



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA FLEJADORA PARA PUERTAS ENROLLABLES DE LA EMPRESA INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA DEL CANTÓN GUANO”

**ACARO SUÁREZ HENRY FREDDY
TERÁN SUÁREZ MARCO DAVID**

TRABAJO DE TITULACIÓN **TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**Riobamba–Ecuador
2019**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-10-23

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

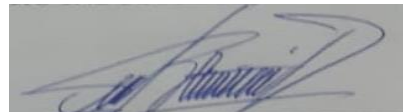
ACARO SUÁREZ HENRY FREDDY

Titulado:

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA FLEJADORA PARA PUERTAS
ENROLLABLES DE LA EMPRESA INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA
DEL CANTÓN GUANO”**

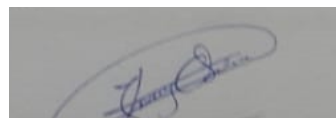
Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

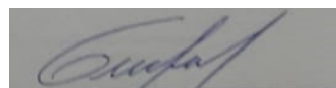


**Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:



**Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**



**Ing. Eduardo Francisco García Cabezas
MIEMBRO DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-10-23

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

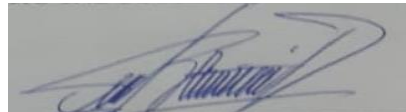
TERÁN SUÁREZ MARCO DAVID

Titulado:

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA FLEJADORA PARA PUERTAS
ENROLLABLES DE LA EMPRESA INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA
DEL CANTÓN GUANO”**

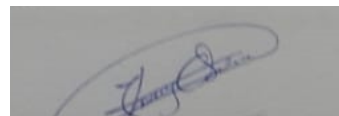
Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

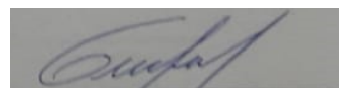


Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:



Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



Ing. Eduardo Francisco García Cabezas
**MIEMBRO DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

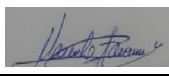
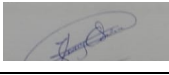
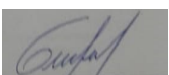
EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ACARO SUÁREZ HENRY FREDDY

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA FLEJADORA PARA PUERTAS ENROLLABLES DE LA EMPRESA INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA DEL CANTÓN GUANO”

Fecha de Examinación: 2019-04-26

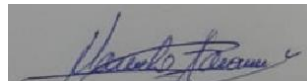
RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA	X		
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos DIRECTOR	X		
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	X		

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.



Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

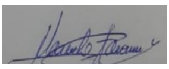
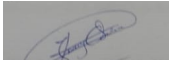
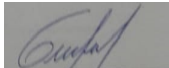
EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: TERÁN SUÁREZ MARCO DAVID

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA FLEJADORA PARA PUERTAS ENROLLABLES DE LA EMPRESA INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA DEL CANTÓN GUANO”

Fecha de Examinación: 2019-04-26

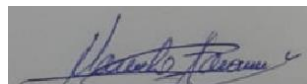
RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA	X		
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos DIRECTOR	X		
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	X		

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

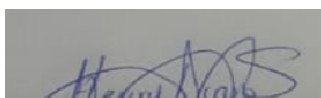
El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.



Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, ACARO SUÁREZ HENRY FREDDY y TERÁN SUÁREZ MARCO DAVID, egresados de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autores del proyecto de titulación denominado **“AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA FLEJADORA PARA PUERTAS ENROLLABLES DE LA EMPRESA INDUSTRIAS METÁLICAS VILEMA DEL CANTÓN GUANO”**, nos responsabilizamos en su totalidad del contenido en su parte intelectual y técnica, y nos sometemos a cualquier disposición legal en caso de no cumplir con este precepto.



Acaro Suárez Henry Freddy

Cédula de Identidad: 070644060-9



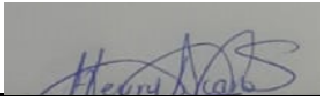
Terán Suárez Marco David

Cédula de Identidad: 180457854-8

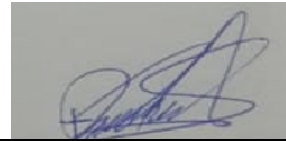
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, ACARO SUÁREZ HENRY FREDDY y TERÁN SUÁREZ MARCO DAVID, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.



Acaro Suárez Henry Freddy
Cédula de Identidad: 070644060-9



Terán Suárez Marco David
Cédula de Identidad: 180457854-8

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación es dedicado principalmente a dios, por haberme guiado por el camino del bien, por darme la sabiduría necesaria para culminar mis estudios y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, quienes con sus consejos me han enseñado a crecer como persona, por el cariño y apoyo que me brindaron en todo momento, lo cual fue fundamental para llegar a cumplir esta meta. A mis hermanos, por brindarme su afecto a lo largo de toda mi vida y por apoyarme en cada una de mis decisiones. A mis sobrinos, quienes son los que llenan mi vida.

A mis amigos que me acompañaron en este largo camino, con los cuales compartí inolvidables momentos de los cuales quedaron las mejores anécdotas y experiencias de mi vida.

HENRY FREDDY ACARO SUÁREZ

A Dios por darme la vida y brindarme una oportunidad de cumplir mis objetivos, a mi familia en especial a mi madre y a mi padre por estar siempre conmigo apoyándome durante toda mi vida, a mi hermano y hermana por su aliento y soporte incondicional, a mis amigos y amigas por su amistad desinteresada y ayuda en cada momento. Y todas aquellas personas que colaboraron en la realización de este trabajo de titulación en especial al asesor y director.

MARCO DAVID TERÁN SUÁREZ

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradecemos a Dios por habernos guiado a lo largo de nuestra vida estudiantil y por habernos colmado con su bendición para poder alcanzar esta meta.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en particular a la Escuela de Ingeniería Industrial por habernos acogido y formado como profesionales, a todos los docentes que compartieron sus conocimientos con nosotros, en especial a los ingenieros Jhonny Orozco y Eduardo García, quienes supieron guiarnos en el desarrollo de este proyecto de titulación.

También agradecemos a la empresa Industrias Metálicas Vilema por confiar en nosotros y darnos la apertura para la realización de este proyecto de titulación.

Y de forma muy particular agradecemos a nuestras familias ya que fueron un pilar fundamental para hacer posible esta meta.

HENRY FREDDY ACARO SUÁREZ

MARCO DAVID TERÁN SUÁREZ

CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRAC

INTRODUCCION

	Pág.
1	CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL..... 1
1.1	Antecedentes 1
1.2	Planteamiento del problema..... 2
1.3	Justificación 2
1.4	Objetivos..... 3
1.4.1	Objetivo general..... 3
1.4.2	Objetivos específicos: 3
2	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 4
2.1	Automatización 4
2.2	Etapas de la automatización..... 4
2.3	Estructura de un sistema automatizado..... 5
2.3.1	Elementos de entrada. 6
2.3.2	Unidad de control..... 7
2.3.3	Actuadores. 7
2.3.4	Elementos Auxiliares. 8
2.4	PLC (Programmable Logic Controller) 8
2.5	Pantalla HMI..... 10
2.5.1	Características HMI. 11
2.5.2	Aspectos destacables de las HMI..... 12
2.5.3	Interfaz PROFINET. 12
2.5.4	Diseño robusto y que ahorra espacio. 12
2.5.5	Funcionalidades. 13
2.5.6	Pantallas y gráficos. 13
2.6	Contactador..... 14
2.7	Relés..... 15
2.8	Interruptor automático 15

2.9	Pulsadores	16
2.10	Luces piloto.....	16
2.11	Cilindro neumático de doble efecto	17
2.12	Diagrama de conexión eléctrica.....	18
2.13	Diagrama de conexión neumática.....	18
2.14	Lenguaje Ladder	19
3	CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL	20
3.1	Identificación de la empresa	20
3.2	Información general.....	20
3.3	Misión y Visión	21
3.3.1	Misión:.....	21
3.3.2	Visión:.....	21
3.4	Organigrama Estructural.....	21
3.5	Puertas enrollables IMEV	21
3.6	Proceso de producción	22
3.7	Proceso de flejado.....	23
3.8	Análisis de costos.....	24
3.9	Análisis de la productividad	26
3.9.1	Proceso de producción de puertas enrollables	26
3.9.2	Proceso de flejado.....	27
4	CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO	28
4.1	Parámetros del Diseño	28
4.2	Estructura del sistema automatizado.....	28
4.2.1	Diagrama de conexión eléctrica y neumática	28
4.2.2	Elementos de entrada.....	29
4.2.2.1	Selección final de carrera vs sensor inductivo	31
4.2.3	Actuadores	33
4.2.3.1	Número de entradas y salidas requeridas para el PLC.....	33
4.2.4	Unidad de control.....	34
4.2.5	Elementos Auxiliares.....	37
4.3	Cálculos del cilindro neumático	39
4.4	Funcionamiento del sistema automatizado	41
4.5	Diseño CAD.....	43

