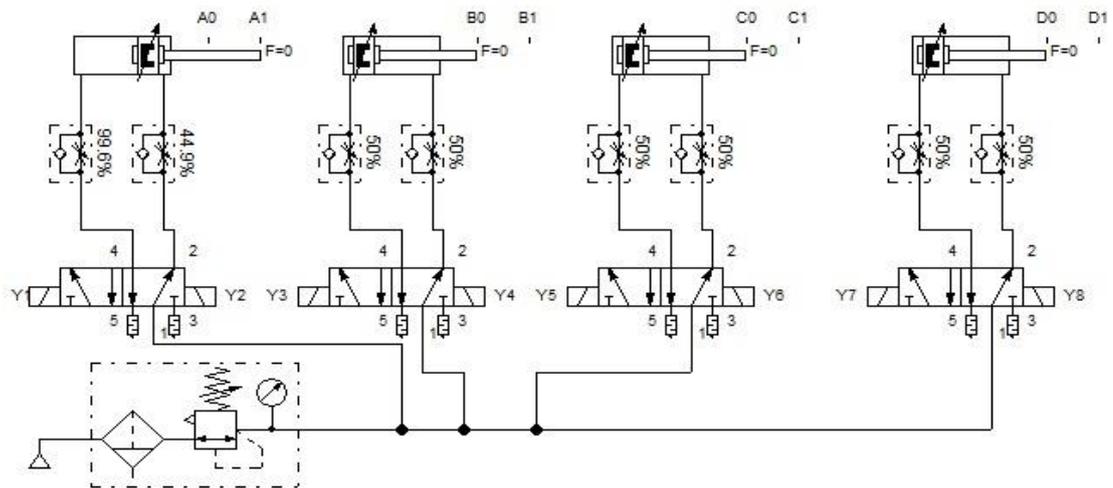


Figura 19 Diagrama neumático. Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

2.21. Diagrama bajo Norma ISA

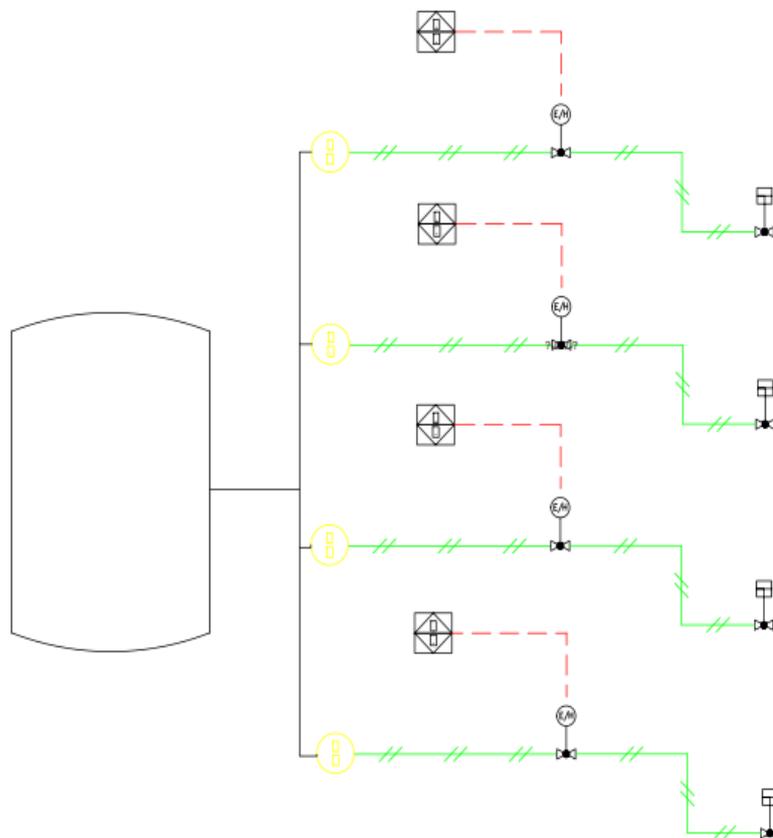


Figura 20 Diagrama bajo Norma ISA. Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

CAPÍTULO III

CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LA PLEGADORA DE CAMISETAS

3.1. Análisis teórico

El diseño es un proceso interactivo con muchas fases interactivas, en el diseño mecánico existen las consideraciones que incluyen las dimensiones, las tolerancias, unidades y cálculos [24].

3.2. El diseño

El diseño es un proceso innovador y altamente interactivo [24], el diseño estructural incluye el arreglo y dimensionamiento de la estructura y sus partes con el fin de soporte satisfactoriamente las cargas colocadas sobre ella [26].

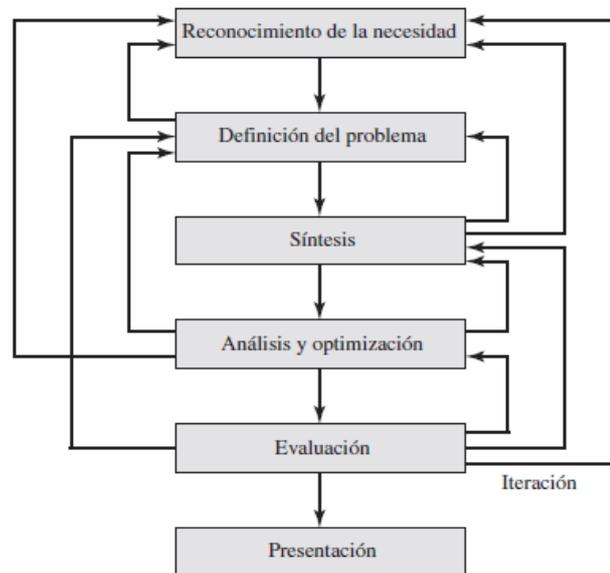


Figura 21. Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e interacciones [24, 25].

Previo a este capítulo se ha ido desarrollando y haciendo referencia al reconocimiento y definición del problema como es, la mejora de administración de procesos productivos proyectada a la eficiencia y efectividad es por cual en este capítulo se hace énfasis a características del mecanismo como tal para su diseño.

La resistencia que requiere un elemento de un sistema significa un factor importante para determinar su geometría y dimensiones. Considerar [24]:

- Funcionalidad: modo de trabajo y si cumple el objetivo y metas.
- Resistencia/esfuerzo: cargas sometidas durante el trabajo del mecanismo.
- Seguridad: para el operario.
- Facilidad de manufactura: procesable y óptimo diseño.
- Costo: fácil adquisición.
- Tamaño: ocupe espacios óptimos en función de su trabajo.
- Control: mejorar el manejo de operario.
- Comercialización: competitividad en el mercado.
- Mantenimiento: adquisición de repuestos y prevención a daños.

3.3. Resultado Criterio de Grübler

Se plantea un diseño del mecanismo constituido por paletas, un cilindro neumático, dos eslabones primarios y un eslabón ternario como se muestra en la figura 21. Es necesario el análisis mediante el criterio de Grübler para determinar si existe grado de libertad en el mecanismo planteado.

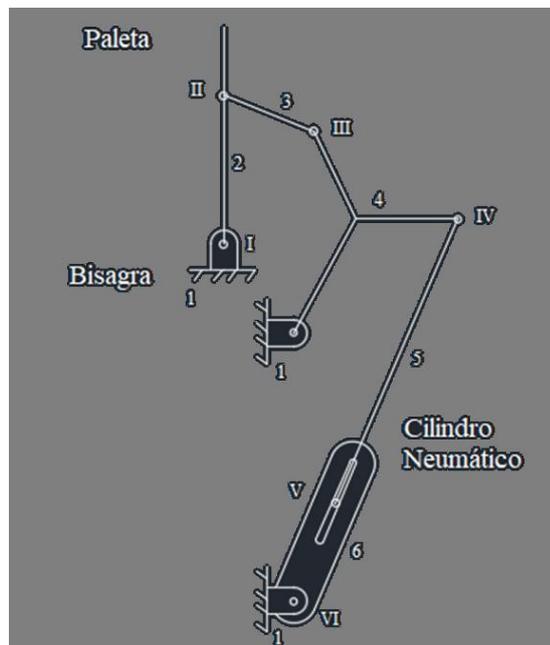


Figura 22 Mecanismo Propuesto.
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Entonces, reemplazando los valores en la ecuación 8 se tiene que:

Número de eslabones: 5

Pares cinemáticos de tipo I: 6

Pares cinemáticos de tipo II: 1

$$G = 3 \cdot (5 - 1) - 2 \cdot 6 - 1$$

$$G = 2$$

$G = 2$ es decir el mecanismo tiene dos grados de libertad en un mismo plano, cabe resaltar que para este problema planteado no es necesario Grashoff y que esté compuesto por 5 eslabones o barras y el análisis de Grashoff hace referencia que en un mecanismo de cuatro barras tiene al menos una articulación que da una revolución completa caso que no se da en este planteamiento.

3.4. Análisis de posición método gráfico

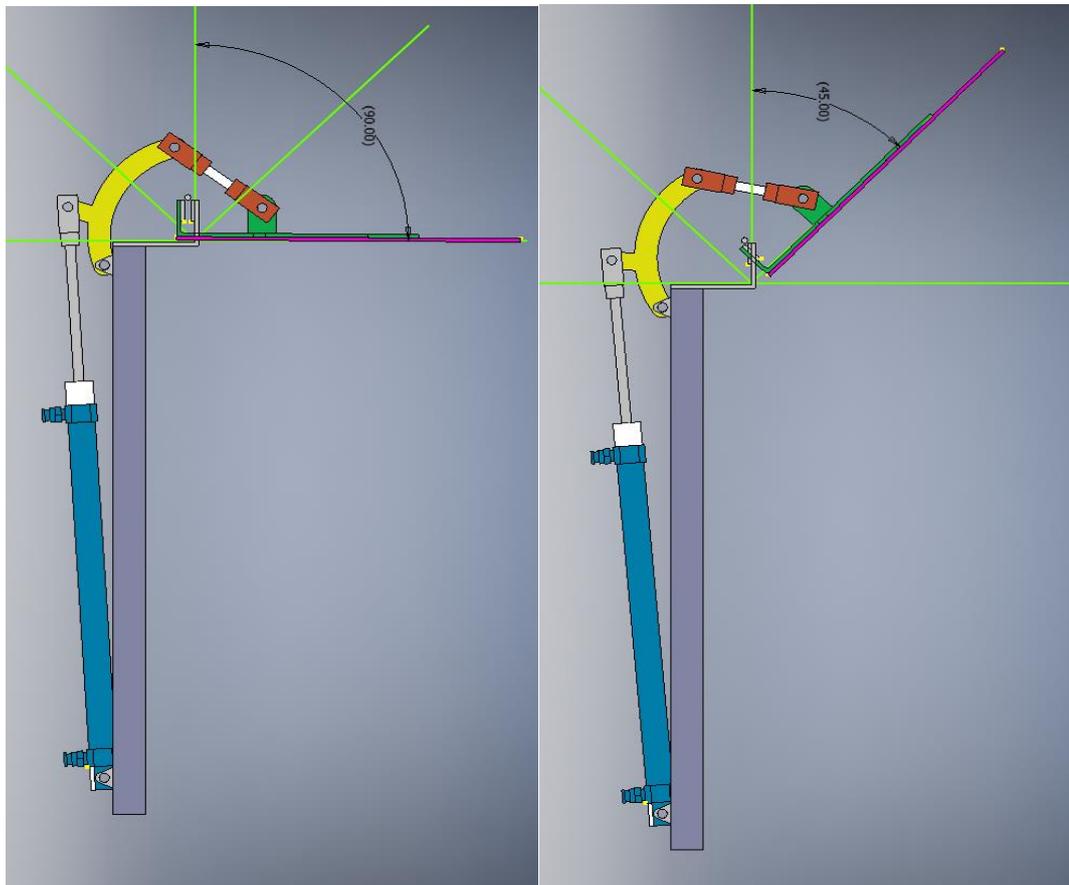


Figura 23 Posición 0° - Posición 45°.
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

En la figura 22 se muestra la flexibilidad de rotación de la paleta de color purpura, la posición varía de 0° a 45°.

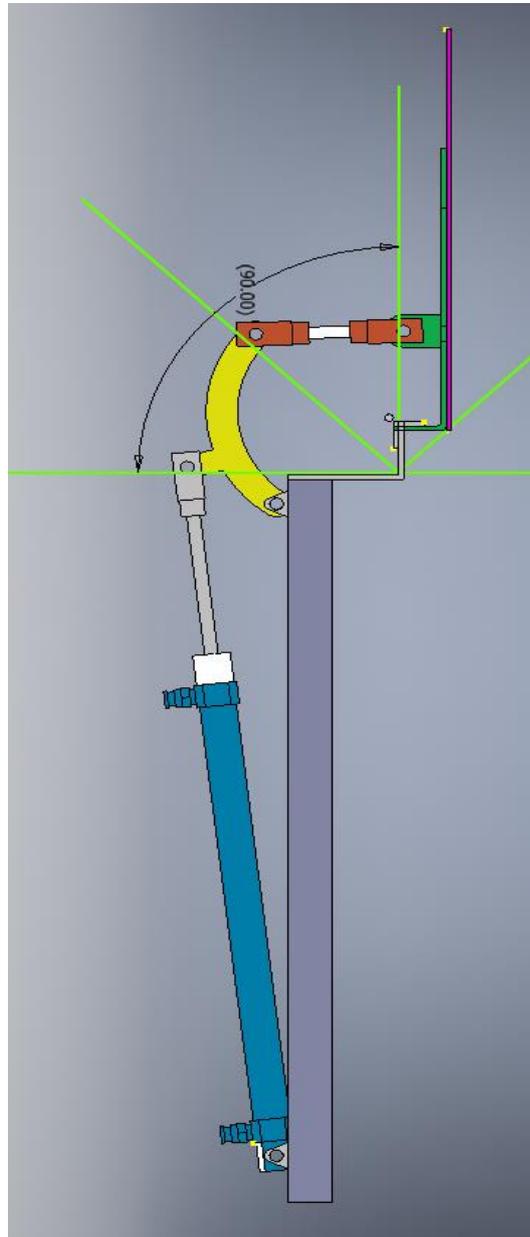


Figura 24 Posición 90°.
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

En la figura 23 se ilustra la posición de la paleta correspondiente a 90°.