4.5.1	Análisis Estático de la estructura de la máquina flejadora	44
4.5.2	Análisis estático del cilindro	48
4.6	Programación del PLC	51
4.7	Implementación del sistema automatizado	53
4.8	Pruebas de funcionamiento	58
4.8.1	Selección sensor inductivo vs final de carrera	59
4.9	Manual de operaciones	60
4.9.1	Componentes de la máquina Flejadora	60
4.9.2	Advertencias Generales	61
4.9.3	Advertencias Generales de seguridad	62
4.9.3.1	Condiciones previas a la puesta en marcha	67
4.9.3.2	Puesta en marcha	67
4.9.3.3	Al finalizar la producción	67
4.9.4	Mantenimiento de la máquina flejadora	68
4.9.4.1	Tareas de preparación previas al mantenimiento	68
4.9.4.2	Tareas de mantenimiento	68
4.9.4.3	Operaciones después del mantenimiento	69
4.9.4.4	Materiales más frecuentes a ser reemplazados.....	69
4.9.4.5	Tips para un mantenimiento básico adecuado	69
4.9.4.6	Plan de mantenimiento	70
4.10	Costos de la implementación	72
4.11	Proceso de flejado mejorado	74
4.12	Análisis de costos.....	75
4.13	Análisis de la productividad	77
4.13.1	Proceso de producción de puertas enrollables	77
4.13.2	Proceso de flejado	77
4.14	Comparación situación inicial vs mejora.....	78
5	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1	CONCLUSIONES	82
5.2	RECOMENDACIONES.....	83

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2. Marcas de PLC	9
Tabla 2-2. Marcas de HMI.....	10
Tabla 1-3. Resumen del proceso de producción de puertas enrollables	22
Tabla 2-3. Diagrama del proceso de flejado	23
Tabla 3-3. Resumen del proceso de flejado de 45 flejes.....	23
Tabla 4-3. Costo de mano de obra directa del operario (Situación Inicial)	24
Tabla 5-3. Materias primas para la elaboración de la puerta enrollable	25
Tabla 6-3. Costo materiales directos (Situación Inicial).....	25
Tabla 7-3. Costo total (Situación Actual)	26
Tabla 1-4. Elementos de entrada.....	30
Tabla 2-4. Alternativas para el elemento de entrada.....	31
Tabla 3-4. Costo de las alternativas	32
Tabla 4-4. Tabla de ponderación para criterios de valoración.....	32
Tabla 5-4. Ponderación de los criterios de valoración.....	32
Tabla 6-4. Actuadores	33
Tabla 7-4. Entradas y salidas del PLC	34
Tabla 8-4. Alternativas para la unidad de control.....	34
Tabla 9-4. Costo de las alternativas	35
Tabla 10-4. Tabla de ponderación para criterios de valoración.....	36
Tabla 11-4. Ponderación de los criterios de valoración.....	36
Tabla 12-4. Elementos Auxiliares.....	37
Tabla 13-4. Abreviaturas del diagrama de funcionamiento del sistema.....	41
Tabla 14-4. Funcionamiento del sistema, pruebas físicas.....	58
Tabla 15-4. Ponderación de los criterios de valoración.....	60
Tabla 16-4. Advertencias generales.....	61
Tabla 17-4. Advertencias generales de seguridad.....	62
Tabla 18-4. Materiales más frecuentes a ser reemplazados	69
Tabla 19-4. Plan de Mantenimiento.....	70
Tabla 20-4. Designación de las variables del tiempo	72
Tabla 21-4. Costos de la implementación.....	73

Tabla 22-4. Diagrama del proceso de flejado	74
Tabla 23-4. Resumen del proceso de flejado	74
Tabla 24-4. Resumen del proceso de producción	75
Tabla 25-4. Costo MOD del operario (Proceso mejorado).....	75
Tabla 26-4. Costo materiales directos (Proceso mejorado)	76
Tabla 27-4. Costo total (Proceso mejorado)	76
Tabla 28-4. Situación inicial vs mejora	78
Tabla 29-4. Costo MOD del proceso de flejado	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2. Elementos de entrada	6
Figura 2-2. Actuadores	7
Figura 3-2. Ejemplo de elementos auxiliares	8
Figura 4-2. Interfaz Profinet	12
Figura 5-2. Pantallas y gráficos	13
Figura 6-2. Contactor.....	14
Figura 7-2. Relé	15
Figura 8-2. Interruptor	15
Figura 9-2. Tipos de pulsadores.....	16
Figura 10-2. Pulsadores	16
Figura 11-2. Luces piloto.....	17
Figura 12-2. Diagrama de conexión eléctrica.....	18
Figura 13-2. Programación ladder	19
Figura 1-3. Localización empresa “IMEV”	20
Figura 2-3. Puertas enrollables	22
Figura 3-3. Máquina flejadora	24
Figura 1-4. CPU 1212 AC/DC RELÉ SIEMENS	36
Figura 2-4. Diseño CAD del sistema.....	44
Figura 3-4. Modelo de la estructura.....	44
Figura 4-4. Modelado del cilindro	48
Figura 5-4. Programación ladder	52
Figura 6-4. Programación ladder (Continuación).....	53
Figura 7-4. Instalación del aire comprimido.....	54
Figura 8-4. Instalación del sistema neumático	54
Figura 9-4. Modificación de la estructura.....	55
Figura 10-4. Estructura para el cilindro	55
Figura 11-4. Instalación de la electroválvula.....	56
Figura 12-4. Conexión de la caja de control a la estructura	56
Figura 13-4. Transferencia del programa al PLC y HMI	57
Figura 14-4. Instalación de la caja de control.....	57

Figura 15-4. Estructura para el final de carrera o sensor inductivo.....	57
Figura 16-4. Comparación CAD vs Sistema Automatizado.....	58
Figura 17-4. Pruebas físicas del sistema.....	59
Figura 18-4. Componentes de la máquina flejadora.....	60
Figura 19-4. Componentes del tablero de control	61
Figura 20-4. Interfaz de mando y control	61

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1-2. Etapas de la automatización	5
Gráfico 2-2. Estructura de un sistema automatizado	6
Gráfico 1 -3. Organigrama Estructural IMEV	21
Gráfico 1-4. Estructura del sistema automatizado	28
Gráfico 2-4. Diagrama de conexión eléctrica y neumática del sistema	29
Gráfico 3-4. Funcionamiento de los motores.....	42
Gráfico 4-4. Proceso de flejado	43
Gráfico 5-4. Información del modelo	45
Gráfico 6-4. Propiedades del material	45
Gráfico 7-4. Carga estática	46
Gráfico 8-4. Análisis de la presión	46
Gráfico 9-4. Análisis de la deformación	47
Gráfico 10-4. Factor de seguridad	48
Gráfico 11-4. Información del modelo	49
Gráfico 12-4. Propiedades del material	49
Gráfico 13-4. Carga estática	49
Gráfico 14-4. Análisis de la presión	50
Gráfico 15-4. Análisis de la deformación	50
Gráfico 16-4. Factor de seguridad	51
Gráfico 17-4. Variables del PLC	51
Gráfico 18-4. Variables HMI.....	52
Gráfico 19-4. Comparación del tiempo de operación del operario.....	78
Gráfico 20-4. Comparación del costo del proceso de flejado	79
Gráfico 21-4. Comparación del costo de producción	80
Gráfico 22-4. Comparación de la productividad.....	80
Gráfico 23-4. Comparación de la productividad del flejado.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS

PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Interfaz Hombre-Máquina
IMEV	Industrias Metálicas Vilema
EPI	Equipo de Protección Individual

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A** Diagrama de proceso
- ANEXO B** Planos de la máquina flejadora

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo de titulación es automatizar la máquina flejadora para puertas enrollables de la empresa Industrias Metálicas Vilema del cantón Guano a fin de mejorar la productividad del proceso, reduciendo los tiempos y costos de la producción. Para el análisis de la situación inicial se utiliza diagramas de proceso, herramienta para el estudio de métodos y tiempos. El diseño del sistema automatizado, se realiza mediante la selección adecuada de elementos que permitan realizar el corte automático de los flejes para la puerta enrollable, en el diseño se establece la estructura y componentes del sistema, posteriormente se realiza el modelado CAD y el Análisis Estático. En cuanto a los resultados, en el análisis de situación inicial se determinó un tiempo de producción de 5,22 horas con un tiempo de flejado de 1,41 horas el cuál es elevado en comparación a las otras operaciones debido a que se trata de un trabajo repetitivo porque se deben elaborar manualmente 45 flejes, por tal motivo se vio la necesidad de implementar dicho proceso a fin de elevar la productividad de 67,05%. Se implementó un sistema automatizado basado en un controlador lógico programable (PLC), el cual controla el abastecimiento y el corte automático de los flejes en la máquina flejadora, con lo cual se redujo el tiempo de operación del operario 1,19 horas, redujo los costos de producción 2,97 dólares y elevó la productividad del 67,05% al 86,55%. La automatización de la máquina flejadora sustituye las tareas que realizaba el operario, por lo cual se recomienda emplear su mano de obra en otras actividades que requiera la empresa a fin de mejorar la productividad.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <AUTOMATIZACIÓN>, <FLEJADORA>, <PRODUCTIVIDAD>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD) >, <ANÁLISIS ESTÁTICO>, <INTERFAZ HOMBRE - MÁQUINA (HMI)>



ABSTRACT

The main objective of the present degree work is to automate the strapping machine for rolling doors of the company Industrias Metálicas Vilema of canton Guano in order to improve the production process, reducing the times and costs of production. For the analysis of the initial situation process diagrams, a tool for the study of methods and times are used. The design of the automated system is carried out by means of the appropriate selection of elements that allow the automatic cutting of the straps for the rolling door. In the design, the structure and components of the system are established, then the CAD modeling and the Static Analysis are performed. As for the results, in the initial situation analysis, a production time of 5,22 hours was determined with a strapping time of 1,41 hours which is high compared to the other operations due to the fact that it is a repetitive work because 45 strips have to be manually elaborated, for this reason, the need was seen to implement this process in order to raise the productivity of 67,05%. An automated system based on a programmable logic controller (PLC) was implemented, which controls the supply and automatic cutting of the strapping in the strapping machine, which reduced the operator's operating time of 1,19 hours, reduced the costs of production 2,97 dollars and increased productivity from 67,05% al 86,55%. The automation of the strapping machine replaces the tasks performed by the operator, which is why it is recommended to use their labor in other activities required by the company in order to improve productivity.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <AUTOMATION>, < STRAPPING >, <PRODUCTIVITY>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)>, <COMPUTER ASSISTED DESIGN (CAD)>, <STATIC ANALYSIS>, <MAN-MACHINE INTERFACE (HMI)>.



INTRODUCCIÓN

Según estadísticas reveladas por el INEN en el 2018 el sector metalmecánico aportó aproximadamente el diez por ciento del producto interno bruto manufacturero no petrolero del Ecuador y por este motivo es considerado uno de los pilares de la industria manufacturera del país. Crea más de ochenta mil puestos de trabajo y es una de las industrias con más influencia en la economía del país, por este motivo es importante aportar e impulsar el desarrollo del sector metalmecánico mediante la mejora de procesos a través de herramientas operativas como la automatización cuyo fin es reducir los tiempos y costos de producción e incrementar la productividad en la elaboración de un producto.

Industrias Metálicas Vilema (IMEV) de la provincia de Chimborazo es reconocida como una organización importante que aporta al desarrollo industrial y a la disminución del desempleo en el cantón Guano. La empresa cuenta con una amplia gama de productos entre las cuales se destaca la producción de puertas enrollables.

Mediante un estudio de campo se determinó que en la producción de puertas enrollables, existe incumplimiento en los tiempos de entrega del producto elaborado, lo que genera inconformidad del cliente. A través del análisis del proceso se ha determinado una oportunidad de mejora en el proceso de flejado de las puertas enrollables que consiste en la automatización de la máquina flejadora.

La automatización del proceso de flejado en la línea de producción de puertas enrollables de “Industrias metálicas IMEV” se justifica plenamente en los beneficios que aporta al proceso ya que mediante su implementación se optimizará la productividad a través de la reducción del tiempo y costo de producción, alcanzando así un ahorro económico y un mayor beneficio para la empresa.

CAPÍTULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

A pesar de que las puertas o cortinas enrollables no son invento nuevo, el 1 de septiembre de 1999, es solicitada su patente por Evans Deakin Limited, país Australia, incluyendo como inventor a Jones, Richard Evan, Day, Geoffrey David, es así como el 10 de Octubre de 2000 se concede la concesión y su posterior publicación el 16 de noviembre de 2000. Dicha puerta se encuentra dentro de los inventos patentados en España bajo la denominación de PUERTA ENROLLABLE PERFECCIONADA, DEL TIPO CORTINA DE CIERRE QUE SE DESLIZA VERTICALMENTE. (Llumiquina, 2015)

“El 3 de Febrero de 1951 se forma la Sociedad Anónima Industrias Metálicas LANFOR S.A Quito Ecuador para entre otras cosas fabricar cortinas metálicas enrollables de seguridad, siendo ésta la primera fábrica en producir esta clase de puertas de seguridad”. (LANFOR, 2014)

En la actualidad las empresas del sector metalmecánico del país producen una gama variada de puertas enrollables, “Industrias Metálicas Vilema (IMEV)” del cantón Guano a fin de mejorar su proceso de elaboración y posicionarse en el mercado como una empresa líder mediante la presente investigación decide automatizar la máquina flejadora de las puertas enrollables. Para el establecimiento de la línea base del conocimiento se analizó diseño previo de la máquina de Kexinda la cual se distingue por su estructura compacta, estabilidad, alta durabilidad, y fácil operación. Todas las ruedas del sistema están hechas de acero de alta calidad. El sistema de control cuenta con una pantalla táctil PLC con opción multilinguaje. Esta máquina produce puertas enrollables simples y cuenta con un sistema de control computarizado, cizalladura hidráulica, y sistema de conteo automático, por lo que la producción se realiza de forma totalmente automática. El sistema de perfilado contribuye a una superficie lisa y un panel plano.

1.2 Planteamiento del problema

“Industrias Metálicas Vilema (IMEV)” empresa del sector metalmeccánico del cantón Guano cuenta con una línea de producción de puertas enrollables, en la cual el aumento considerable de la demanda ha generado una problemática, ha presentado retrasos en la producción de las puertas enrollables, desperdicio de material, la longitud de los flejes cortados no es uniforme, generación de reprocesos, deterioro de la calidad de los flejes, lo cual genera incumplimiento en los tiempos de entrega del producto elaborado, así como la inconformidad del cliente, conllevando a la empresa a tomar medidas urgentes que permitan mejorar su capacidad productiva.

Mediante la investigación de campo y el análisis del proceso de producción se ha determinado una oportunidad de mejora en el proceso de flejado de las puertas enrollables que consiste en la automatización de la máquina flejadora, lo cual reducirá el tiempo de producción a fin satisfacer los pedidos de los clientes cumpliendo con los tiempos de entrega.

1.3 Justificación

IMEV mediante la automatización repotenciará la máquina flejadora mecánicamente, lo cual beneficia al corte uniforme de todos los flejes para la puerta enrollable. Además la automatización reducirá los tiempos de producción cumpliendo así los tiempos de entrega al cliente.

La automatización del proceso de flejado en la línea de producción de puertas enrollables de “Industrias metálicas IMEV” se justifica plenamente en los beneficios que aporta al proceso ya que mediante su implementación se optimizará la productividad a través de la reducción del tiempo y costo de producción, alcanzando así un ahorro económico y un mayor beneficio para la empresa.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Automatizar la máquina flejadora para puertas enrollables de la empresa Industrias Metálicas Vilema del cantón Guano.

1.4.2 Objetivos específicos:

- Analizar la situación actual de la máquina flejadora para puertas enrollables.
- Implementar un sistema de control basado en un controlador lógico programable (PLC) para el manejo de secuencias de producción continua en la máquina flejadora.
- Evaluar el funcionamiento de la máquina repotenciada con pruebas y valorar las mejoras alcanzadas.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Automatización

La automatización de procesos es la sustitución de tareas tradicionalmente manuales por las mismas tareas pero realizadas de manera automática por máquinas, robots o cualquier dispositivo mecánicos para manipular piezas de trabajo dentro y fuera de los equipos, para manejar piezas entre dos operaciones, para eliminar chatarra, y para realizar estas tareas de forma sincronizada con el equipo de producción de tal forma que la cadena de producción pueda ser controlada total o parcial mediante tablas de comandos de control localizados en puntos estratégicos de la fábrica. (Iñiguez, 2011)

La automatización mejora la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma. Mejora las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad. (Machado, 2015)

2.2 Etapas de la automatización

Se estudia el proceso completo y se busca puntos de mejora. En el planteamiento de soluciones hay que buscar elementos sustitutivos para la situación actual: robótica industrial, maquinaria, PLCs, diferentes tipos de automatismos, etc. Hay que determinar cuál de las soluciones nos aporta un retorno de la inversión más rápido, la solución más amortizable, estudiar los costes de los posibles despidos. Una vez elegida la solución hay que asegurar su correcta instalación y puesta a punto. Se debe formar al personal en la mejora ya que es posible que haya pequeñas reparaciones, rearmes, cambios de herramientas, etc. que pueda realizar un operario. Para ello tendrá que estar formado en la tecnología implementada. Una vez está el automatismo en marcha debemos comprobar que funciona como deseamos. Lo normal es que la empresa que nos lo vende nos ofrezca un periodo de tiempo para dar marcha atrás sin coste o con costes muy bajos. (Quinto, 2017)

Las etapas que se deben seguir para la instalación de un automatismo son:

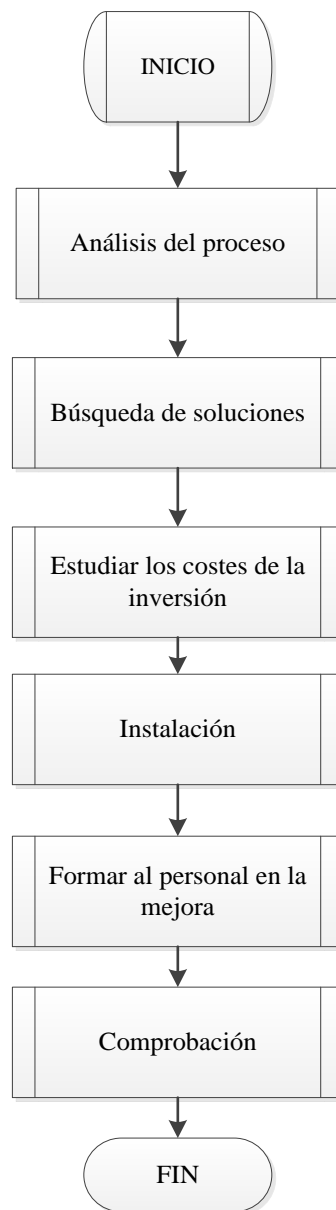


Gráfico 1-2. Etapas de la automatización
Fuente: Iñiguez (2011)

2.3 Estructura de un sistema automatizado

Un sistema automatizado cuenta con un grupo de componentes que se dividen en bloques principales que son:

- Elemento de entrada
- Unidad de control
- Actuadores



Gráfico 2-2. Estructura de un sistema automatizado

Fuente: (Quinto, 2017)

2.3.1 Elementos de entrada.

Son elementos que producen señales relacionadas con una determinada cantidad que se encuentra midiendo, estos responden a algunas propiedades de tipo eléctrico, mecánico, térmico, magnético, químico, etc., generando una señal eléctrica que puede ser susceptible de medición. (Velasquez, 2017)

Los sensores transforman una magnitud física en una señal eléctrica. Según la magnitud física que captan existen sensores de temperatura, caudal, presión, velocidad, posición, etc. (Velasquez, 2017)

- Constituyen las entradas de la unidad electrónica de control.
- Introducen la información necesaria para el sistema. Transforman una magnitud física en una señal eléctrica.
- Según la magnitud física que captan existen sensores de temperatura, caudal, presión, velocidad, posición, etc.
- La señal eléctrica que envían puede ser analógica o digital.