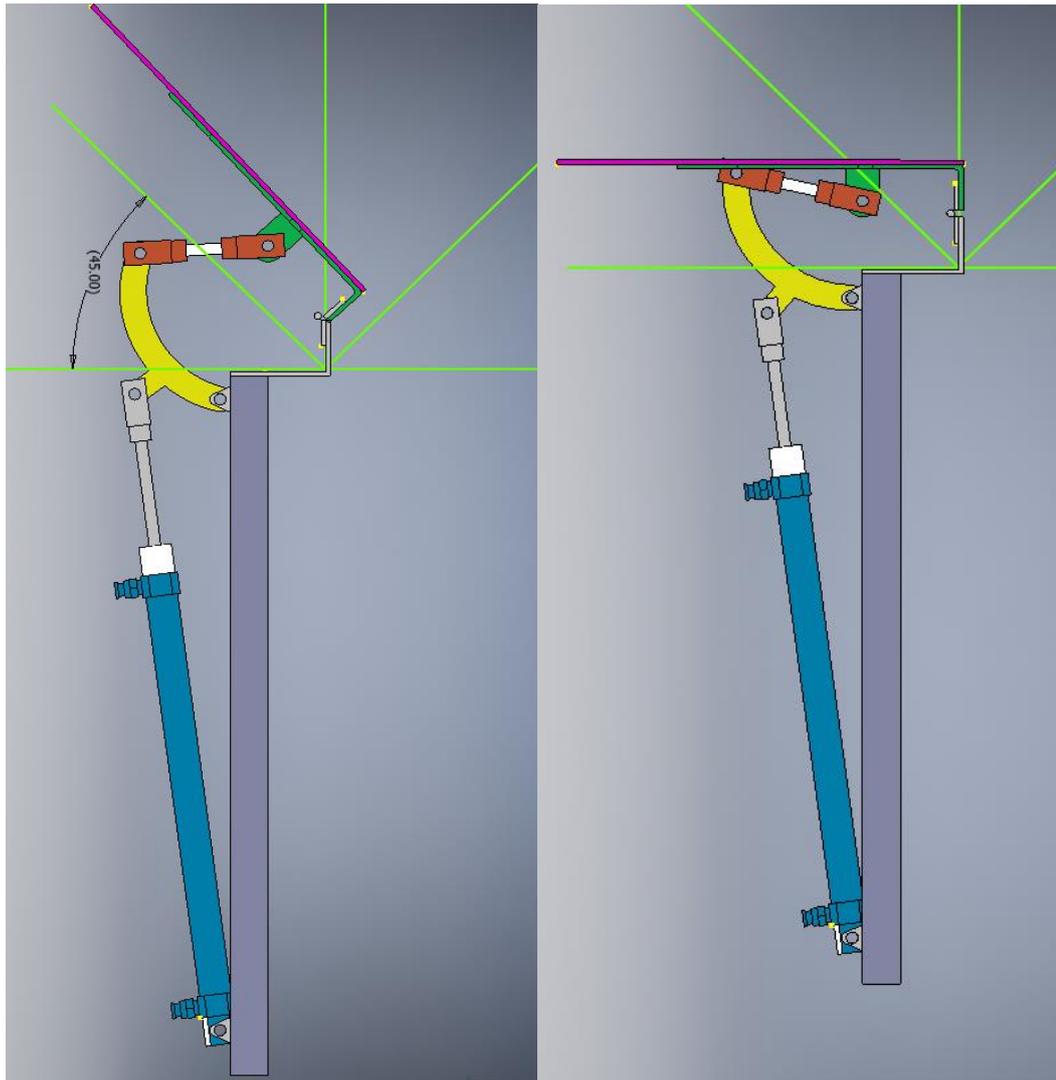


Figura 25 Posición 135° - Posición 180°.
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

En la figura 24 se muestra la posición complementaria de la paleta, es decir, las posiciones de 135° y 138°. Cabe resaltar que el movimiento de la paleta debe ser de 180° para cumplir con el objetivo de doblado.

3.5. Cálculo de fuerza del émbolo

El mecanismo responsable de mover las paletas es el cilindro de doble efecto, para el cual se debe calcular la fuerza efectiva que realiza el émbolo de diámetro 20 mm y de carrera máxima 250 mm, y la presión máxima de funcionamiento para la máquina dobladora es: $p = 10 \text{ bar} = 1000 \text{ kPa}$.

La fuerza teórica se calcula mediante la ecuación 1 referenciada en el capítulo anterior:

$$F_t = 314.159 [N]$$

Como la fuerza de fricción es del 10% de la fuerza teórica, entonces se tiene:

$$F_R = 0.1 \cdot 314.159 [N] = 31.416 [N]$$

La ecuación 2 se emplea para determinar la fuerza efectiva para la carrera de avance:

$$F_{eff} = 282.743 [N]$$

Aplicando la ecuación 3, se calcula la fuerza efectiva para la carrera de retroceso:

$$F'_{eff} = 232.478 [N]$$

3.6. Consumo de aire

El consumo de aire en un compresor se refiere a la cantidad de aire que se comprime en unidad de volumen; se determina de la siguiente manera [28]:

$$\bar{V}_{Avance} = \frac{\pi}{4} (D^2) \cdot s = \frac{\pi \cdot (0.02^2) \cdot 0.25}{4} = 7.854 \cdot 10^{-5} [m^3] = 7.854 \cdot 10^{-2} [l]$$

$$\begin{aligned} \bar{V}_{retorno} &= \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot s = \frac{\pi \cdot (0.02^2 - 0.008^2) \cdot 0.25}{4} = 6.597 \cdot 10^{-5} [m^3] \\ &= 6.597 \cdot 10^{-2} [l] \end{aligned}$$

Por lo que el volumen promedio resulta:

$$\bar{V}_{Prom} = \frac{\bar{V}_{Ida} + \bar{V}_{retorno}}{2} = \frac{7.854 \cdot 10^{-2} + 6.597 \cdot 10^{-2}}{2} = 0.0722 [l]$$

El valor de q_H , se determina mediante:

$$q_H = \frac{\bar{V}_{Prom}}{s} = \frac{0.0722 [l]}{25 [cm]} = 2.89 \cdot 10^{-3} [l/cm]$$

3.6.1. Consumo de aire talla grande

La cantidad de carreras por minuto se establece a través de:

$$n = 10 \text{ } 1/\text{min}$$

Por tanto, el consumo máximo de aire por émbolo para un cilindro doble efecto se establece con la ecuación:

$$q_{\text{aire}} = 2 \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 10 \left[\frac{1}{\text{min}} \right] \cdot 2.89 \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{l}}{\text{cm}} \right] = 1.445 \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$$

3.7. Diagrama de cuerpo libre

Análisis sucesivo de cada elemento de un sistema complejo mediante aislamiento [24], en la figura 26 se muestra el mecanismo como tal constituido por el cilindro neumático, dos eslabones primarios y un eslabón ternario.

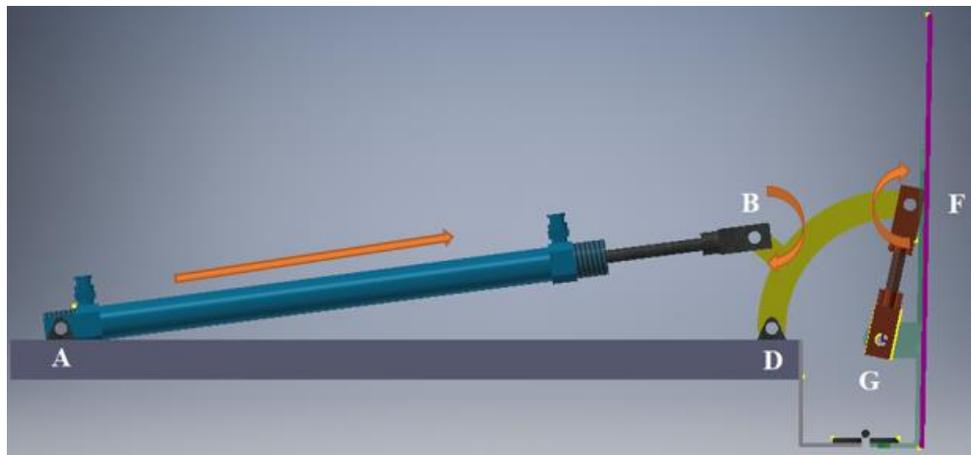


Figura 26 Esquema de mecanismo cilindro neumático, eslabones y paleta.
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Los pesos de cada uno de los elementos son despreciables, la fuerza aplicada sobre el pistón corresponde a $F_{eff} = 282.743 \text{ [N]}$ de ecuación 2 que influye sobre los demás elementos. A continuación, se ilustra los diagramas de cuerpo libre de todos los elementos y las fuerzas a las que se encuentran sometidos bajo un análisis en equilibrio:

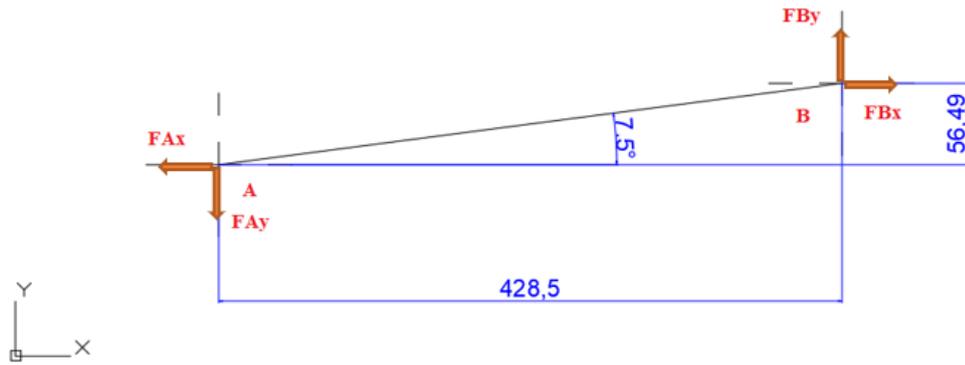


Figura 27 Diagrama de cuerpo libre de cilindro neumático.
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{Bx} - F_{Ax} = 0$$

$$F_{Ax} = 282.743 \cdot \cos(7.5^\circ) = 280.324 \text{ [N]}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{By} - F_{Ay} = 0$$

$$F_{Ay} = 282.743 \cdot \sin(7.5^\circ) = 36.905 \text{ [N]}$$

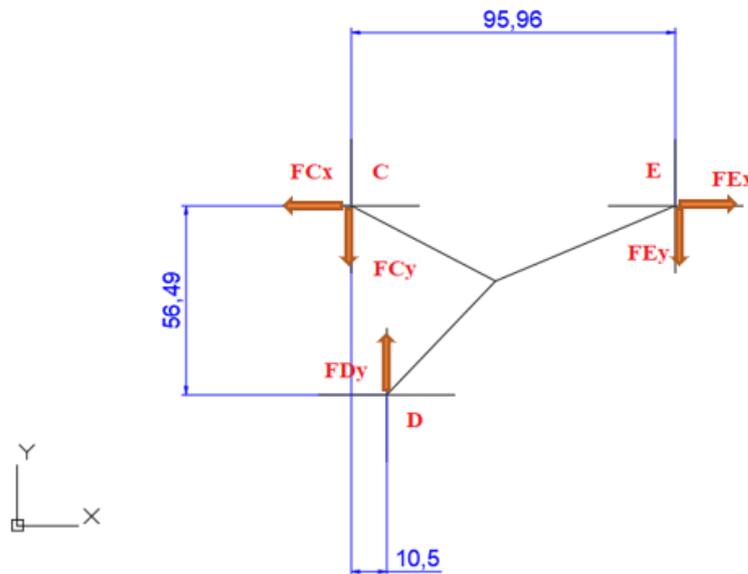


Figura 28 Diagrama de cuerpo libre de eslabón ternario.
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

$$F_{Cx} = 280.324 \text{ [N]} ; F_{Cy} = 36.905 \text{ [N]}$$

$$F_{Ex} = 280.324 \text{ [N]}$$

$$\sum M_E = 0$$

$$36.905 \cdot 95.95 - F_{DY} \cdot 85.46 = 0$$

$$F_{DY} = 41.434 \text{ [N]}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_{CY} + F_{DY} - F_{EY} = 0$$

$$F_{EY} = 4.529 \text{ [N]}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-F_{CX} + F_{EX} = 0$$

$$F_{EX} = 280.324 \text{ [N]}$$

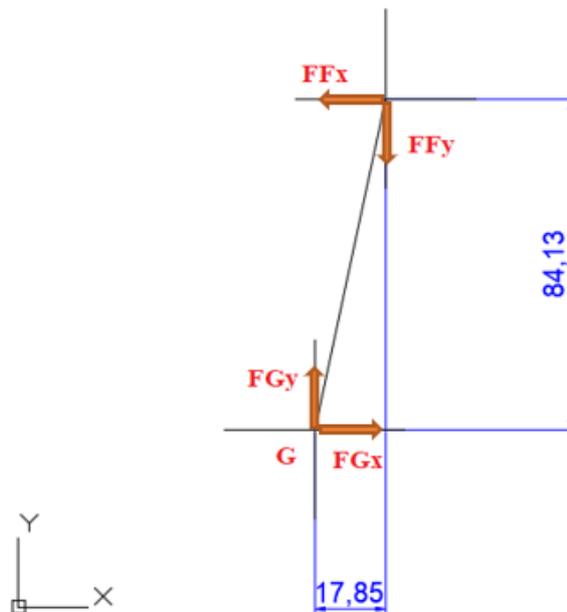


Figura 29 Diagrama de cuerpo libre de eslabón primario.
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

$$F_{FY} = 4.529 \text{ [N]}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_{FY} + F_{GY} = 0$$

$$F_{GY} = 4.529 \text{ [N]}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-F_{FX} + F_{GX} = 0$$

$$F_{GX} = 280.324 [N]$$

3.8. Fuerzas resultantes

Posterior al análisis de diagrama de cuerpo libre se tiene que:

$$F_B = F_C = \sqrt{F_{BX}^2 + F_{BY}^2} = \sqrt{282.324^2 + 36.905^2} = 282.743 [N]$$

$$F_D = \sqrt{F_{DX}^2 + F_{DY}^2} = \sqrt{41.434^2 + 0^2} = 41.434 [N]$$

$$F_G = F_E = \sqrt{F_{GX}^2 + F_{GY}^2} = \sqrt{280.324^2 + 4.529^2} = 280.360 [N]$$

Resultante de las fuerzas aplicadas se tiene que en el punto B, $F_B = 282.743 [N]$ corresponde a la carga crítica aplicada sobre las uniones de los eslabones (pasadores), en la figura 29 se muestra el efecto de las fuerzas aplicadas y el caso en el cual se debe analizar el elemento crítico que corresponde al pasador o junta.

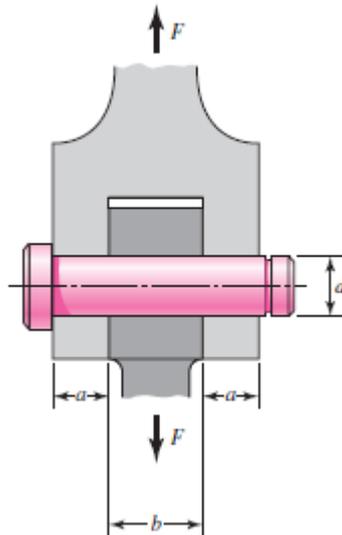


Figura 30 Análisis de esfuerzos cortantes en el punto B [25, 24].

En la figura 30 se muestra el caso de Análisis de apoyos simples con carga central, aplicando las ecuaciones 11, 12, 13, 14 ,15 obtenemos el valor de las reacciones, cortante y momento máximo respectivamente.

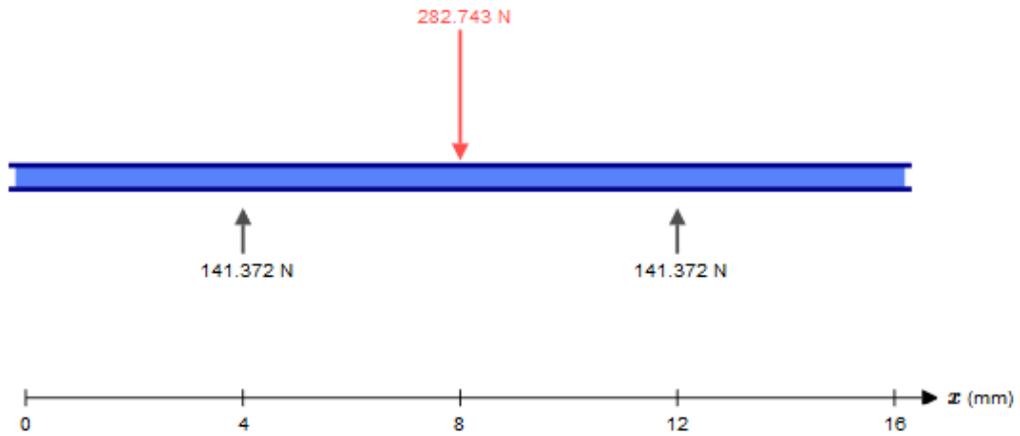


Figura 31 Diagrama de cuerpo libre de pasador.
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

El pasador es analizado como una viga con carga central, al ser una viga simétrica se obtiene que el valor de los apoyos corresponde a la mitad de la carga aplicada.