Figura 1-2. Elementos de entrada

Fuente: <https://bit.ly/2HplPbp>

2.3.2 Unidad de control.

La unidad de control o autómatas programables industriales, es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. (Canto, 2016)

Un autómatas programables es un módulo lógico, es decir, un controlador programable que permite que, sin intervención humana, las máquinas hagan un trabajo. Pero la palabra clave e importante es programable, y no programado. Por tanto es necesario programar el elemento para que este haga una tarea. (Canto, 2016)

La unidad de control procesa las informaciones de los sensores conforme a determinados procesos de cálculo matemáticos (algoritmos de control y regulación). Ella activa los elementos actuadores mediante señales de salida eléctricas. La unidad de control viene a ser además el interface para otros sistemas y para la diagnosis del vehículo. (Bosch, 2002)

2.3.3 Actuadores.

Según (Turmero, 2016) los actuadores o salidas son elementos que se conectan en las salidas del autómatas programables y cumplen principalmente las siguientes funciones:

- ▣ Reciben las órdenes de ejecutar tareas concretas bajo el control del sistema.
- ▣ Transforman una corriente eléctrica de mando en movimiento, calor, luz, etc.
- ▣ Los actuadores pueden ser motores, electroimanes, bombas, lámparas, electroválvulas, resistencias, cilindros neumáticos, etc.



Figura 2-2. Actuadores

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/1067529/>

2.3.4 Elementos Auxiliares.

Son elementos que no forman parte de los componentes de entrada o salida del sistema pero son esenciales para el buen funcionamiento del sistema automatizado. De hecho, sin los elementos auxiliares el sistema no podría funcionar.



Figura 3-2. Ejemplo de elementos auxiliares
Fuente: <https://bit.ly/2DSRoqk>

2.4 PLC (Programmable Logic Controller)

Un Controlador Lógico Programable es una forma especial de controlador basado en microprocesador que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones e implementar funciones como lógica, secuenciación, temporización, conteo y aritmética para controlar máquinas y procesos y está diseñada para ser operada por ingenieros con quizás un conocimiento limitado de computadoras y lenguajes de computación. (Bolton, 2006)



Normalmente, un sistema PLC tiene los componentes funcionales básicos de la unidad de procesador, la memoria, la unidad de fuente de alimentación, la sección de interfaz de entrada / salida, la interfaz de comunicaciones y el dispositivo de programación. La siguiente figura muestra la disposición básica del PLC. (Bolton, 2006)


Según (Bolton, 2006):

- La unidad procesadora o unidad central de procesamiento (CPU) es la unidad que contiene el microprocesador e interpreta las señales de entrada y lleva a cabo las acciones de control, de acuerdo con el programa almacenado en su memoria, comunicando las decisiones como señales de acción a las salidas.

- La fuente de alimentación es necesaria para convertir la red eléctrica a.c. de voltaje a tensión d.c. (5 V) necesaria para el procesador y los circuitos en los módulos de interfaz de entrada y salida.
- La unidad de memoria es donde se almacena el programa que se utilizará para las acciones de control que debe ejercer el microprocesador y los datos almacenado desde la entrada para procesamiento y para la salida.
- Las secciones de entrada y salida son donde el procesador recibe información de dispositivos externos y comunica información a dispositivos externos. Por lo tanto, las entradas pueden ser de interruptores u otros sensores. Las salidas pueden ser para bobinas de arranque del motor, válvulas solenoides, etc.
- La interfaz de comunicaciones se utiliza para recibir y transmitir datos en redes de comunicación desde o hacia otros PLC remotos. Se refiere a tales acciones: verificación de dispositivos, adquisición de datos, sincronización entre las aplicaciones del usuario y la administración de la conexión.

Tabla 1-2. Marcas de PLC

Controlador lógico programable	Imagen
<p style="text-align: center;">PLC Telemecanique Modicon</p> <p>Módicon surge del ingenio de las soluciones Telemecanique. Módicon M340 representa una síntesis de potencia e innovación, y ofrece magníficas respuestas a las necesidades de los fabricantes de máquinas. Asociado a la potencia y flexibilidad del software Unity Pro, le ofrece grandes ventajas durante todo el ciclo de vida de las aplicaciones. Telemecanique adopta los estándares del mercado, como: IEC, Ethernet TCP / IP, Modbus IDA, XML, OPC, estándares de IT. (Lema, 2013)</p>	
<p style="text-align: center;">PLC ABB</p> <p>Los dispositivos de automatización de ABB proporcionan soluciones con un gran rendimiento y flexibilidad, siendo compatibles con una gran variedad de segmentos y aplicaciones incluyendo agua, infraestructuras, centros de datos, energías renovables, automatización de maquinaria, manipulación de materiales y muchas más. La gama de PLC AC500 proporciona una plataforma fiable y</p>	

potente para diseñar y crear soluciones de automatización escalables, flexibles y competitivas. (ABB, 2019)	
<p style="text-align: center;">PLC Siemens</p> <p>El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. (Siemens, 2009)</p>	

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

2.5 Pantalla HMI

El Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es el interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario. Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. (Wonderware, 2019)

Tabla 2-2. Marcas de HMI

HMI	Imagen
<p style="text-align: center;">SIEMENS SIMATIC HMI</p> <p>La segunda generación de los SIMATIC HMI Mobile Panels impresiona por su idoneidad, prestaciones y calidad. Sus aspectos más destacables son un display de pantalla ancha brillante, una configuración particularmente sencilla y un botón de paro de emergencia único iluminado. El display de pantalla ancha con 16 millones de colores representa procesos incluso más complejos e imágenes de la planta de una forma detallada y clara, mientras que la herramienta de ingeniería WinCC en el TIA Portal con el innovador editor de estilo asegura una ingeniería eficiente y amigabilidad para el usuario.</p>	
<p style="text-align: center;">ABB PANEL 800 VERSIÓN 6</p> <p>Panel 800 Versión 6 de ABB es fácil de usar, intuitivo y ergonómico que combina dimensiones ajustadas para el ahorro de espacio, con un rango integral de funciones de avanzada. Está equipado con funcionalidades avanzadas para control de procesos y de equipos, a las cuales se puede acceder a través de símbolos en la pantalla táctil. Las funcionalidades integrales de la interfaz de usuario (HMI), tales como gestión de alarmas, tendencias, registro de datos, recetas, función para programación de acciones, registro de cambios, entre otras, se usan en todas las aplicaciones e industrias actualmente.</p>	

EATON XV300

La facilidad de uso que se experimenta cada día en los smartphones y tablets es la que brindan los XV-300. Con tecnología capacitiva multitáctil simplifican la operación al usuario (sensor de tacto fino). Desarrollado para aplicaciones industriales extremas y en ambientes peligrosos de la industria de procesos. Cuenta con un diseño elegante, pantalla panorámica de resolución 1024 x 600, antirreflectante, vidrio templado, CPU: 800 MHz ARM Cortex-A9, comunicación Ethernet, USB Host y dispositivo USB, CAN, RS-232, RS-485, SmartWire-DT, PROFIBUS-DP/MPI/PPI, slot tarjeta SD. Posee certificaciones CE, cUL, cUL Class 1 Division 2 (en proceso) y una poderosa combinación de software con los HMI/PLC (Galileo, XSOFT-CODESYS-2/-3).



Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

2.5.1 Características HMI.

Según (Ochoa, 2012) las características de una pantalla HMI son:

- Permite controlar varias aplicaciones según el requerimiento del operador.
- Posibilidad de modificaciones futuras para el proceso; mediante el software se puede modificar las condiciones de trabajo para la obtención del proceso deseado.
- Posibilidades de ampliación: se puede reemplazar y añadir dispositivos de acuerdo al crecimiento del proceso en la industria.
- Interconexión y cableado exterior. es muy baja ya que sustituyen sistemas cableados (elementos físicos como botones, interruptores, equipos de relés, lámparas, leds) por sistemas programables compactos.
- Tiempo de implantación: es muy corto.
- Mantenimiento: es más fácil ya que se lo realiza mediante el programa que fue previamente cargado en el proceso que está siendo objeto de control.
- Configuración: permite definir el entorno de trabajo del SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta.
- Módulo de procesos: ejecuta las acciones de mando pre-programados a partir de los valores actuales de variables leídas.
- Gestión y archivo de datos: almacenamiento y procesado ordenado de datos de forma que otra aplicación o dispositivos pueda tener acceso a ellos.

- Comunicaciones: transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y también entre ésta y el resto de elementos de gestión.