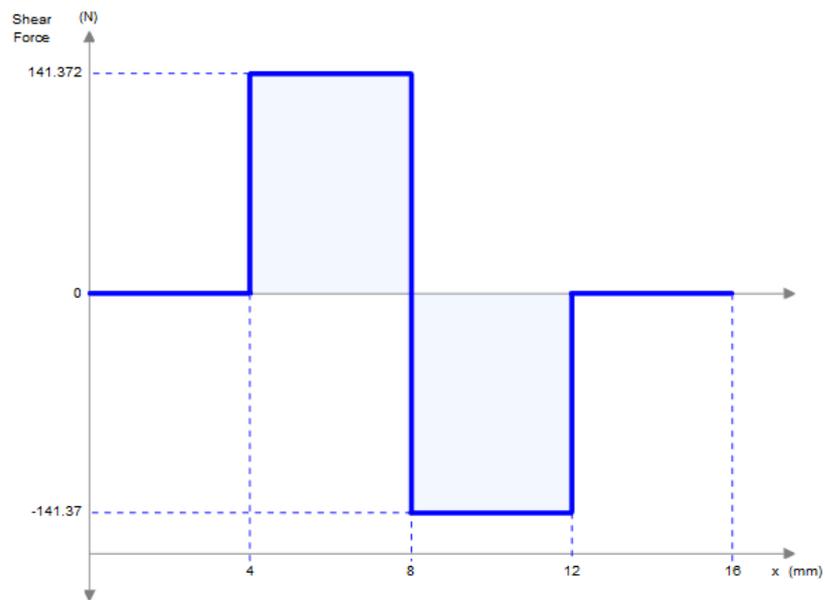


Figura 32 Diagrama de cortante – método gráfico [29].
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

En la figura 31 del diagrama de cortante se obtiene que el valor del cortante máximo corresponde a 282.743 [N].

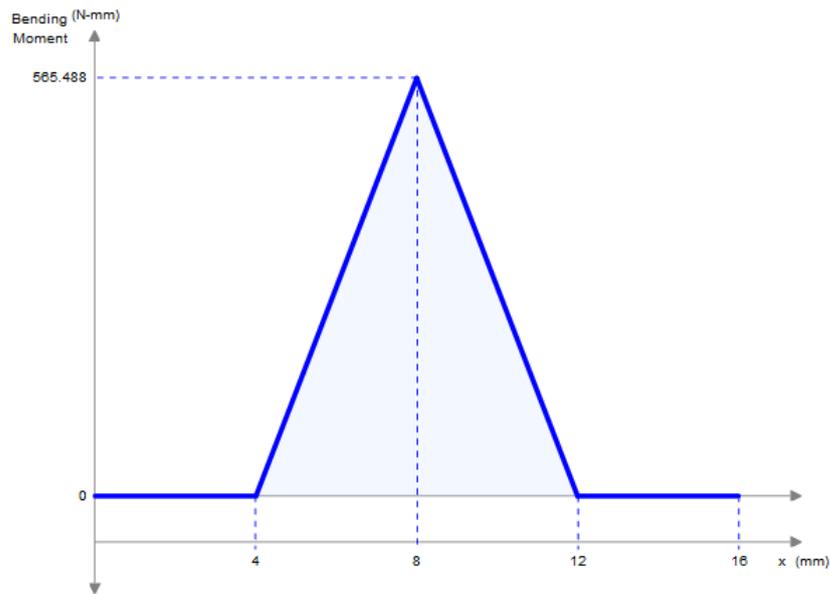


Figura 33 Diagrama de momento – método gráfico [29].
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

En la figura 32 del diagrama de momento se obtiene que el momento máximo corresponde a $5.654 \cdot 10^{-4}$ [N·m].

3.9. Propiedades mecánicas del acero AISI 1018

También conocido como acero de transmisión [30, 25, 24], posee características con respecto a su deformación y es muy importante para considerar para todo diseño de elemento mecánico.

$$S_u = 450 \text{ [MPa]}$$

$$S_y = 235 \text{ [MPa]}$$

$$S_{xy} = 103 \text{ [MPa]}$$

$$\rho_{AISI\ 1018} = 7.890 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

3.10. Cálculo de esfuerzo normal

Para calcular el esfuerzo normal es necesario conocer el la Inercia del pasador cilíndrico mediante la Ecuación 21:

$$I_X = \frac{\pi \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 7.850 \cdot r^4}{2} \left[\frac{Kg}{m^2} \right]$$

La variable a despejar corresponde al radio del pasador, reemplazando en la ecuación 24 se tiene que:

$$r = \left(\frac{2 \cdot 5.654 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 7.850 \cdot 235 \cdot 10^3} \right)^{\frac{1}{3}} [m]$$

$$r = 0.0023 [m]$$

$$\emptyset = 2 \cdot r \cdot 1000 = 4.6 [mm]$$

Es decir, el diámetro necesario del pasador para el momento máximo aplicado corresponde a 4.6 mm.

3.11. Esfuerzo cortante

Como se mencionó con anterioridad, el análisis principal es referente a carga cortante a la cual se encuentran expuestos los pasadores, reemplazando valores en la ecuación 21 se tiene que:

$$103 \cdot 10^3 [Pa] = \frac{4 \cdot 282.743}{3 \cdot \pi \cdot r^2} [N]$$

$$r = 0.003413 [m]$$

$$\emptyset = 2 \cdot r \cdot 1000 = 6.826 [mm]$$

Es decir, mediante el análisis de cortante máximo el diámetro mínimo sugerido corresponde a 6.826 mm, respecto al diseño se implementa un diámetro de 8 mm para las juntas de los eslabones con el fin de aumentar el factor de seguridad.

3.12. Resistencia de la estructura

La estructura debe estar constituida por tubo un marco de tubo cuadrado que soporte el peso de las guías por las cuales se van a desplazar las paletas y sus respectivos cilindros neumáticos. En la tabla 8 se exponen los elementos mecánicos con pesos considerables para el diseño del perfil de la estructura.

Tabla 8 Pesos considerables para el diseño de la estructura.

Descripción	Volumen m³	Peso específico kg/m³	Cant.	Peso (Kg)
base de cilindro	0.009385805	7.85	4	0.2947143
Acople paleta 1	0.073724512	7.85	1	0.5787374
Acople paleta 2	0.151412265	7.85	1	1.1885863
Base acople paleta 1	0.047954814	7.85	1	0.3764453
Base acople paleta 2	0.149292	7.85	3	3.5158266
Base triangular	0.004577353	7.85	8	0.2874578
Eje de cilindro	0.018831441	7.85	1	0.1478268
Eslabón de tres puntas	0.02210158	7.85	4	0.6939896
Eslabón intermedio	0.013884168	7.85	4	0.4359629
Estructura interna	0.565243832	7.85	1	4.4371641
Paleta 1	0.117861362	7.85	1	0.9252117
Paleta 2	0.36281931	7.85	1	2.8481316
Pisto neumático	0.120256357	7.85	4	3.7760496
Paleta 3	0.27549531	7.85	2	4.3252764
Bisagra	0.003367989	7.85	16	0.4230194
			PESO TOTAL	24.2543997

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Es decir que el peso de 24.254 Kg corresponde a 237.94 [N], la fuerza aplicada se reparte hacia las cuatro aristas del marco de la estructura, es decir, cada columna debe soportar un valor de 59.484 [N] como se muestra en la figura 33.

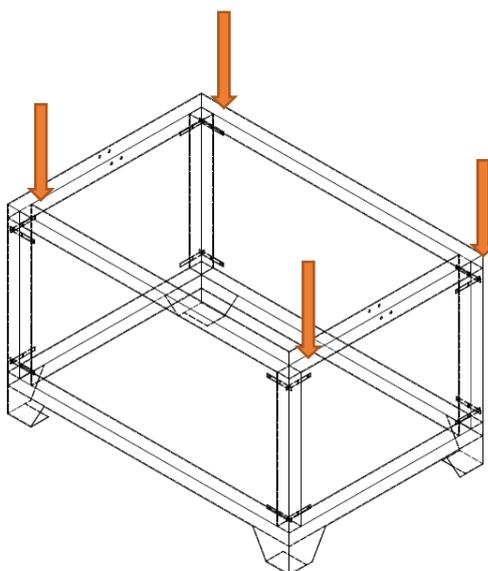


Figura 34 Estructura base para guías y paletas.
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Se conoce que el esfuerzo a la fluencia del acero de transmisión corresponde a 235 MPa, reemplazando valores en la ecuación 9 se tiene que:

$$235 \cdot 10^3 [Pa] = \frac{59.484}{A_T} [N]$$

$$A_T = 0.0002531 \text{ m}^2$$

Perfil seleccionado de 50X50X2 con un área transversal:

$$A_T = \frac{50^2 - 46^2}{10^6} = 0.000384 \text{ m}^2$$

Esfuerzo generado con el perfil:

$$\sigma = \frac{59.484}{0.000384} = 154.906 [MPa]$$

Factor de seguridad de la ecuación:

$$n_d = \frac{235}{154.906} = 1.52$$

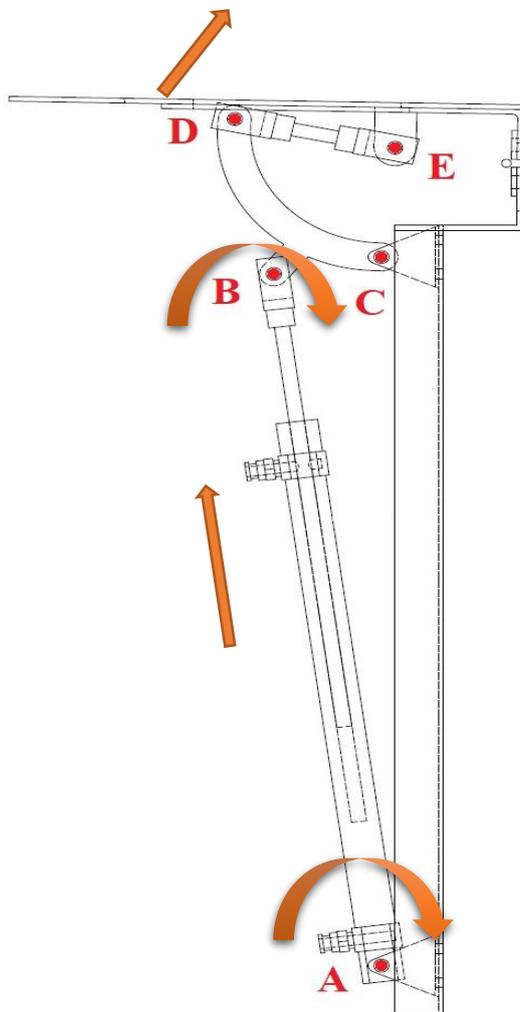
Es decir, el perfil seleccionado incrementa el factor de seguridad para la estructura, es importante resaltar que las cargas son estáticas y que los únicos elementos sometidos a movimiento de rotación y translación corresponde al cilindro neumático y eslabones conectados entre sí.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DISEÑO Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA

4.1. Análisis de resultados

El grado de libertad del mecanismo propuesto es igual a 2 lo que hace referencia que el mecanismo está diseñado para tener dos grados de libertad sobre un plano, en este caso los eslabones y juntas están sometidos a movimientos de rotación y traslación. En la figura 34 se muestran todos los pares cinemáticos sometidos a movimiento:



Análisis de pares cinemáticos

A: par cinemático de tipo I que trabaja en rotación.

B: par cinemático de tipo II que trabaja en rotación y traslación.

C: par cinemático de tipo I que trabaja en rotación.

D: par cinemático de tipo II que trabaja en rotación y traslación.

E: par cinemático de tipo I que trabaja en rotación.

Figura 35 Análisis gráfico de criterio de Grübler.

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

4.2. Fuerza y elemento crítico

La mayor fuerza aplicada en el mecanismo corresponde a la del cilindro neumático de 282.743 N sobre los pasadores o juntas la cual actúa como carga cortante.

No existe ninguna fuerza que pueda deformar a otro tipo de juntas, eslabones, estructura o paletas, en ciertos casos los pesos de algunos elementos son despreciables.

4.3. Factor de seguridad

Mediante el análisis realizado sobre el elemento crítico del pasador o junta se conoce que el diámetro óptimo sobre cargas cortantes hace referencia a 6.826 mm, para el diseño se implementó pasadores de diámetro 8 mm con el fin de incrementar el factor de seguridad sobre dichos elementos. Sobre la estructura se consideró las cargas muertas como es el caso de las guías, paletas, cilindros neumáticos y elementos de perfiles encontrando que el perfil seleccionado de 50X50X2 no presenta un sobredimensionamiento excesivo y que ofrece un factor de seguridad de 1.52, cabe resaltar que para las dimensiones de la máquina el perfil seleccionado es correspondiente en el punto de estética.

4.3. Análisis financiero

Resulta fundamental determinar el costo del proyecto para así, poder concretar si éste puede o no ser viable en su ejecución, así como el tiempo requerido para poder recuperar la inversión. Por ello, se analiza los costos directos e indirectos, los cuales se relacionan respectivamente con los materiales requeridos para la elaboración del proyecto y la construcción del mismo.

4.3.1. Mano de obra

Tabla 9 Costos de fabricación

CANT	DETALLE	USD
1	Elaboración de cubiertas de la máquina con material tool de 1,1 mm	75
1	Mano de obra fabricación máquina	550
1	Mano de obra y programación de logo	150
1	Fabricación de pasadores	25
1	Fabricación de paletas	120
	Total	920

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Para la fabricación de la plegadora de camisetas se contrató personal especializado en el área para evitar daños en los materiales y elementos seleccionados. En la figura 35 se observa a un operador trabajando en parte de la estructura.

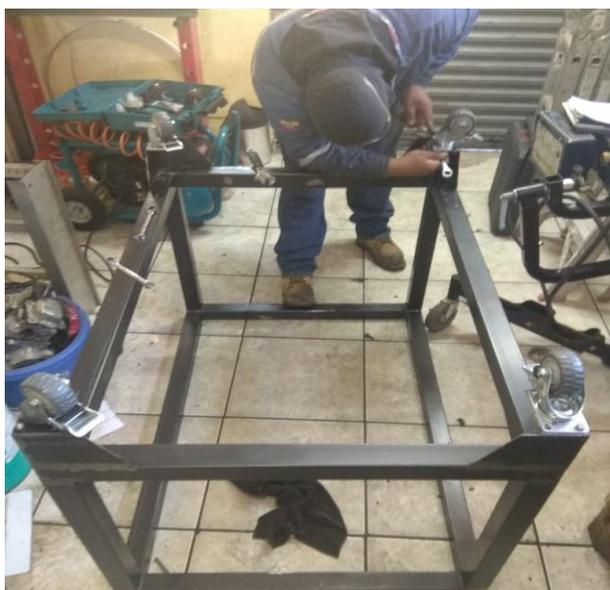


Figura 36 Proceso de fabricación
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

4.3.2. Materiales

Los materiales utilizados para la elaboración de la plegadora de camisetas se detallan a continuación:

Tabla 10 Materiales para la construcción de la plegadora de camisetas

CANT	DETALLE	USD
18	Acero plata para pasadores diámetro 8 mm y fabricación	16
12	Acoples pistón para el mecanismo	72
8	Acoples rápidos para pistones	20
1	Bloque de 5 electroválvulas 5/2 a 24 V	425,6
20 m	Cable para control número 16	20
1	Canaletas para cableado eléctrico	10
5	Corte bases paletas con material	89,77
25 cm	Eje 1/2 acero transmisión para tuercas de cubiertas de máquina	5
1	Expansor para el logo	90
1	Fuente de 24 v de 5A a 10 A	50
1	Gabinete eléctrico	50
4	Garruchas de 3 plg	60
4	Levas tipo R en corte al agua	55,74
1	Logo Siemens	300
1	Luz piloto	2,3
20 m	Manguera ¼	10
5	Material para paletas en aluminio	30
4	Pares de bisagras ocultas	7
1	Paro de emergencia con enclavamiento	3,5
2	Perfil Channel	10
10	Pernos M10X30 mm para sujeción de bases de paletas	5
	Pernos M4X40 mm con cas de seguridad para electroválvulas	2
4		
32	Pernos M5X25 mm con tuercas de seguridad para bisagras	12
20	pernos M6X12 mm para cubierta de máquina	5
16	Pernos M8X25 mm para garruchas	2
4	Pistones neumáticos diámetro 20mm y carrera 240mm	300
	Platinas y ángulos para fabricación de bases bisagras ocultas entre otros	35
1		
3	Pulsadores	10
1	Selector de 3 posiciones	4,5
4	Sensores magnéticos	40
2	Tubo cuadrado 50X50X1.5	42
1	Unidad de mantenimiento	30
Total		1814

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

4.3.3. Costos en mantenimiento

El costo de mantenimiento se considera en 20 USD mensuales asumiendo que el profesional no se demore más allá de dos horas. La plegadora necesita dos mantenimientos preventivos en el año, se deberá como mínimo revisar lo siguiente:

- Revisión de los paros de emergencia.
- Supervisión de los sistemas de control.
- Chequeo de los estados de los elementos neumáticos.
- Revisión del estado de las paletas.
- Limpieza de todos los componentes de la máquina.
- Controlar el sistema eléctrico.
- Verificar fugas de aire.

4.3.4. Costos por consumo de energía

Se tiene en cuenta el costo de energía eléctrica que en Ecuador es de 0.10 USD por kW·h [31]. Teniendo en cuenta un voltaje de 120 V y 5 A, un tiempo de trabajo de 8 horas al día durante 20 días al mes, se tiene:

$$P = E \cdot I \quad (23)$$

Donde:

P , Potencia [kW]

E , Energía [voltaje]

I , Intensidad de corriente [Amperaje]

$$P = E \cdot I = 110 [V] \cdot 5[A] = 1100 [W] = 0.55 [kW]$$

Consumo de Energía por unidad [kWh] = energía eléctrica [kW] · Tiempo [h]

$$\text{Consumo de Energía por unidad} = 0.55 [kW] \cdot 160[h] = 88 [kW \cdot h]$$

$$\text{Costo por energía} = 88 [kW \cdot h] \cdot 0.10 \frac{USD}{[kW \cdot h]}$$

$$\text{Costo por energía} = 8.8 \text{ USD}$$

4.3.5. Tiempo de recuperación de la inversión (Payback Period)

La máquina requiere un mantenimiento sencillo y no continuo. La producción de camisetas dobladas es de 400 unidades por hora. Considerando un período de trabajo de 8 horas diarias, se obtendría un total de 3200 camisetas dobladas al día y 64000 camisetas dobladas al mes.

El promedio aproximado de ventas es de 1300 camisetas mensuales, con un costo aproximado de 7 USD por unidad, por lo que se obtendrían 9100 USD al mes. De la misma manera, durante un año, teniendo en cuenta ya sea temporada alta o baja, se requiere un promedio de 3 trabajadores al mes para el proceso de doblado, a los cuales se les paga el sueldo básico de 400 USD mensuales.

La máquina requiere un solo operador para poder realizar el proceso, por lo que se tendría un ahorro en el sueldo de los demás trabajadores.

La inversión total de la plegadora de camisetas en este proyecto de investigación es de 2734.41 USD. Los ingresos para poder calcular el tiempo en el que recuperaremos la inversión se muestra en la tabla 8. Donde se toma la diferencia entre el ahorro generado en el pago de empleados al implementar la máquina y los gastos que genera mantener la máquina en funcionamiento.

Tabla 11 Ingresos mensuales

Concepto	USD
Ahorro por pago de empleados	1200
Pago de un empleado	-400
Mantenimiento	-20
Pago de energía eléctrica	-8,8
Ingresos	771,2

Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

Para calcular el periodo de recuperación de la inversión se utiliza la siguiente fórmula de Aguilar et al. Xiao-Qiong Wang [32].

$$PP = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ingreso}} [\text{meses}] \quad (24)$$

$$PP = \frac{2734.41}{771.2} = 3.55 [\text{meses}]$$

El periodo de recuperación nos indica en cuanto tiempo después de implementar la plegadora de camisetas se podrá recuperar el capital invertido por la adquisición de esta máquina, para nuestro caso será de apenas 4 meses aproximadamente. Se observa que es una muy buena inversión y brindará mejor calidad de doblado de las camisetas.

CONCLUSIONES

Una vez concluida la construcción y montaje de todos los elementos de la plegadora de camisetas se obtuvo una producción de 380 unidades dobladas en una hora. Esto se debe a que no se instaló sensores de finales de carrera en los pistones por su elevado costo en el mercado los mismos que fueron reemplazados por una programación en el LOGO controlado por tiempo.

Se seleccionó los siguientes componentes:

Para el material de la estructura de la máquina se optó por construir en hierro dulce por su bajo costo, durabilidad y presentación.

En el caso de las paletas fueron fabricadas en aluminio debido a su bajo peso, presentación y facilidad de maquinado.

Los pistones que se utilizó son neumáticos por el tipo de trabajo a realizar, costo y disponibilidad en el mercado.

Las electroválvulas elegidas son las de marca Airtag en función de su vida útil y fiabilidad.

El dispositivo de control que mejor se acopló a las necesidades en este proyecto es un LOGO de marca Siemens debido a que es fácil de programar, su fiabilidad, costo y disponibilidad del mercado.

El diseño de la máquina cumple con parámetros requeridos en el diseño ya que se validó en Autodesk Inventor. Se comprobó que la estructura puede soportar un peso superior a 237.94 [N], la trayectoria del mecanismo puede llegar a los 180° de rotación de las paletas y la fuerza cortante máximo en los pasadores del mecanismo es de 282.74 [N] en cada uno. Después de realizar el diseño en el software se rediseñó los elementos que no cumplían los requerimientos del movimiento del mecanismo.

El costo total de la plegadora de camisetas es de 2734.41 USD dentro de este valor está los materiales utilizados, la mano de obra y un margen de utilidad. Se puede recuperar la inversión en 4 meses después de la implementación. Máquinas importadas de similares características están a un valor aproximado de 5000.00 USD en el mercado local; si empresas textiles adquieren el equipo tienen un ahorro aproximado de 45 %.

RECOMENDACIONES

Para adecuado funcionamiento de la máquina es necesario guiarse en el manual de operación en la cual se indica al operario los pasos a seguir para poder manipular la plegadora.

Se recomienda realizar mantenimientos preventivos trimestral, semestral y anual y verificar visual y auditivamente diariamente que todos los elementos de que componen la máquina no tengan alguna avería.

Para limpiar la máquina se recomienda solamente usar aire comprimido por los componentes electrónicos y los residuos que genera la tela de las camisetas.

Respetar las señaléticas incluidas en la periferia de la plegadora para evitar mal uso y accidentes laborales de los operario o personal de mantenimiento.

Una vez realizado el diseño de la máquina se recomienda verificar la disponibilidad de los equipos y elementos en el mercado local para evitar altos costos de fabricación y contratiempos en la construcción.

BIBLIOGRAFÍA

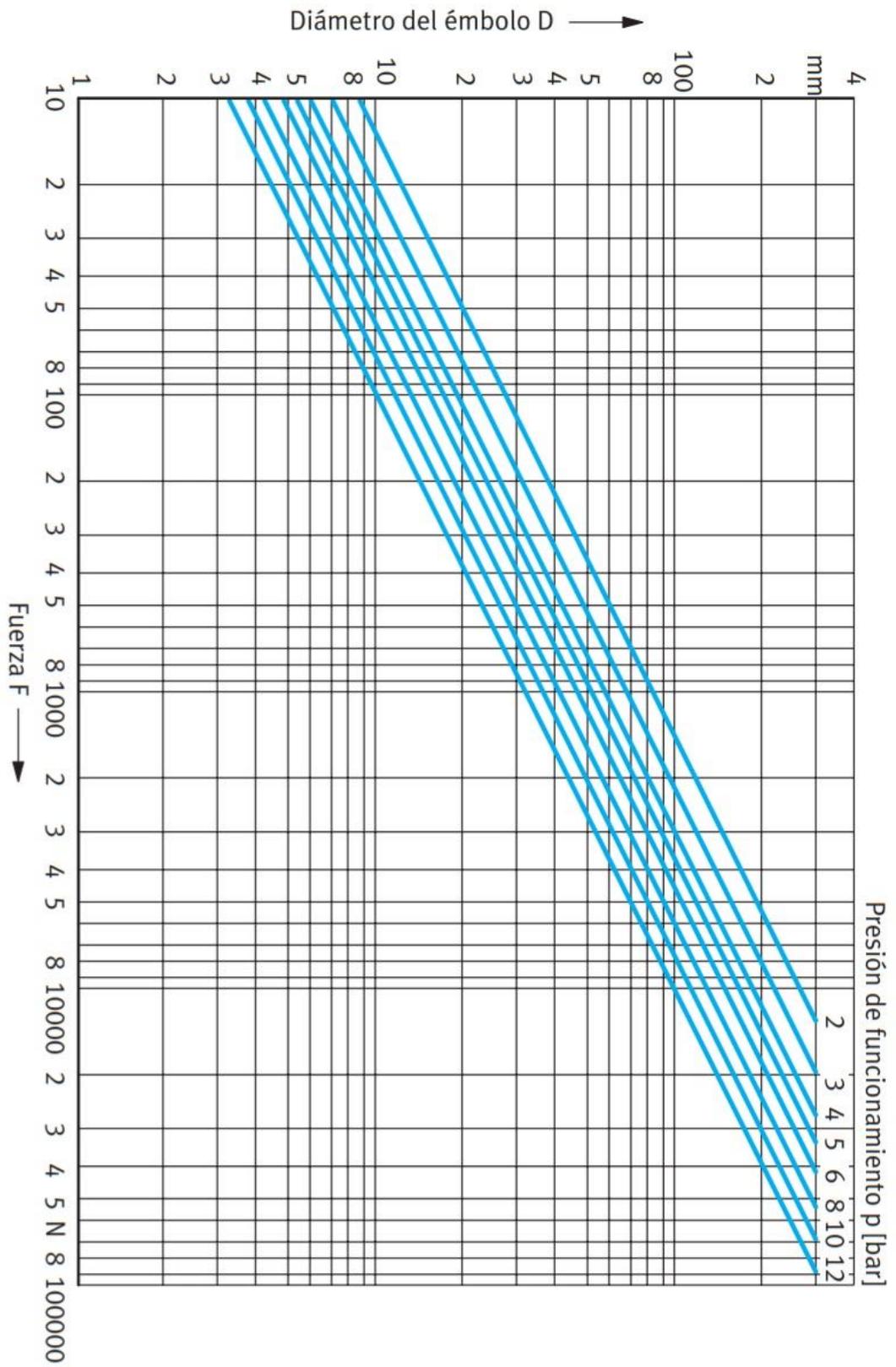
- [1] R. De Luna, «Automatización de un proceso de doblado de camisas,» *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, vol. ISSN 2007, nº 8412, p. 12, 2016.
- [2] T. G. P. Ponsa, «Diseño Industrial,» *Diseño y automatización industrial*, vol. 1, nº 1, p. 30, 2012.
- [3] HELLA, «Relés y componentes con relé,» [En línea]. Available: https://www.hella.com/municipal/assets/media/845_Relays_Brochure_HELLA_ES.pdf. [Último acceso: 2019].
- [4] J. Machado M, «Automatización de los procesos Productivos en la planta II División Partes y Piezas para la Empresa Indurama S.A.,» Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Cuenca, 2019.
- [5] J. Miranda, J. Muños, J. Soto, J. Armendáriz y L. Domínguez, «Dobladora Automática,» UACJ, Juarez, México, 2019.
- [6] D. P. P. Becerra, «La globalización y el crecimiento empresarial a través de estrategias de internacionalización,» *Revista científica Pensamiento y Gestión*, nº 28, pp. 5-7, 2013.
- [7] M. A. M. José, «Automatización del sistema de control de la máquina,» vol. 41, nº 1, pp. 1-4, 2018.
- [8] P. Antón, «Ministerio de Educación , Cultura y Deporte del Gobierno de España,» 2017. [En línea]. Available: http://descargas.pntic.mec.es/mentor/visitas/escalar_patron_modelo.pdf. [Último acceso: 2019].
- [9] S. Kumra, L. Sharma y A. Chattri, «Analysing an industrial automation pyramid and providing service oriented architecture,» *International Journal of Engineering Trends and Technology*, vol. 3, pp. 586-594, 2012.
- [10] J. Armesto , «Instalación de Sistemas de Automatización y Datos,» Universidade de Vigo, Vigo, 2008.
- [11] Siemens, «Siemens,» 2018. [En línea]. Available: <http://siemenslogo.com/que-es-un-siemens-logo/>. [Último acceso: Diciembre 2019].

- [12] FESTO, «Neumática Electroneumática Fundamentos,» Festo Didactic GmbH & Co, Denkendorf, Alemania, 2010.
- [13] R. Alphonsus y M. Adbullah, «A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs),» *ELSEVIER - Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 1186-1199, 2016.
- [14] J. Zaytoon y B. Riera, «Synthesis and implementation of logic controllers,» *ELSEVIER - Annual reviews in Control*, pp. 1-17, 2017.
- [15] M. Moreno, «Controlador Lógico Programable (PLC),» Automación Micromecánica s.a.i.c., Buenos Aires, Argentina, 2016.
- [16] PAC, «Controladores Industriales Inteligentes,» Lifelong Learning, UNED, Madrid, 2011.
- [17] G. Villegas y M. Salgado, «Importancia y utilización del estándar ANSI/ISA S5.1,» *InTech México Automatización*, vol. 10, nº 1, 2019.
- [18] Burkert, «Burkert,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.burkert.com/en/Media/plm/DTS/DS/DS6527-Standard-ES-ES.pdf?id=DTS00000000000000001000049965ESB>. [Último acceso: diciembre 2019].
- [19] Festo, «Festo,» Mayo 2018. [En línea]. Available: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/GRLO-VFFS_ES.PDF. [Último acceso: Diciembre 2019].
- [20] R. Garza y . C. González, «Apply multicriteria methods for critical alternative selection,» *Dyna*, vol. 81, nº 188, pp. 125-130, 2014.
- [21] [En línea]. Available: https://www.google.com/search?q=autimak&client=ms-android-xiaomi&prmd=imvn&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjR1_vwwMvjAhVRj1kKHfIUdSEQ_AUIFygB&biw=360&bih=560.
- [22] M. Ruiz, C. Garay y R. Martínez, «El aluminio, material trascendente en la,» *Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMA V)*, vol. 21, nº 61, pp. 3 - 9, 2017.
- [23] A. Avello, *TEORÍA DE MÁQUINAS*, Segunda Edición ed., Tecnun (Universidad de Navarra), 2014.