2.5.2 Aspectos destacables de las HMI.

Los paneles HMI Basic para aplicaciones compactas ofrecen una solución que puede adaptarse a la perfección a las necesidades específicas de visualización: potencia y funcionalidad optimizada, gran variedad de tamaños de pantallas y un montaje sencillo que facilita la ampliación. Potencia y funcionalidad optimizadas. La perfecta integración de PLC y HMI Basic Panels permite un control y visualización sencillos aptos para tareas de automatización compactos. (Siemens, 2019)

2.5.3 Interfaz PROFINET.

HMI Basic Panels con interfaz PROFINET integrada permiten la visualización de máquinas y procesos de una manera sencilla e intuitiva, además de la comunicación con el controlador conectado y la transferencia de datos de parametrización y configuración. Esto es parte esencial de la interacción con PLC. (Siemens, 2019)



Figura 4-2. Interfaz Profinet
Fuente: <http://cort.as/-GnLW>

2.5.4 Diseño robusto y que ahorra espacio.

Los HMI Basic Panels son perfectos para el uso en entornos industriales duros, su diseño compacto los hace adecuados también para aplicaciones con poco espacio de montaje. En

los casos de espacios extremadamente reducidos, las variantes de 4" y 6" incluso pueden configurarse y montarse verticalmente. (Padilla, 2016)

2.5.5 Funcionalidades.

Los HMI Basic Panels están equipados con todas las funciones básicas necesarias. Con sistemas de alarmas. Administración de recetas. Diagramas de curvas y gráficos verticales. La herramienta de configuración incluye una librería con numerosos gráficos y otros objetos diversos. También es posible administrar los usuarios en función de las necesidades de los diferentes sectores, por ejemplo para la autenticación mediante nombre de usuario y contraseña. (Padilla, 2016)

2.5.6 Pantallas y gráficos.

Los HMI Basic Panels ofrecen de serie una pantalla táctil que proporciona un manejo intuitivo. El uso de pantallas gráficas abre nuevas perspectivas a la visualización: características como los gráficos vectoriales, los diagramas de curvas, barras, textos, mapas de bits y campos de entrada y salida hacen posible una visualización clara y fácil de usar en las pantallas de control. Además del manejo táctil, los equipos de 4", 6" y 10" están provistos de teclas de función configurables, a las que pueden asignarse funciones de manejo individuales dependiendo de la pantalla seleccionada. Además. Estas teclas ofrecen un feedback táctil para una mayor comodidad de uso y seguridad de manejo. (Ochoa, 2012)

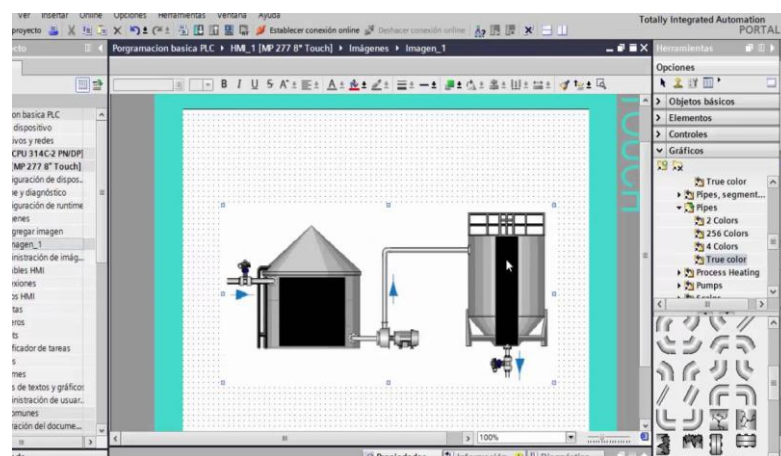


Figura 5-2. Pantallas y gráficos

Fuente: (Ochoa, 2012)

2.6 Contactor

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". (Molina, 2017)

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos. (Vilche, 2011)



Figura 6-2. Contactor
Fuente: (Metasol, 2019)

Según (Vilche, 2011) Cuando se va a elegir un Contactor hay que tener en cuenta, entre otros factores, lo siguiente:

- Tensión de alimentación de la bobina: Esta puede ser continua o alterna, siendo esta última la más habitual, y con tensiones de 12 V, 24 V o 220 V.
- Número de veces que el circuito electromagnético va a abrir y cerrar. Podemos necesitar un Contactor que cierre una o dos veces al día, o quizás otro que esté continuamente abriendo y cerrando sus contactos. Hay que tener en cuenta el arco eléctrico que se produce cada vez que esto ocurre y el consiguiente deterioro.
- Corriente que consume el motor de forma permanente (corriente de servicio).

Por lo tanto es conveniente el uso de catálogos de fabricantes en los que se indican las distintas características de los Contactores en función del modelo.

2.7 Relés

Es un mecanismo que sirve como elemento de protección del motor. Su misión consiste en desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor, supera durante un tiempo corto, a la permitida por este, evitando que el bobinado se quemé. Esto ocurre gracias a que consta de tres láminas bimetálicas con sus correspondientes bobinas calefactoras que cuando son recorridas por una determinada intensidad, provocan el calentamiento del bimetálico y la apertura del relé. (Medina, 2015)



Figura 7-2. Relé
Fuente: (Camsco, 2019)

2.8 Interruptor automático

Según (Medina, 2015) Su misión es la de proteger a la instalación y al motor, abriendo el circuito en los siguientes casos:

- Cortocircuito: En cualquier punto de la instalación.
- Sobrecarga: Cuando la intensidad consumida en un instante, supera la intensidad a la que está calibrada el magnetotérmico.



Figura 8-2. Interruptor
Fuente: (Ebase, 2019)

2.9 Pulsadores

Los pulsadores son elementos de accionamiento que sirven para cerrar o abrir un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos. Existen tres tipos:

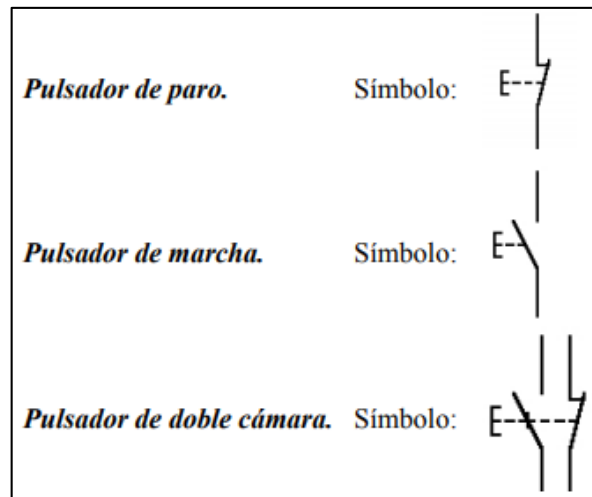


Figura 9-2. Tipos de pulsadores
Fuente: (Vilche, 2011)



Figura 10-2. Pulsadores
Fuente: (Siemens, 2019)

2.10 Luces piloto

Es una luz que indica la existencia de una serie de condiciones normales de un sistema o dispositivo. No se parece a una luz de alarma.

Este es un elemento visual que nos indica condiciones de funcionamiento, como la presencia de electricidad en el tablero, el funcionamiento de un motor, además cumple una función muy importante en la aparición de cualquier condición normal dentro del

sistema eléctrico como son las fallas, es la primera instancia para detectar un problema su posterior solución. (Hernandez, 2015)



Figura 11-2. Luces piloto
Fuente: <https://bit.ly/2CKYjje>

2.11 Cilindro neumático de doble efecto

Un cilindro neumático es un dispositivo mecánico que produce una fuerza, que muchas veces va continuada de un movimiento, que viene accionado por un gas comprimido. Los cilindros de doble efecto son capaces de producir trabajo útil en dos sentidos, ya que disponen de una fuerza activa tanto en avance como en retroceso. Se construyen siempre en formas de cilindros de émbolo y poseen dos tomas para aire comprimido, cada una de ellas situada en una de las tapas del cilindro. (Pneumatics, 2016)

Se emplea, en los casos en los que el émbolo tiene que realizar también una función en su retorno a la posición inicial. La carrera de estos cilindros suele ser más larga (hasta 200 mm) que en los cilindros de simple efecto, hay que tener en cuenta el pandeo o curvamiento que puede sufrir el vástago en su posición externa. (Pneumatics, 2016)

Cuando el aire comprimido entra por la toma situada en la parte posterior (1), desplaza el émbolo y hace salir el vástago (avance). Para que el émbolo retorne a su posición inicial (retroceso), se introduce aire por la toma situada en la tapa delantera (2). De esta manera, la presión actúa en la cara del émbolo en la que está sujeta el vástago, lo que hace que la presión de trabajo sea algo menor debido a que la superficie de aplicación es más pequeña. Hay que tener en cuenta que en este caso el volumen de aire es menor, puesto que el vástago también ocupa volumen. (Pneumatics, 2016)

2.12 Diagrama de conexión eléctrica

El diagrama de conexión eléctrica se utiliza para realizar las conexiones al equipo eléctrico. Su uso es en la instalación del equipo. La finalidad de los diagramas no es la interpretación del circuito es para conectar el cableado. Es llamado también diagrama de alambrado, conlleva el montaje de algunos componentes como los botones pulsadores. (Coparoman, 2016)

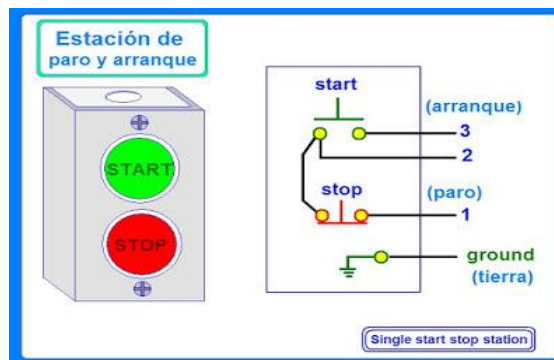


Figura 12-2. Diagrama de conexión eléctrica
Fuente: <https://bit.ly/2MEJvY7>

Este diagrama tiene información técnica, símbolos de dispositivos, tipos de contactos normalmente abierto o normalmente cerrado, el valor de voltaje, colores de cables etc.