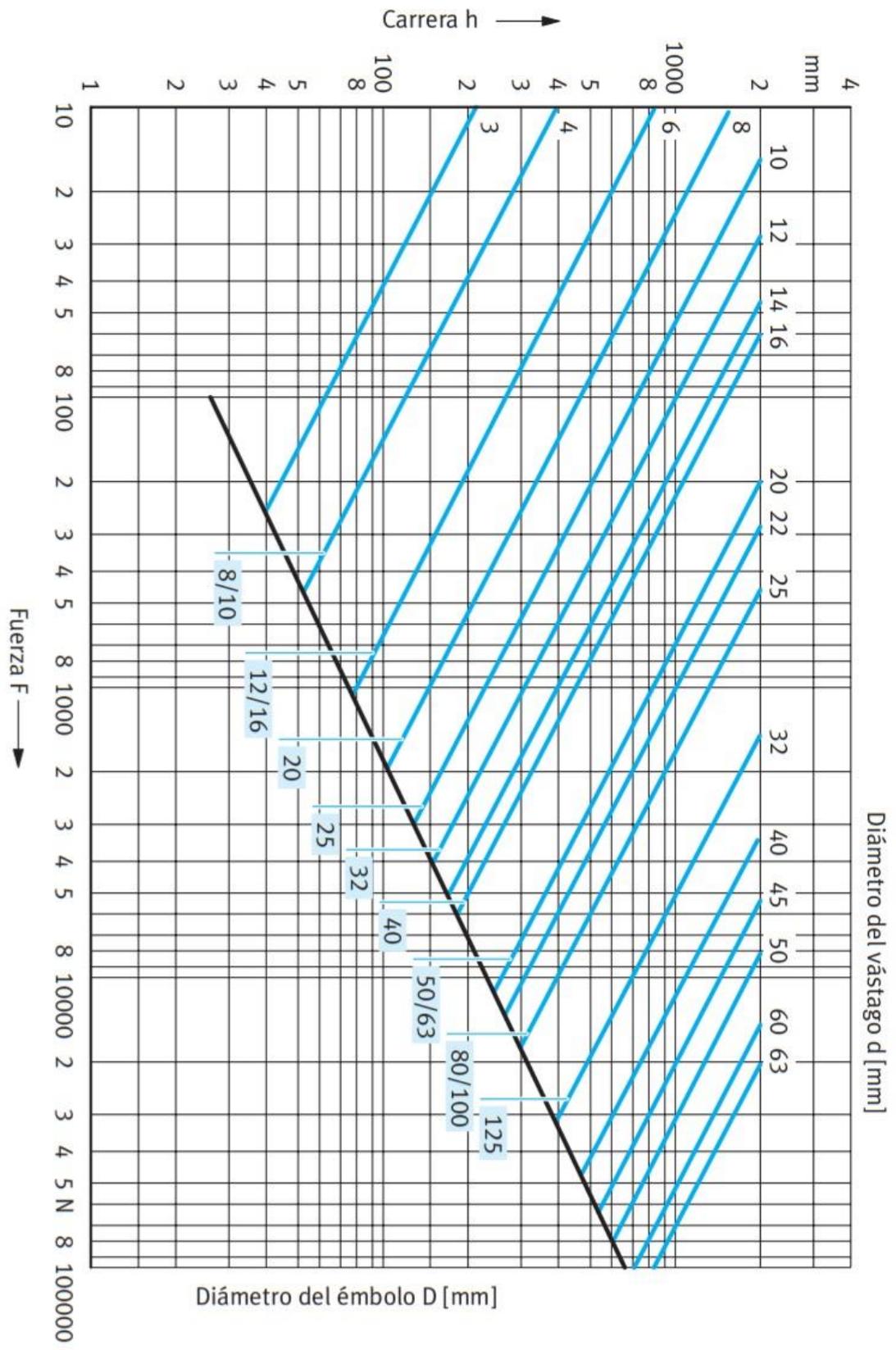
- [24] R. G. Budynas y K. J. Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V., 2012.
- [25] R. G. Budynas y K. J. Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, Octava edición ed., México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2008.
- [26] J. McCormac y R. E. Elling, *Análisis de estructuras Métodos clásicos y tricial*, México: Ediciones Alfaomega, S.A. de C.V., 1994.
- [27] B. Ferdinand P., E. R. Johnston Jr. y P. J. Cornwell, *MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS MECÁNICA*, Novena Edición ed., México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V., 2010.
- [28] J. Dos Santos, H. Chowdhury, M. Thirugnanasambandam y T. Chowdhury, «Energy, exergy, sustainability, and emission analysis of industrial air compressors,» *Elsevier*, vol. 231, n° 1, pp. 183-195, 2019.
- [29] Ingeniería SkyCiv, «Calculadora de vigas gratis en línea para voladizo o vigas simplemente apoyadas,» SkyCiv CLOUD ENGINEERING SOFTWARE, 2017. [En línea]. Available: <https://skyciv.com/es/free-beam-calculator/>. [Último acceso: 17 01 2020].
- [30] DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, «EJE AISI 1018,» DIPAC MANTA S.A., 2016. [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/aisi-1018-transmission>. [Último acceso: 20 01 2020].
- [31] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, «Agencia de Regulación y Control de Electricidad,» [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/2018-01-11-Pliego-y-Cargos-Tarifarios-del-SPEE-20182.pdf>. [Último acceso: Diciembre 2019].
- [32] X. Wang, P. Li y Y. Rong Li, «Payback period estimation and parameter optimization of subcritical organic Rankine cycle system for waste heat recovery,» *Elsevier*, vol. 88, pp. 734-745, 2015.
- [33] A. C. Solé, *Neumática E Hidráulica*, Spain: Marcombo Ediciones Técnicas, Enero 2011.

- [34] J. Rodriguez, «Software: Sistemas operativos y aplicaciones,» URJC, Madrid, 2019.
- [35] «Premier Equipment Solutions, INC,» [En línea]. Available: <http://premierequipmentsolutions.com/okuma-a911-3057-dn-oc16pc2-module-sd12939>. [Último acceso: 2019].
- [36] Festo, «Festo,» Mayo 2018. [En línea]. Available: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/GRLO-VFFS_ES.PDF. [Último acceso: Diciembre 2019].

ANEXOS



Anexo 1 Diagrama presión fuerza [12].



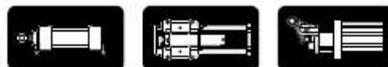
Anexo 2 Diagrama de pandeo [12].



Símbolo	Descripción
	Válvula de control direccional Válvula de dos vías, cerrada posición normal
	Válvula de control direccional Válvula de dos vías, abierta posición normal
	Válvula de control direccional Válvula de 3 vías, cerrada posición normal
	Válvula de control direccional Válvula de 3 vías, abierta posición normal
	Válvula de control direccional Válvula de 3 vías, cerrada posición neutra
	Válvula de control direccional Válvula de 4 vías,
	Válvula de control direccional Válvula de 4 vías, cerrada posición neutra
	Válvula de control direccional Válvula de 4 vías, escape posición neutra
	Válvula de control direccional Válvula de 5 vías,
	Válvula de control direccional Válvula de 5 vías, cerrada posición neutra

Símbolo	Descripción
	Válvula de control direccional Válvula de 5 vías, escape posición neutra
	Válvula de control direccional Válvula de 5 vías, abierta posición neutra
	Control manual general
	Control manual Botón
	Palanca control manual
	Pedal control manual
	Palpador control mecánico
	Muelle control mecánico
	Rodillo control mecánico
	Rodillo de control mecánico escamoteable
	Electroválvula con una bobina
	Electroválvula con dos bobinados actuando opuestamente
	Control combinado por electroválvula y válvula de pilotaje
	Control de presión
	Selector
	Relé electropneumático
	Indicador neumático
	Silenciador
	Control de presión Válvula accionam. neumático
	Componente mecánico bloqueo

Anexo 3 Símbolos neumáticos [12].



Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
	Cilindro de efecto simple, vástago simple, carrera de retroceso por fuerza externa		Cilindro de efecto simple, vástago simple, carrera por resorte, carrera de retroceso por presión de aire
	Cilindro de doble efecto, vástago simple		Cilindro de efecto simple, vástago simple antigiro, carrera por resorte, carrera de retroceso por presión de aire
	Cilindro de doble efecto, vástago simple antigiro		Cilindro de doble efecto, con amortiguación ajustable en ambos extremos, vástago simple
	Cilindro de doble efecto, montaje muñón trasero, vástago simple		Cilindro de doble efecto, con amortiguación ajustable en ambos extremos, vástago doble
	Doble efecto cilindro hidroneumático, vástago simple		Cilindro sin vástago de arrastre magnético
	Cilindro de doble efecto, doble vástago		Cilindro de doble efecto, vástago simple, con regulador de caudal integrado
	Cilindro de doble efecto, con vástago antigiro en ambos extremos		Cilindro de doble efecto, vástago doble, con regulador de caudal integrado
	Doble efecto cilindro hidroneumático, con doble vástago		Cilindro con lectura de carrera, vástago simple
	Cilindro de efecto simple, vástago simple, carrera de retroceso por resorte		Cilindro con lectura de carrera, con freno, vástago simple
	Cilindro de efecto simple, vástago simple antigiro, carrera de retroceso por resorte		Cilindro de doble efecto, con bloqueo, vástago simple

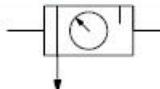
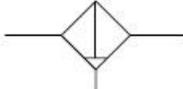
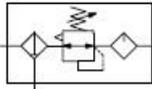
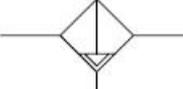
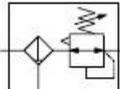
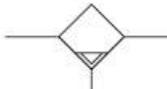
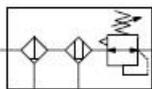
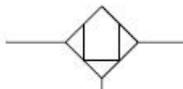
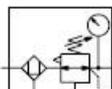
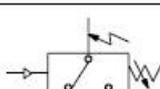
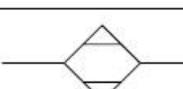
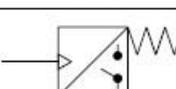
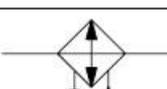
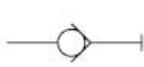
Anexo 4 Símbolos neumáticos [12].



Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
	Accionador de semigiro, doble efecto		Válvula de seguridad reguladora de caudal. Control de sistema de salida: Válvula de regulación de caudal con cilindro función de regulador de caudal, mariposa, función de alimentación de aire rápido
	Válvula de control de caudal ajustable con silencioso		Válvula de seguridad reguladora de caudal. Control de sistema de entrada: Válvula de regulación de caudal con cilindro función de regulación de caudal y de alimentación de aire rápida
	Válvula antirretorno		Eyector de vacío, válvula de soplado de vacío
	Válvula antirretorno, válvula de regulación de caudal en un sentido, regulable		Eyector de vacío, válvula de soplado de vacío con silenciador incorporado
	Válvula antirretorno, regulador de caudal doble con conexión instantánea		Eyector de vacío multietapas, válvulas de escape de vacío con filtro y silenciador incorporado
	Válvula antirretorno, válvula de escape rápido		Eyector de vacío multietapas, válvulas de escape de vacío con filtro, silenciador incorporado y manómetro para vacío
	Válvula antirretorno, válvula de escape rápido doble efecto con silenciador		Eyector de vacío multietapas, válvulas de escape de vacío con filtro, silenciador incorporado y vacuostato
	Válvula antirretorno, válvula de escape rápido doble efecto con regulador de escape de caudal y silenciador		Vacuostato
	Válvula antirretorno, regulador de caudal con válvula de soplado de presión residual		Filtro
	Válvula antirretorno, regulador de caudal con válvula antirretorno pilotada		

Anexo 5 Símbolos neumáticos [12].



Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
	Válvula de control de la presión, Regulador de presión de alivio, regulable		Unidad de servicio (gráfico simplificado)
	Filtro con colector de agua		Combinación de filtro, regulador y lubricador
	Filtro con colector de agua, purga automática		Combinación de filtro y regulador
	Colector de agua con purga automática		Combinación de Filtro, separador de neblina y regulador
	Separador de neblina		Combinación de Separador de neblina, regulador y manómetro de presión
	Filtro micrónico		Multiplicador de presión neumático, accionamiento manual
	Lubricador		Presostato neumático
	Secador		Presostato neumático
	Refrigerador		Depósito
	Manómetro de presión neumática		Válvula antirretorno, Válvula antirretorno sin resorte

Anexo 6 Símbolos neumáticos [12].



Carrera de Ingeniería Mecánica
Trabajo de Titulación
Autores: Bravo Jefferson,
David Sánchez
Encuesta previa para el trabajo de
titulación como Ingenieros Mecánicos

Nombre empresa: CORNEJO TEX CIA. LTDA.
 Lugar: ZAMBUZA CALLE QUITO OE4-115 Y BENDICABAR
 Fecha: 12/07/2019

1. ¿Cuál es la producción aproximada de camisetas por día en temporada alta y baja?

Temporada Alta (meses.....)	Temporada Baja(meses.....)
0 a 499 ()	0 a 499 ()
500 a 999 ()	500 a 999 ()
1000 a 1499 ()	1000 a 1499 ()
1500 a 1999 ()	1500 a 1999 (x)
2000 a 2499 ()	2000 a 2499 ()
2500 a 3000 ()	2500 a 3000 ()
Mayor de 3000 (x).....	Mayor de 3000 ().....

2. ¿Cuántas ventas en promedio de camisetas se realizan mensualmente?

Temporada Alta (meses.....)	Temporada Baja(meses.....)
0 a 499 ()	0 a 499 ()
500 a 999 ()	500 a 999 ()
1000 a 1499 ()	1000 a 1499 ()
1500 a 1999 ()	1500 a 1999 ()
2000 a 2499 ()	2000 a 2499 ()
2500 a 3000 ()	2500 a 3000 ()
Mayor de 3000 (x).....	Mayor de 3000 (x).....

3. ¿Cuántos operarios trabajan en la parte de doblado de camisetas?

Temporada Alta	Temporada Baja
0 a 5 ()	0 a 5 ()
5 a 10 ()	5 a 10 (x)
10 a 15 (x)	10 a 15 ()
15 a 20 ()	15 a 20 ()
Más de 20 ().....	Más de 20 ().....

4. ¿Trabajan en turnos rotativos?

Si (x)
 No ()

5. ¿Trabajan en jornadas de:

8 horas (x)
 12 horas ()

CORNEJO TEX
 INDUSTRIA TEXTIL

Anexo 7 Encuesta a CornejoTEX Cia. Ltda.

FABRICACIÓN DE LA PLEGADORA DE CAMISETAS



Anexo 8 Corte y fabricación de la estructura de la máquina
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



Anexo 9 Fabricación de bases para las paletas
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



Anexo 10 Fabricación de bases de paletas y pistones neumáticos
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



Anexo 11 Montaje de bisagras y bases de paletas
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



Anexo 12 Fabricación de acoples
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



Anexo 13 Elaboración de paletas en aluminio
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



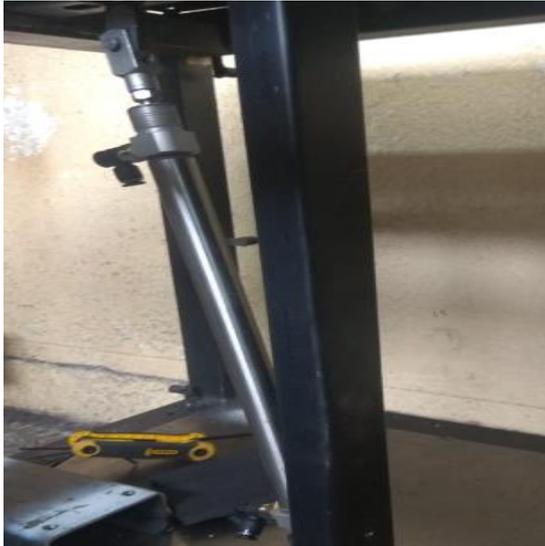
Anexo 14 Montaje de paletas de aluminio en el mecanismo
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



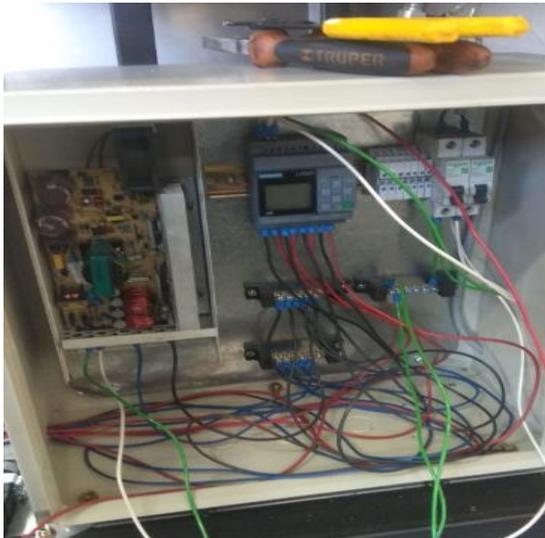
Anexo 15 Montaje e instalación de chapas metálicas y garruchas o ruedas de la maquina
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



Anexo 16 Fabricación y pintura de tanque o pulmón
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



Anexo 17 Montaje de accesorios neumáticos
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



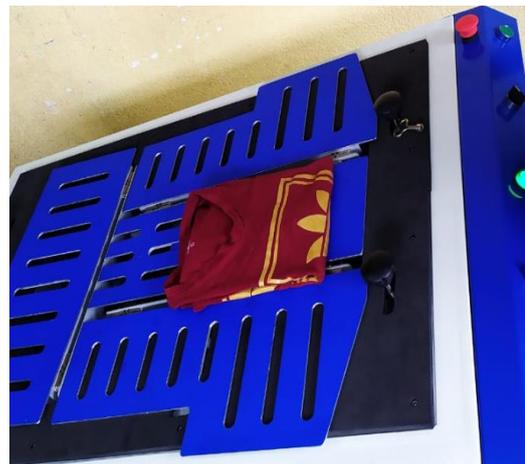
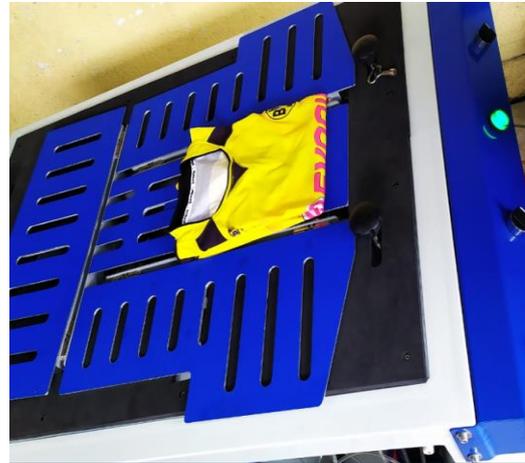
Anexo 18 Montaje de gabinete eléctrico e instalaciones eléctricas
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.



Anexo 19 Montaje del mecanismo después de la pintura
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

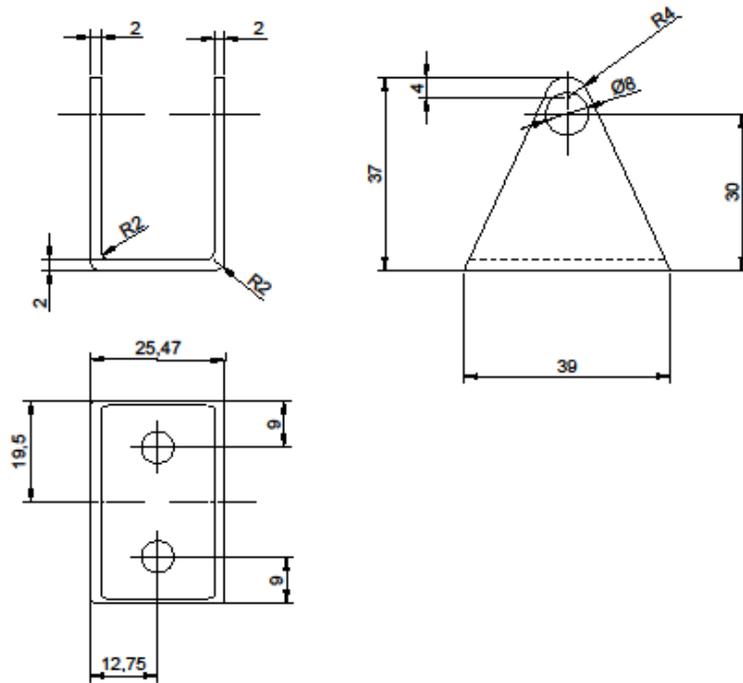


Anexo 20 Pegado de láminas protectoras de paletas y señaléticas
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

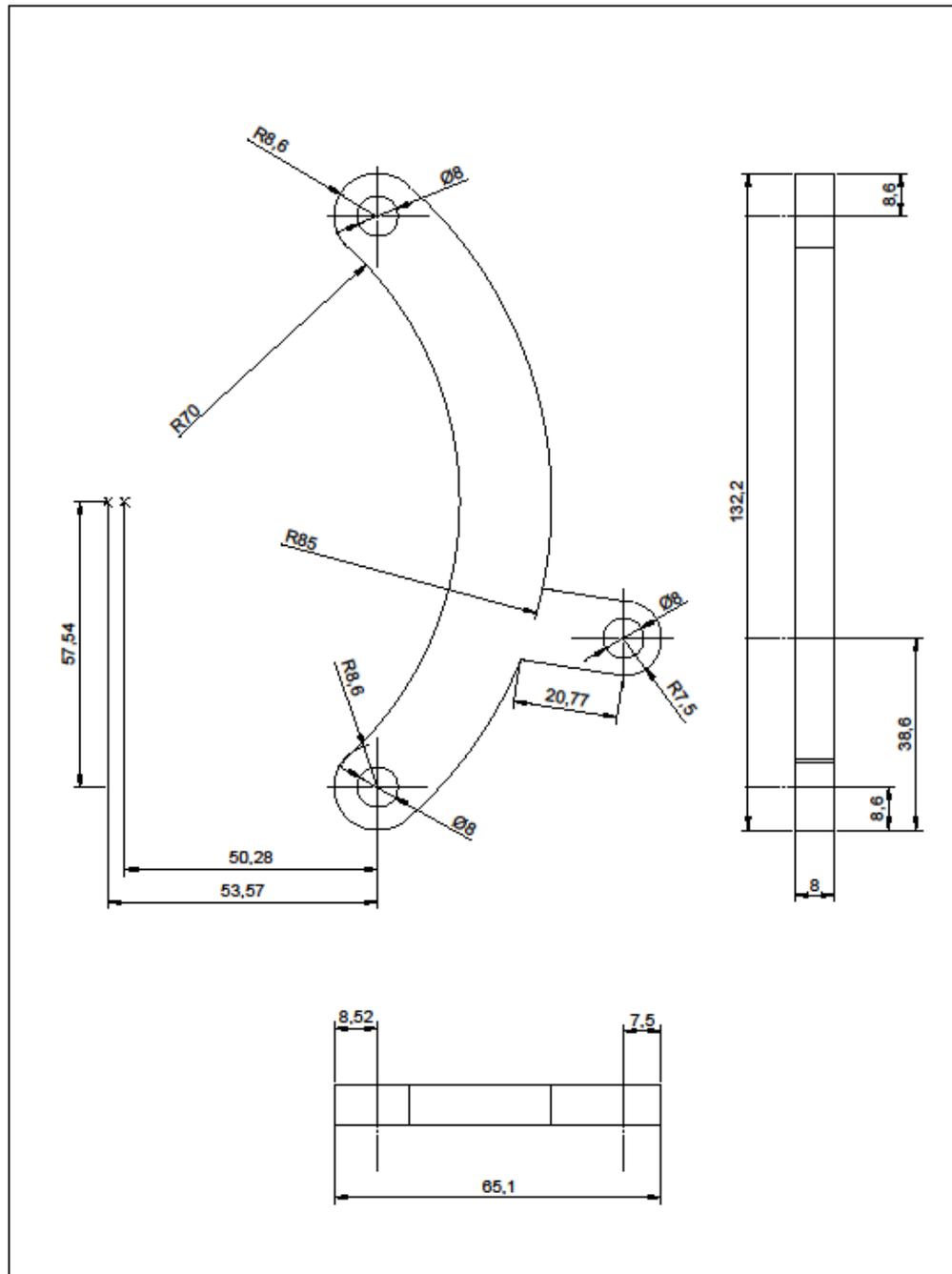


Anexo 21 Pruebas de doblado de la máquina
Elaborado por: Jefferson Bravo & David Sánchez.

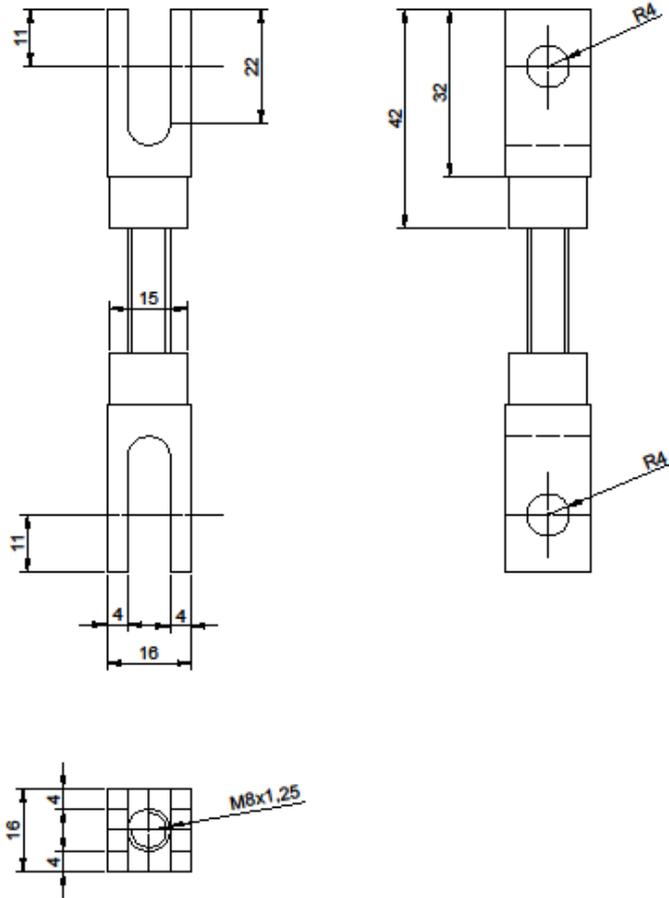
PLANOS



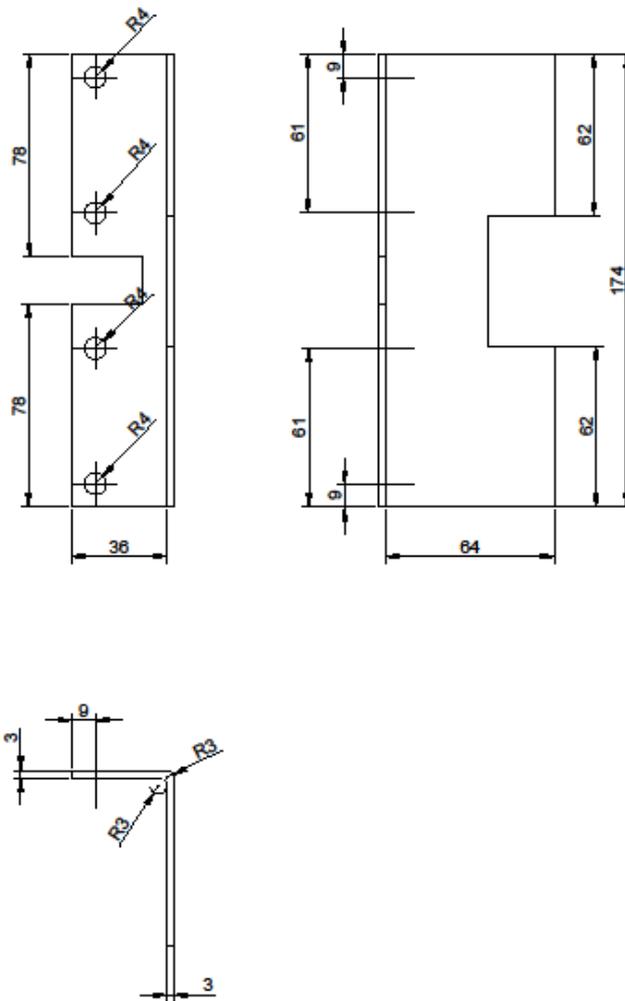
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
BASE TRIANGULAR	Escala: 1:1	01.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



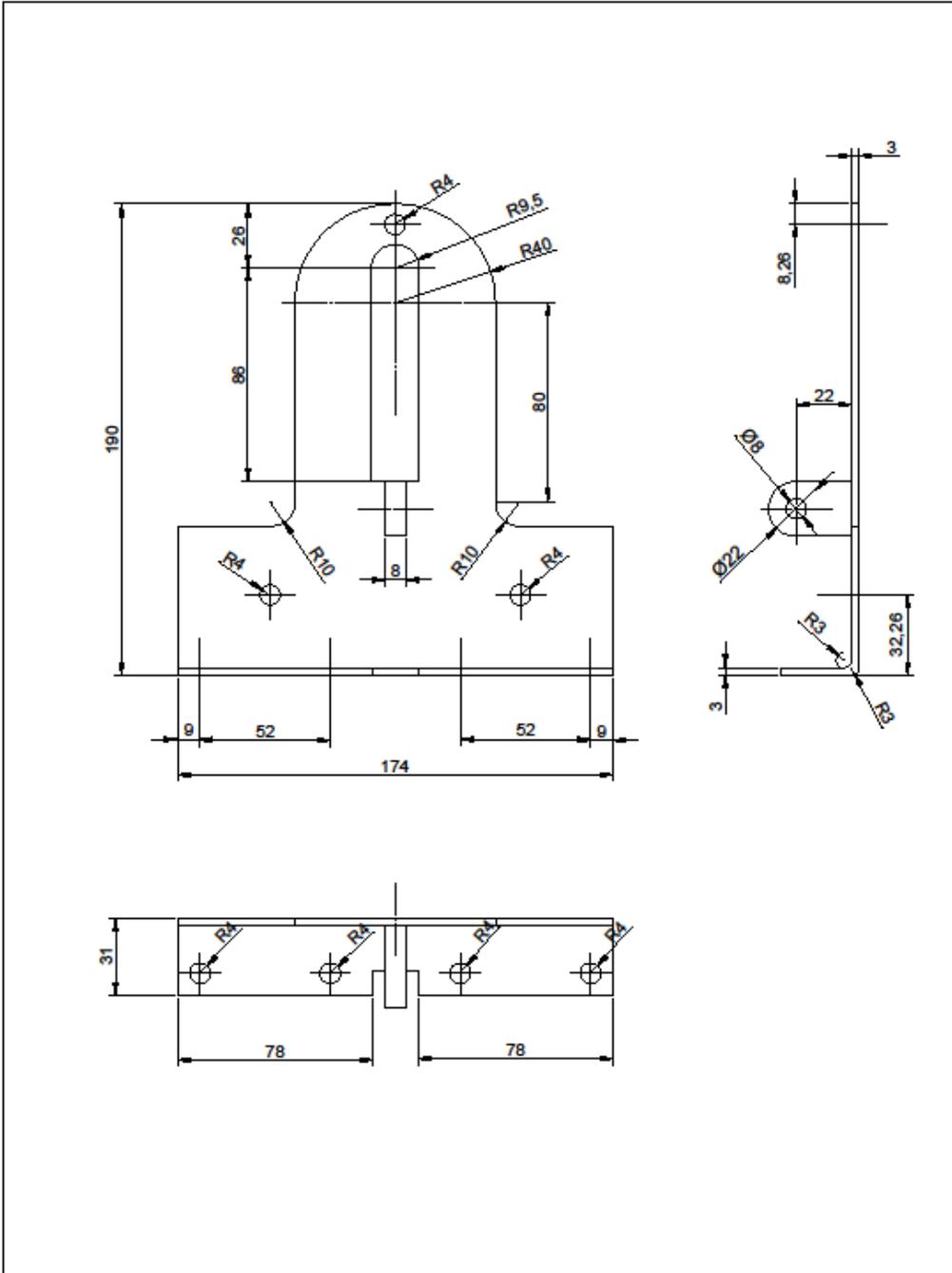
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
ESLABON TERNARIO	Escala: 1:1	02.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



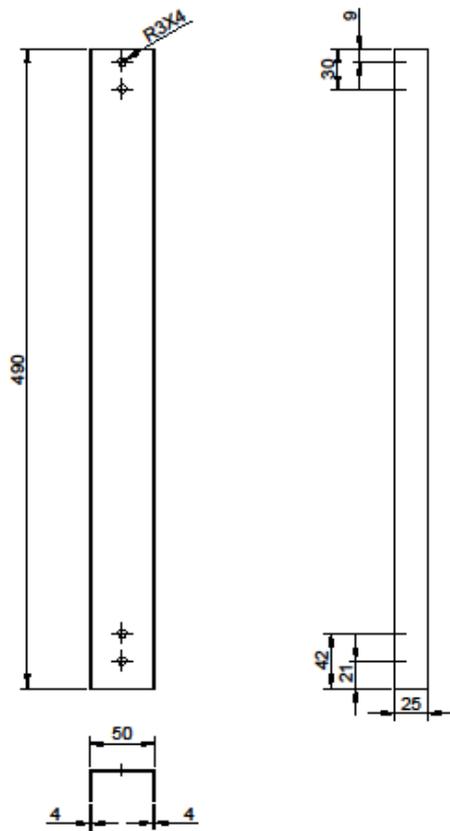
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
ESLABON PRIMARIO 2	Escala: 1:1	03.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