2.13 Diagrama de conexión neumática

Un circuito neumático es un conjunto de actuadores, válvulas y conductos que combinados de una forma determinada son capaces de cumplir una misión específica. En el momento de realizar un circuito neumático, de interpretarlo, de montarlo o de transmitirlo a terceras personas, es absolutamente necesario emplear una simbología que represente cada uno de los elementos de que consta: Tuberías, actuadores, válvulas, etc. Para ello existen las normas ISO 1219-1:1991 y 1219-2:1995, expuestas en parte anteriormente, que establecen el dibujo esquemático de cada elemento. Se trata de una representación funcional, tremendamente explícita, que se aprende sin esfuerzo gracias a su tremenda fuerza representativa. En ningún momento trata de reflejar detalles constructivos sino exclusivamente funcionales, por lo que elementos diferentes pero con la misma misión se representan de idéntica manera. La lista de símbolos casi completa figura como apéndice de este trabajo. En los apartados siguientes se incluyen

determinados aspectos de dichas normas que no han sido expuestos con anterioridad. Normalmente se dibujan los símbolos que representan cada elemento en horizontal y siempre en la posición que tienen cuando el circuito está en la posición inicial. Los cilindros pueden situarse con su vástago en posición extrema anterior (salido) o posterior (entrada), y las válvulas en su caso, en posición estable o inestable. En el primer escalón se representan los elementos de trabajo o actuadores, siendo preferible que el vástago se dibuje a la derecha del émbolo. (Olmos, 2012)

2.14 Lenguaje Ladder

Un programa en Ladder / diagrama de relés (L.D.) es una serie de redes o ramas de circuito. Una rama (network) está compuesta de una serie de contactos, conectados en serie o en paralelo, que dan origen a una salida (activación de una bobina o de una función especial). (Universidad de Alcalá, 2017)

Permite situar:

- Relés en serie
- En paralelo
- Relés negados
- Combinaciones de los anteriores

Las ramas de circuitos tienen origen en una barra vertical puesta a la izquierda del diagrama. El flujo de la señal va de izquierda a derecha y de arriba abajo.

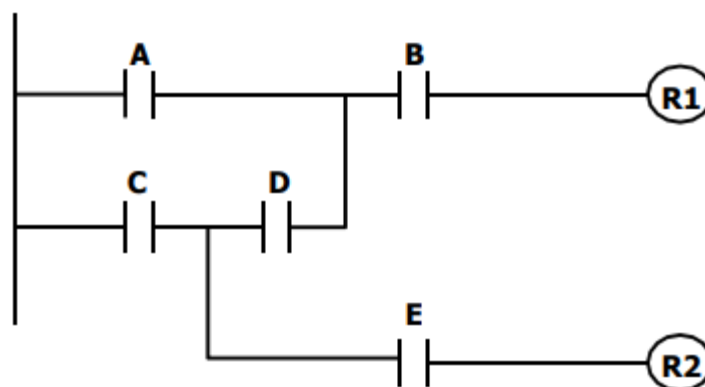


Figura 13-2. Programación ladder
Fuente: <https://bit.ly/2G2QUzS>

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Identificación de la empresa

Razón Social:	Industrias Metálicas Vilema “IMEV”
Representante legal:	Sr. Flavio Vilema
Actividad económica:	Diseño y construcción de todo lo relacionado a la cerrajería metálica.
Provincia:	Chimborazo
Dirección:	Vía a Guano Km 3 ½ (500 m antes de la Capilla).



Figura 1-3. Localización empresa “IMEV”

Fuente: <https://bit.ly/2BbcgaF>

3.2 Información general

Industrias Metálicas Vilema “IMEV” cuya actividad económica es la cerrajería metálica fue fundada como una empresa familiar en el año 1995 por el Sr. Flavio Vilema quien emprendió el negocio con la línea metal mecánica, años más tarde implementó otras líneas de producción como la de carpintería, la elaboración de puertas y ventanas enrollables, la línea de aluminio y vidrio forja y en el año 2006 incursiona en la rama del automatismo (puertas y accesos automáticos). En la actualidad “IMEV”, se dedica a la construcción de todo lo relacionado a la línea Cerrajera, para proveer seguridad y protección en todo tipo de apertura de construcción. (IMEV, 2019)

3.3 Misión y Visión

3.3.1 Misión:

Producir con los más altos estándares de calidad, productos en metal utilizando nuevos procesos industriales y tecnológicos, satisfaciendo así las necesidades de nuestros clientes. (IMEV, 2019)

3.3.2 Visión:

Ser empresa líder en el procesamiento de meta, comprometidos con el cliente con productos de calidad, buscando la consolidación de su competitividad y su sostenibilidad a través de las oportunidades del entorno. (IMEV, 2019)

3.4 Organigrama Estructural

El personal que conforma industrias metálicas IMEV se encuentra organizado como se detalla en el siguiente diagrama estructural.

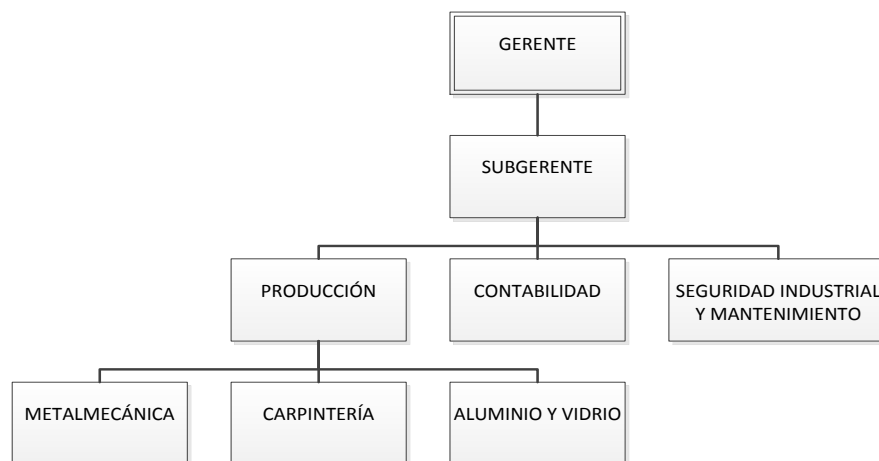


Gráfico 1 -3. Organigrama Estructural IMEV

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

3.5 Puertas enrollables IMEV

Las puertas enrollables de IMEV para viviendas, locales comerciales, fábricas y talleres: aprovechan al máximo el espacio, ofrecen la máxima seguridad ya que previenen robos

debido a la gran consistencia de su material, son de fácil instalación y poseen una variedad de formas y materiales. (IMEV, 2019)



Figura 2-3. Puertas enrollables
Fuente: IMEV, 2019

3.6 Proceso de producción

El proceso de producción inicia con la adquisición de materia prima que será sometida a diferentes operaciones hasta la obtención de la puerta enrollable. Entre las principales operaciones tenemos corte, flejado, ensamblaje (flejes, base, rieles, muelle, rodillo), pintado y finalmente el almacenamiento del producto hasta el despacho al cliente. En el Anexo A se describe a detalle el proceso de producción de puertas enrollables, a continuación se muestra una tabla resumen del proceso.

Tabla 1-3. Resumen del proceso de producción de puertas enrollables

RESUMEN		
Operaciones	●	98
Transportes	➔	52
Demoras	●	0
Inspecciones	■	0
Almacenes	▼	12
O. Combinadas	●	2
Total de actividades		164
Tiempo total (horas)		5,22



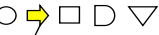
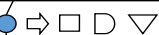
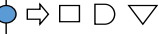
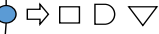
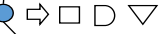
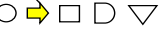
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Para la fabricación de una puerta enrollable se requiere 5,22 horas, el tiempo de producción es alto y mediante el análisis del diagrama de proceso del Anexo A se determinó que se debe al tiempo elevado que se obtiene en las operaciones de flejado es por ello que a través de la automatización de la máquina flejadora se pretende reducir el tiempo de producción.

3.7 Proceso de flejado







El proceso de flejado se detalla en el siguiente diagrama:

Tabla 2-3. Diagrama del proceso de flejado

		DIAGRAMAS DE PROCESO (Tipo Hombre)						
Empresa: IMEV		Proceso: Flejado		Estudio N° 01		Hoja N° 01		
Departamento: Producción		Analista: Henry Acaro - Marco Terán		Método: Actual		Fecha: 21/02/2019		
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA 	N°	TIEMPO (segundos)					DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
			Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	
1 puerta enrollable				25,00				Traslada los flejes desde su almacenamiento hacia la porta flejes.
			690,00					Coloca el fleje en el rodillo giratorio.
			10,00					Coloca el fleje sobre los rieles de la maquina flejadora.
			2250,00					Se realizan los flejes para puertas enrollables. (X45)
			2025,00					Corte respectivo del ancho de la puerta (X45).
				60,00				Transporta todas las unidades desde la máquina flejadora hacia el puesto de ensamble de flejes.
Total			4975,00	85,00	0,00	0,00	0,00	
Total en segundos			5060,00					
Total en horas			1,41					

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Tabla 3-3. Resumen del proceso de flejado de 45 flejes

RESUMEN		
Operaciones		4
Transportes		2
Demoras		0
Inspecciones		0
Almacenes		0
O. Combinadas		0
Total de actividades		6
Tiempo total (horas)		1,41

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

El proceso de flejado se realiza en la máquina flejadora que se muestra a continuación:



Figura 3-3. Máquina flejadora
Fuente: IMEV, 2019


3.8 Análisis de costos

A continuación se determina el costo actual para la elaboración de una puerta enrollable.