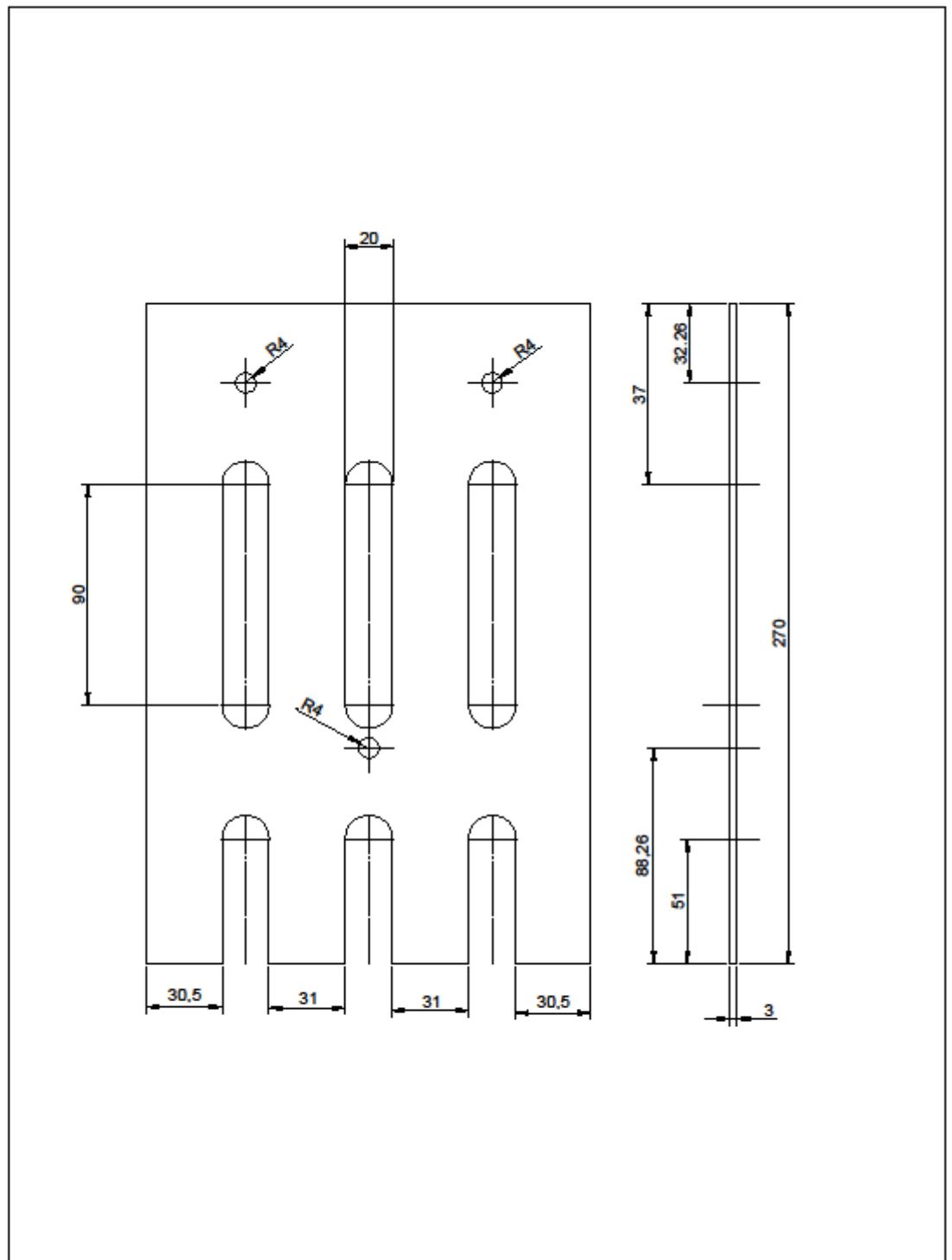
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
PERFIL BASE PALETA 1	Escala: 1:2	04.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



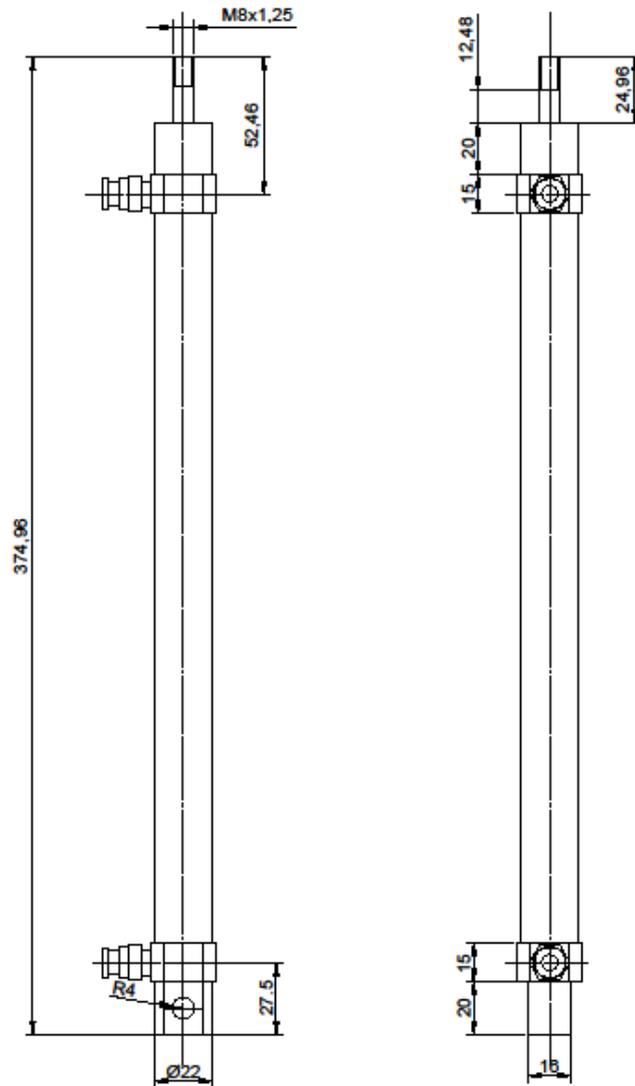
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
PERFIL ACOPLE PALETA 1	Escala: 1:2	05.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



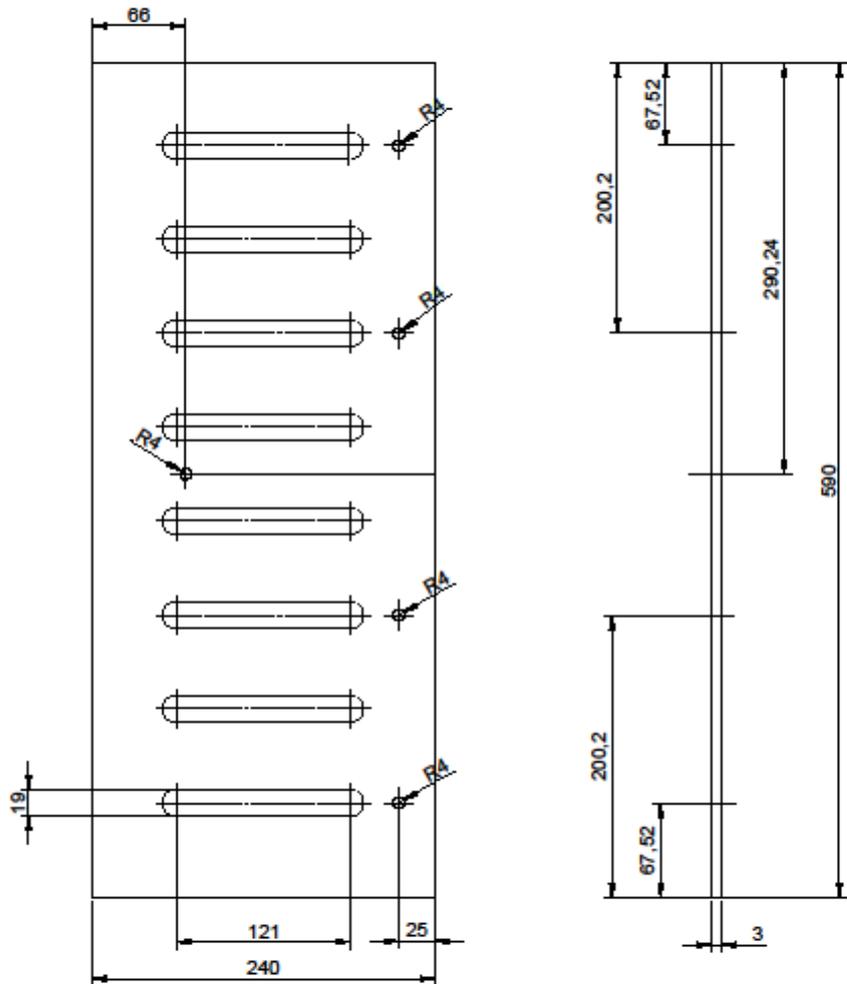
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
BASE DE CILINDRO	Escala: 1:4	06.9668.20	Tol. Gen. ± 0.5	



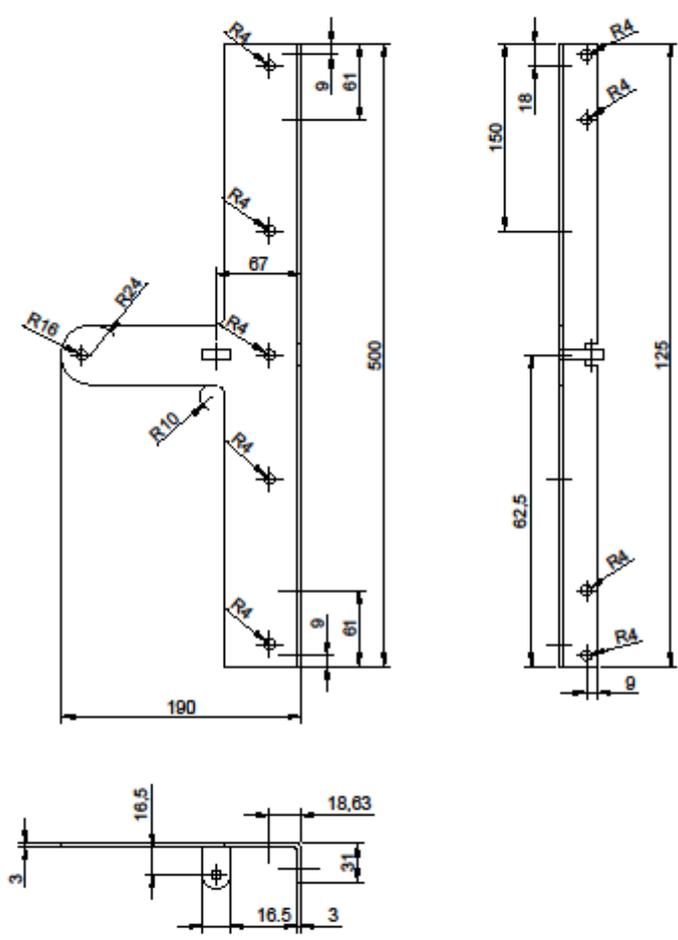
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
PALETA 1	Escala: 1:2	07.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



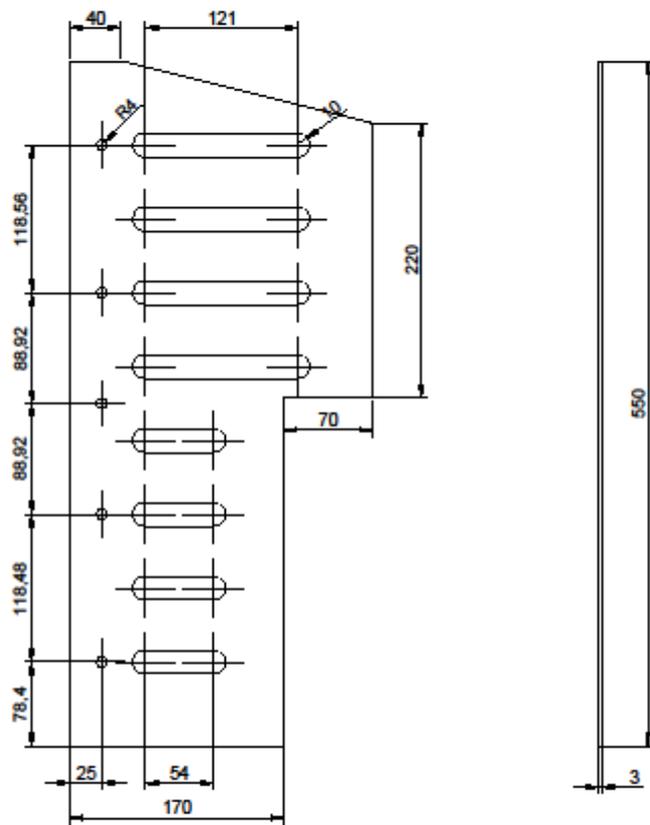
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
CILINDRO NEUMATICO	Escala: 1:2	08.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



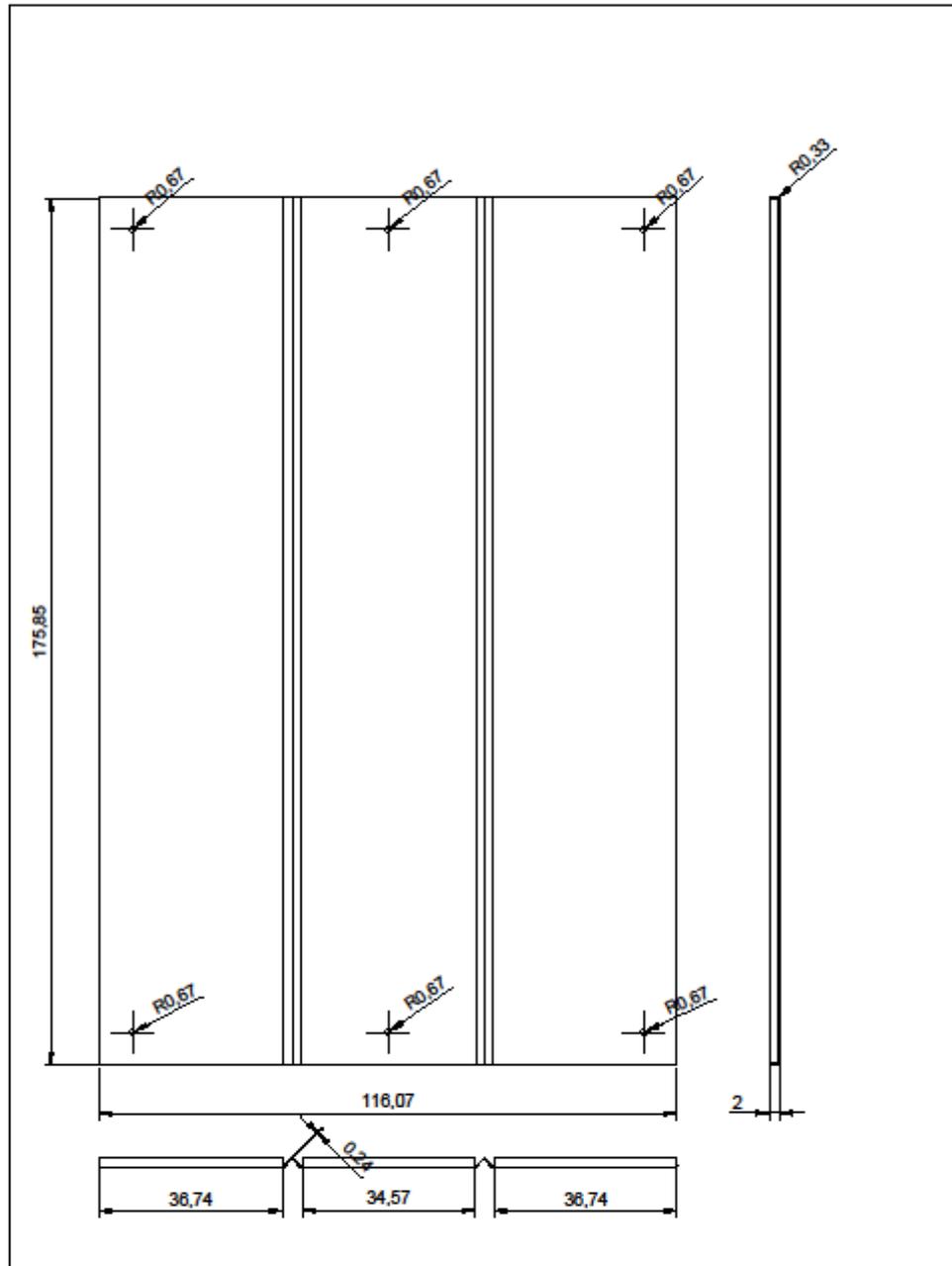
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
PALETA 2	Escala: 1:4	09.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



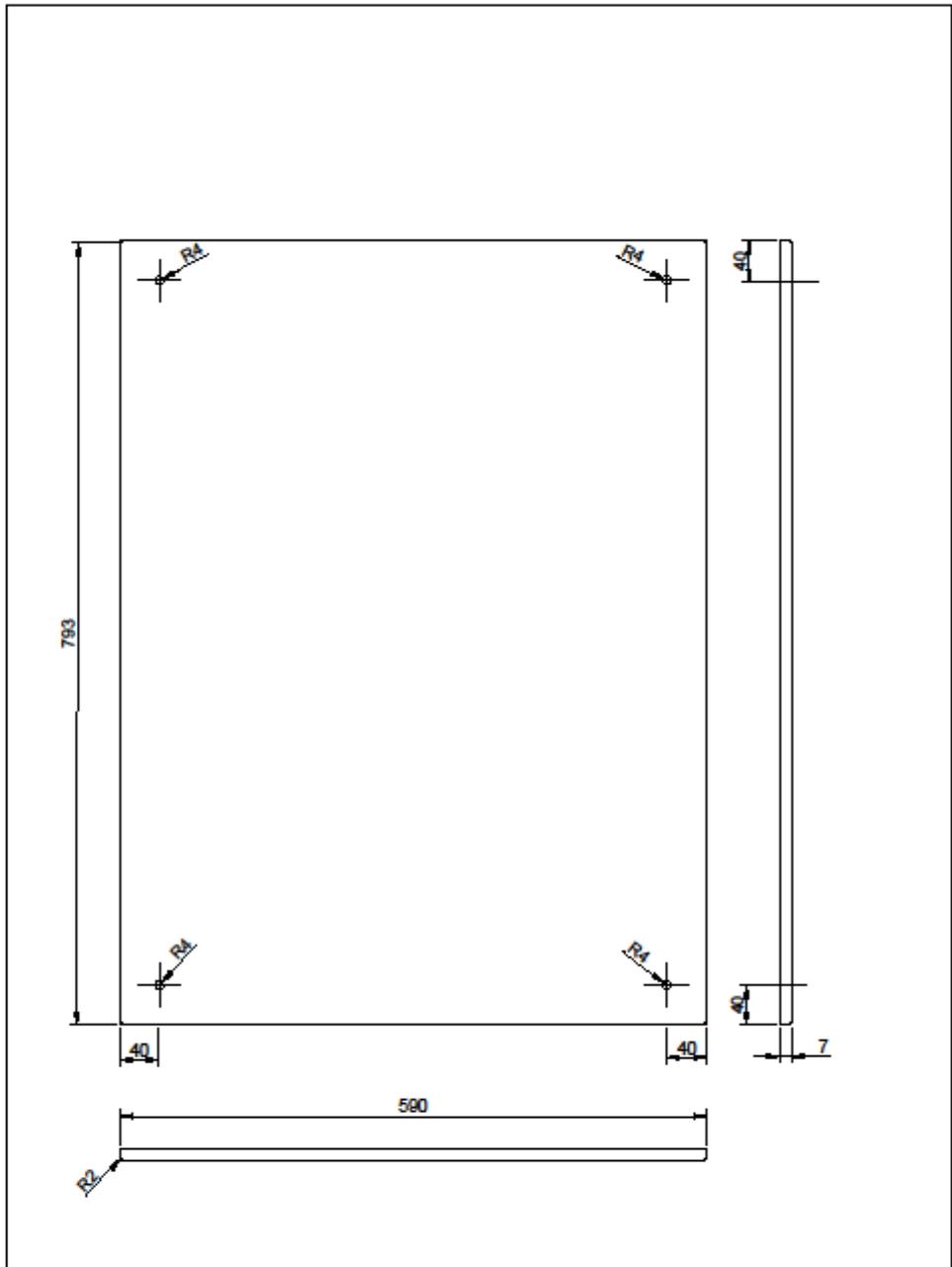
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
PERFIL ACOPLE PALETA 2	Escala: 1:4	10.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



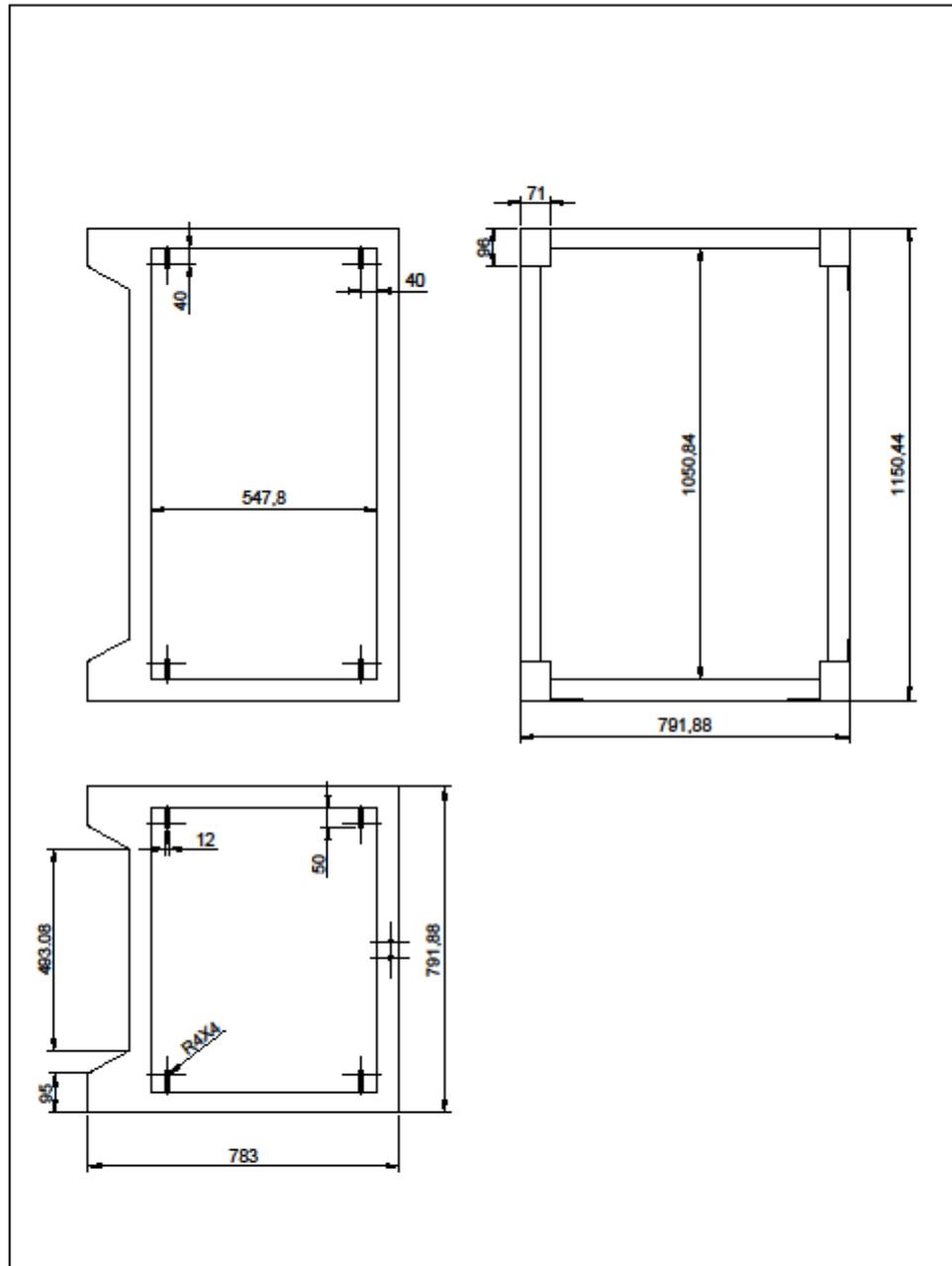
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
PALETA 3	Escala: 1:4	11.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



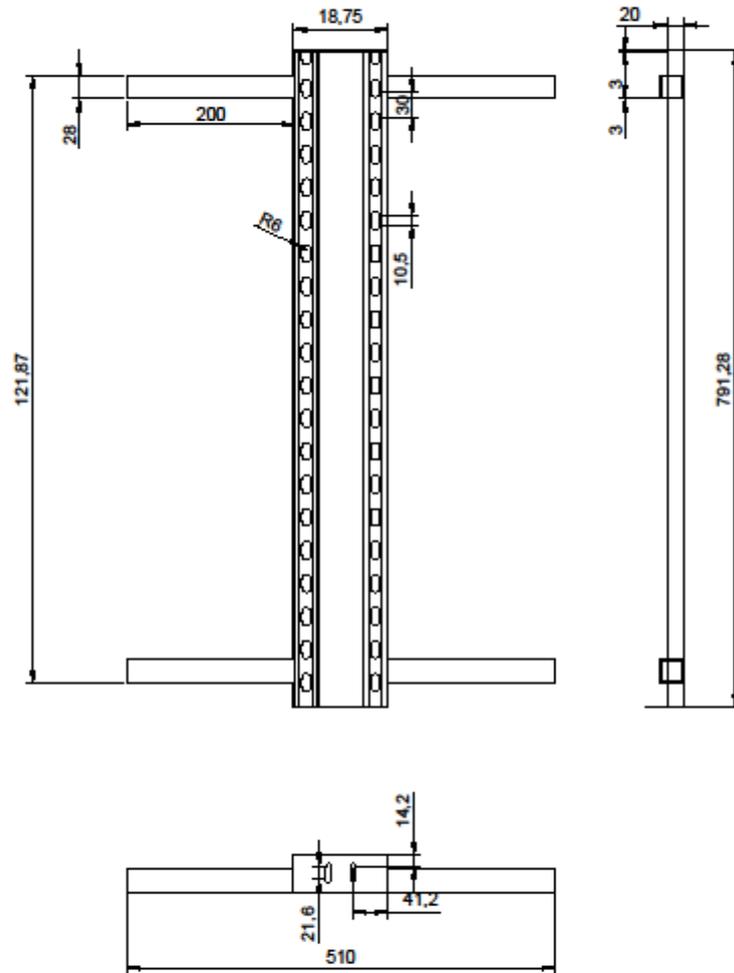
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
TAPA LATERAL	Escala: 1:6	12.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



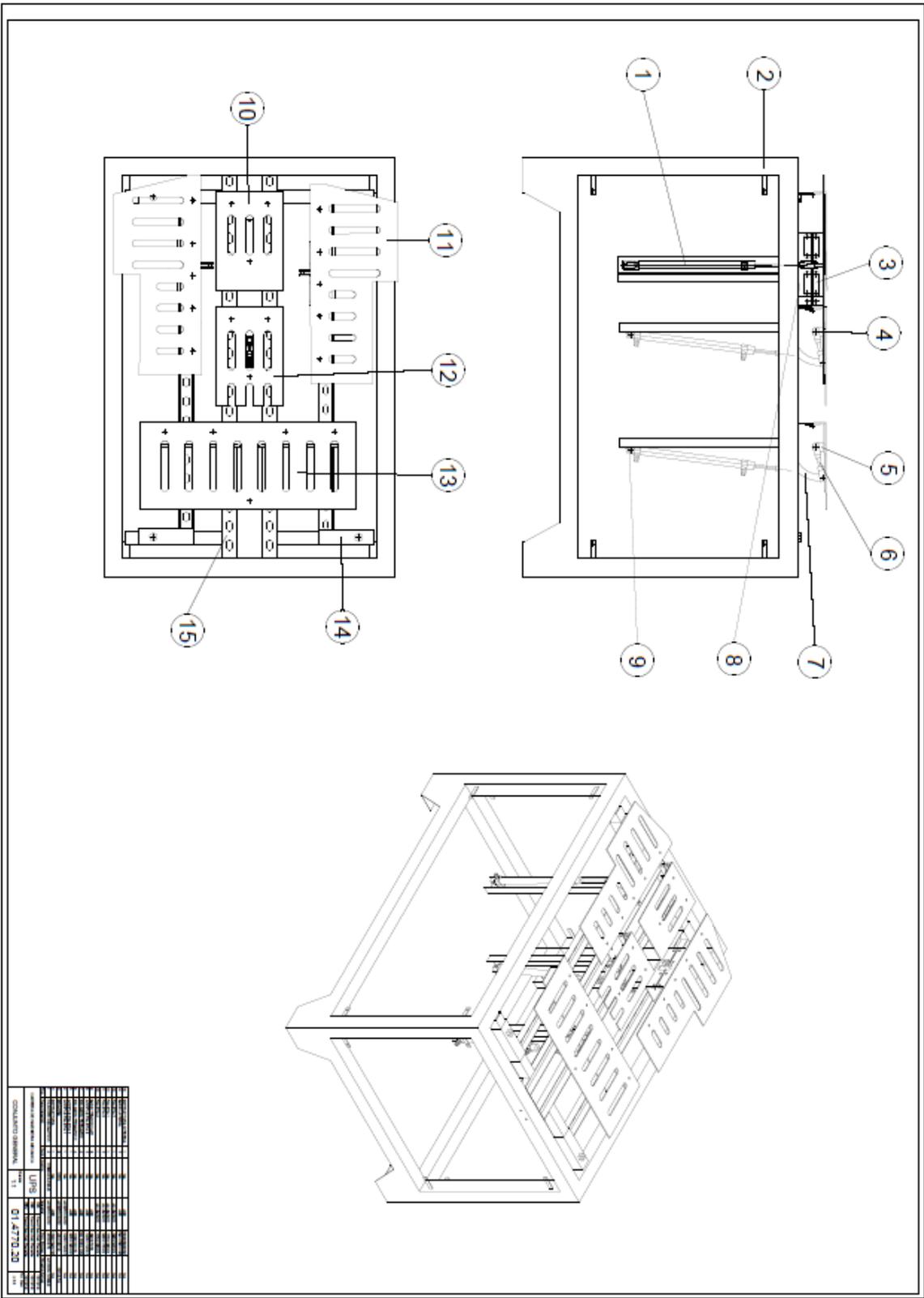
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
TAPA FRONTAL	Escala: 1:5	13.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
ESTRUCTURA	Escala: 1:12	14.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	DIS	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		DIB	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
		REV	Jefferson Bravo Zambrano	12/12/19
ESTRUCTURA INTERNA	Escala: 1:8	15.9668.20		Tol. Gen. ± 0.5



GENERAL INFORMATION		MODEL	
Model	UP5	Model	01-4770-20
Capacity	5000VA	Capacity	5000VA
Power	5000W	Power	5000W
Efficiency	94%	Efficiency	94%
Input Voltage	230V	Input Voltage	230V
Output Voltage	230V	Output Voltage	230V
Frequency	50/60Hz	Frequency	50/60Hz
Dimensions (WxDxH)	400x400x1000mm	Dimensions (WxDxH)	400x400x1000mm
Weight	100kg	Weight	100kg
Warranty	3 years	Warranty	3 years
Manufacturer	APC	Manufacturer	APC
Part Number	01-4770-20	Part Number	01-4770-20