■ **Mano de obra directa (MOD).**- Para el cálculo del costo de mano de obra directa es importante considerar que la jornada de trabajo es de 8 horas, al mes el operario trabaja 160 horas. El cálculo de la tasa por hora se halla dividiendo el salario mensual de 400 dólares del trabajador para el total de horas mensuales laboradas. El costo total de la mano de obra sería igual al tiempo por la tasa/hora.

El resultado obtenido se detalla a continuación.

Tabla 4-3. Costo de mano de obra directa del operario (Situación Inicial)

		ANÁLISIS DEL COSTO DE MOD (Situación Inicial)		
		(1) Horas mensuales	(2) Salario mensual (dólares)	(2) / (1) Tasa por hora (Dólares)
Fabricación de puertas enrollables	(1) Tiempo (horas)	160	400,00	2,50
		5,22	2,50	13,05

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

El costo promedio de la mano de obra directa para la fabricación de una puerta enrollable es de 13,58 dólares.

■ **Materiales directos:** Los materiales directos constituyen la materia prima para la fabricación de la puerta y se detallan a continuación.

Tabla 5-3. Materias primas para la elaboración de la puerta enrollable

MATERIAS PRIMAS PARA ELABORACION DE LA PUERTA ENROLLABLE							
FLEJES		PERNO DE 5/16 X 3/4		PLATINAS PARA CANDADO		EJE DE PUERTA	
ANGULO		PERNO 3/8 X 2		BANDERAS		BATIENTE	
PERNO 1/4 X 3/4		RUEDAS		VINCHAS		BASE DE ANGULO	
CIMBRAS		PICAPORTE		CERRADURAS		PINTURA Y DISOLVENTE	

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019


Tabla 6-3. Costo materiales directos (Situación Inicial)

		ANÁLISIS DEL COSTO DE MATERIALES DIRECTOS		
Materiales	Materia prima utilizada	Unidad de medida	Costo unitario	Costo total
Flejes	7,41	Unidades	1,75	12,97
Perno de 5/16 X 3/4	12	Unidades	0,40	4,80
Platinas para candado	2	Unidades	0,48	0,96
Eje de puerta	2	Unidades	0,53	1,06
Ángulo	2,47	Metros	3,50	8,65
Perno 3/8 x 2	2	Unidades	5,80	11,60
Banderas	2	Unidades	0,12	0,24
Batiente	4	Unidades	0,12	0,48
Perno 1/4 x 3/4	2	Unidades	2,50	5,00
Ruedas	1	Unidades	10,00	10,00
Vinchas	2	Unidades	3,00	6,00
Base de ángulo	2,47	Metros	2,50	6,18
Cimbras	2,47	Metros	2,68	6,62
Picaporte	2	Unidades	10,00	20,00
Cerraduras	2	Unidades	8,00	16,00
Pintura plateada	0,93	Galón	17,90	16,65
Disolvente	1 6/7	Litros	2,00	3,70
Costo total (Dólares)				130,91

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

■ **Costo total:** El costo total se obtiene sumando el costo de mano de obra directa más el costo de materiales directos.

Tabla 7-3. Costo total (Situación Actual)

		COSTO TOTAL
MOD		13,05
Materiales		130,91
Total		143,96

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

El costo promedio total una puerta enrollable es de 143,96 dólares. A través de la automatización se pretende disminuir el costo obtenido.

3.9 Análisis de la productividad

3.9.1 Proceso de producción de puertas enrollables

Mediante el análisis del proceso se determinó un tiempo de producción de 5,22 horas por cada puerta enrollable, el cual, no satisface el tiempo de entrega al cliente que según establece la empresa debe ser de 3,5 horas para considerar que la productividad es del 100%. En base a este principio se calcula la productividad actual de la empresa como se detalla a continuación:

Tiempo (horas)	Productividad(%)
3,5	100
5,22	<i>x</i>

La relación entre el tiempo y la productividad es inversa es decir a menor tiempo de producción mayor productividad, por lo cual:

$$x = \frac{3,5 \text{ h (100\%)}}{5,22 \text{ h}}$$

$$x = 67,05 \%$$

La productividad actual del proceso de producción es del 67,05%. Mediante la automatización se pretende elevar la productividad del proceso.

3.9.2 *Proceso de flejado*

Mediante el análisis del proceso se determinó un tiempo de flejado de 1,41 horas, el cual, no satisface el tiempo estándar de 0,20 horas que establece la empresa para considerar que la productividad en el proceso de flejado es del 100%. En base a este principio se calcula la productividad como se detalla a continuación:

<i>Tiempo (horas)</i>	<i>Productividad(%)</i>
0,20	100
1,41	x

La relación entre el tiempo y la productividad es inversa es decir a menor tiempo de producción mayor productividad, por lo cual:

$$x = \frac{0,20 \text{ h (100\%)}}{1,41 \text{ h}}$$

$$x = 14,18 \%$$

La productividad actual del proceso de flejado es del 14,18%. Mediante la automatización se pretende elevar la productividad del proceso.

CAPÍTULO IV

4 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

4.1 Parámetros del Diseño

La automatización de la máquina flejadora para puertas enrollables de la empresa IMEV debe:

- Reducir el tiempo y el costo de producción de la puerta enrollable.
- Elevar la productividad del proceso.

4.2 Estructura del sistema automatizado

La estructura del sistema automatizado se detalla en la siguiente figura.

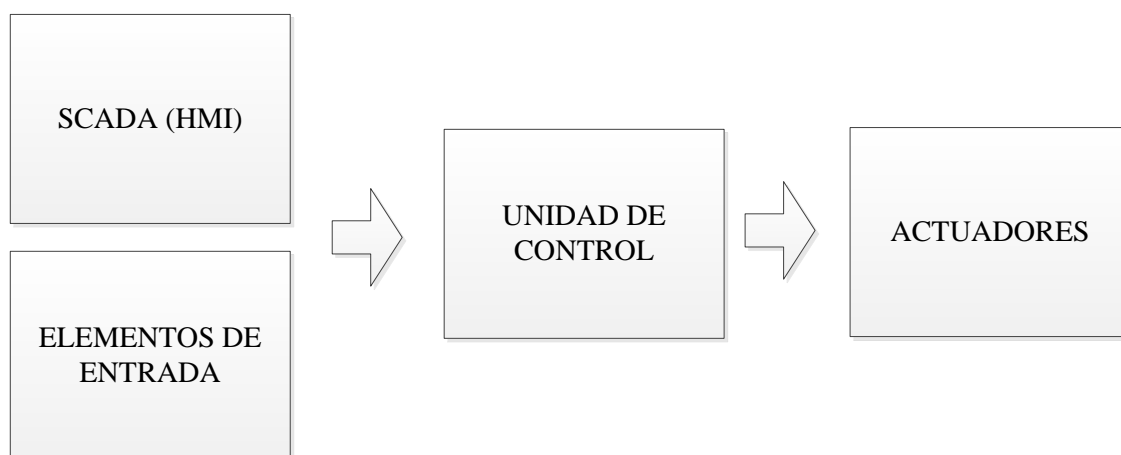


Gráfico 1-4. Estructura del sistema automatizado

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.2.1 Diagrama de conexión eléctrica y neumática

Se establece el diagrama de conexión eléctrica y neumática del sistema a fin de tener una idea clara sobre los componentes del sistema automatizado. Además se realiza el diagrama a fin de facilitar la implementación del sistema. El resultado se muestra en la siguiente figura.

Tabla 1-4. Elementos de entrada

Cantidad	Elemento	Función	Imagen
1	PULSADOR PLAST HONGO ROJO	Funciona como un dispositivo de emergencia que se acciona en caso de que ocurra alguna anomalía en el funcionamiento del sistema.	
1	PULSADOR MONOBLOCK ROJO 1NC	Al pulsarlo, el sistema se desenergiza.	
1	PULSADOR MONOBLOCK VERDE 1NA	Al pulsarlo, el sistema se energiza.	
1	CONTACTOR LS 18 A 5 HP	Alimenta o interrumpe el suministro de corriente al motor de abastecimiento de materia prima.	
1	CONTACTOR LS 32 A 10 HP	Alimenta o interrumpe el suministro de corriente al motor del disco de corte.	
1	RELÉ TÉRMICO LS 19 A	Protegen a los motores contra las sobrecargas.	
1	RELÉ TÉRMICO LS 32 A		
1	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO EBASEE / TRIPLE / 40 ^a – 415V	Abre o cierra el paso de corriente eléctrica al sistema.	
1	FINAL DE CARRERA SENSOR INDUCTIVO	Detecta la presencia de un fleje, apaga el motor de alimentación de materia prima y acciona el cilindro que sujeta el disco de corte.	
1	PANEL KTP400 COLOR	Ingreso de datos para la producción.	



Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

En resumen para el PLC se requieren 6 entradas: para 3 pulsadores, 2 juegos de contactor-relé y 1 para el final de carrera o sensor inductivo.

4.2.2.1 Selección final de carrera vs sensor inductivo

La función simultánea de estos elementos es detectar la presencia de un fleje, apagar el motor de alimentación de materia prima y accionar el cilindro que sujeta el disco de corte de la flejadora.

Tabla 2-4. Alternativas para el elemento de entrada

Elemento de entrada	Alternativas	PLC
Final de carrera	A	
Sensor inductivo	B	

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Para seleccionar la mejor alternativa se consideró los siguientes criterios de valoración:

- Funcionalidad.-** Valora la capacidad del elemento para detectar la presencia de un fleje y enviar la señal al PLC para realizar el corte del fleje.

- Tipo de accionamiento.-** El final de carrera es considerado un sensor de contacto, es decir requiere que el fleje presione lo presione para que éste entre en funcionamiento mientras que el sensor inductivo no requiere del contacto físico para activarse siempre y cuando estén dentro del rango sensado.

- Costo.-** Los costos de las alternativas se detallan en la siguiente tabla. Para la valoración se considera como mejor alternativa aquel de menor costo siempre y cuando se cumpla con los requerimientos del sistema automatizado.

Tabla 3-4. Costo de las alternativas

Alternativas	Elemento de entrada	Costo (USD)
A	Final de Carrera	18,00
B	Sensor inductivo	35,00

Fuente: <http://www.ebay.ca>

La valoración de cada criterio establecido se realiza en función a los siguientes niveles: inaceptable, malo, aceptable, bueno, excelente. Asignando la calificación correspondiente según lo establecido en la siguiente tabla.

Tabla 4-4. Tabla de ponderación para criterios de valoración

Niveles	Inaceptable	Malo	Aceptable	Bueno	Excelente
Calificación	1	2	3	4	5

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

A continuación se realiza la ponderación de los criterios de valoración.

Tabla 5-4. Ponderación de los criterios de valoración

Alternativas	Criterios de valoración			Ponderación
	Funcionalidad	Tipo de accionamiento	Costo	
A	5	4	5	14
B	5	5	4	14

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Una vez realizada la ponderación de las alternativas no se ha podido obtener una idea clara de cual es la mejor alternativa ya que ambas pueden cumplir la función requerida en la automatización, existe cierta ventaja del sensor sobre el final de carrera en lo relacionado al tipo de accionamiento ya que el sensor no requiere del contacto físico para ser accionado pero esa ventaja se ve opacada al relacionar el costo de ambas alternativas donde el final de carrera obtiene una mayor calificación. Por tal motivo para la selección entre el sensor y el final de carrera se implementará ambas alternativas a fin de obtener una mejor idea de cuál es la mejor opción considerando algún factor que no se ha tomado en cuenta en la presente ponderación.

4.2.3 Actuadores

En la siguiente tabla se detalla la función que cumple cada elemento actuador en la automatización de la máquina flejadora.

Tabla 6-4. Actuadores

Cantidad	Elemento	Función	Imagen
1	LUZ PILOTO LED FATO VERDE 24V	Indica que la máquina está en funcionamiento.	
1	CILINDRO ISO SI D32MM C200MM	Acciona el brazo que sujeta el disco de corte.	
2	MOTORES	Abastecimiento y corte de los flejes.	
1	ELECTROVÁLVULA 5/2 – 1/4”, MONO. 24 VDC	Controla el flujo del aire hacia el cilindro.	
1	SISTEMA DE ALARMA	Alerta o informa al operario que finalizó la producción.	

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

En resumen para el PLC se requieren 5 salidas: 1 para la luz piloto, 2 para los motores, 1 para la electroválvula que controla el cilindro y 1 para el buzzer.

4.2.3.1 Número de entradas y salidas requeridas para el PLC

En la siguiente tabla se detalla el número de entradas y salidas que se requiere en la unidad de control a fin de seleccionar el controlador lógico programable adecuado (PLC).

Tabla 7-4. Entradas y salidas del PLC




PLC	Número
Entradas	6
Salidas	5

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.2.4 Unidad de control

La unidad de control es un PLC (Controlador Lógico Programable), su función principal es controlar el corte automático de los flejes. Para cumplir dicha función se consideró tres alternativas, las mismas que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 8-4. Alternativas para la unidad de control

Unidad de Control	Alternativas	PLC
CPU 1212C AC/DC RELÉ SIEMENS	A	
PLC Telemecanique Modicon	B	
PLC ABB AC500-EC0	C	

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Para seleccionar la mejor alternativa se consideró los siguientes criterios de valoración:

- **Funcionalidad.-** Valora la capacidad del PLC para cumplir eficientemente la función que debe cumplir en el sistema automatizado, en este caso, controlar el corte de los

flejes que conformarán la puerta enrollable. Además se debe tomar en cuenta que el PLC posea el número suficiente de entradas y salidas que requiera el sistema automatizado.

- **Programación.-** En lo referente al software de programación se considera que el diseñador del sistema posea la capacidad y nivel de formación técnica adecuada para programar la unidad de control.

Se valorará como la mejor alternativa aquella con la cual el diseñador esté más familiarizado o tenga mayor conocimiento.

- **Costo.-** Aquella alternativa que tenga el menor costo será la más ideal, siempre y cuando, cumpla con los requerimientos de funcionamiento y calidad que demanda el sistema automatizado.

Otro factor importante que se tomará en cuenta es la disponibilidad del producto en el mercado nacional a fin de evitar costos y tiempos adicionales generados por la importación del producto.

En la siguiente tabla se detalla el costo de cada alternativa.

Tabla 9-4. Costo de las alternativas

Alternativas	Unidad de Control	Costo (USD)
A	CPU 1212C AC/DC RELÉ SIEMENS	323,05
B	PLC Telemecanique Modicon	305,00
C	PLC ABB AC500-EC0	600,00

Fuente: <http://www.ebay.ca>

La valoración de cada criterio establecido se realiza en función a los siguientes niveles: inaceptable, malo, aceptable, bueno, excelente. Asignando la calificación correspondiente según lo establecido en la siguiente tabla.

Tabla 10-4. Tabla de ponderación para criterios de valoración

Niveles	Inaceptable	Malo	Aceptable	Bueno	Excelente
Calificación	1	2	3	4	5

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

A continuación se realiza la ponderación de los criterios de valoración.

Tabla 11-4. Ponderación de los criterios de valoración

		Criterios de valoración			Ponderación
		Funcionalidad	Programación	Costo	
Alternativas	A	5	5	5	15
	B	5	4	5	14
	C	5	4	3	12

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Como se puede observar en la tabla anterior, la calificación mayor es de 15/15 y corresponde a la alternativa A que pertenece al CPU 1212C AC/DC RELÉ SIEMENS, se considera que este PLC es funcional porque logra cumplir con los requerimientos del sistema automatizado, posee las entradas y salidas suficientes para los dispositivos de control, el diseñador está familiarizado con el interfaz de programación del PLC lo cual no sucede con las otras alternativas y el costo es accesible para el consumidor. Por estos motivos se ha seleccionado el PLC que se muestra en la siguiente figura.



Figura 1-4. CPU 1212 AC/DC RELÉ SIEMENS

Fuente: Siemens, 2019

4.2.5 Elementos Auxiliares

En la siguiente tabla se detallan los elementos auxiliares que se requieren para la conexión eléctrica y neumática del sistema automatizado.

Tabla 12-4. Elementos Auxiliares

Cantidad	Elemento	Función	Imagen
1	FUENTE DE PODER REG 24VDC 60W 2.5 A	Alimentar energía al PLC y a los dispositivos que funcionen con 24 V.	
1	PORTAFUSIBLE FATO 32A – 690V	Protege a todo el sistema en caso de sobrecarga.	
1	GABINETE METÁLICO 600X400X200	Caja hermética que garantiza que los dispositivos estén aislados de la humedad, el polvo y otros agentes externos del ambiente que puedan afectar su funcionamiento.	
1	MATERIAL ELÉCTRICO (cable, borneras, riel, canaletas).	Conexión eléctrica de los componentes del sistema.	
1	UNIDAD DE MANTENIMIENTO 1/2", DREN MANUAL, MC	Conexión neumática del sistema.	
1	ACOPLE RÁPIDO SOCKET 1/4", HEMBRA		

1	ACOPLE RÁPIDO PLUG 1/4", MACHO	Conexión neumática del sistema.	
4	RACOR RECTO 1/4" X 10 MM		
2	REGULADOR DE FLUJO 1/4" X 10 MM		
2	SILENCIADOR BRONCE SINTERIZADO 1/8"		
1	SOPORTE PIVOTE CILINDRO ISO D32MM (RECTO)		
1	PIVOTE CILINDRO ISO D32MM		
1	TUBO ESPIRAL POLIURETANO 10 MM X 9 M		
3	TUBO POLIURETANO 10 MM		
4	TUBO GALVANIZADO 1/2" X 6M		
6	CODO GALVANIZADO 1/2"		Conexión neumática del sistema.
2	TE GALVANIZADA 1/2"		

2	VÁLVULA DE ESFERA 1/2" FV		
2	REDUCCIÓN GALVANIZADO 1/2" – 1/4"		
1	MATERIAL PLOMERÍA (TEFLÓN, SELLADOR)		
1	AIRE COMPRIMIDO		


Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.3 Cálculos del cilindro neumático

Para el cilindro neumático responsable del movimiento del disco de corte se debe realizar el cálculo de la fuerza a vencer, el área y el diámetro del cilindro. Estas características son importantes para adquirirlo en el mercado y garantizar que dicho elemento cumpla adecuadamente la función asignada en el sistema automatizado. Para lo cual se cuenta con los siguientes datos.

Datos:

 **Peso del motor = 31 Kg**

 **Presión = 5 bar = 5×10^5 Pa**

 **Carrera = 200 mm**

🏭 Fuerza a vencer por el cilindro

$$F = (\text{Peso del motor} \times g) + 30\% \text{ Seguridad}$$

$$F = \left(31 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) + 30\% \text{ Seguridad}$$

$$F = 303,8 \text{ N} + 0,3 (303,98 \text{ N})$$

$$F = 303,8 \text{ N} + 91,194 \text{ N}$$

$$F = 394,94 \text{ N}$$

$$F \approx 395 \text{ N}$$

🏭 Área del cilindro

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

$$A = \frac{394,94 \text{ N}}{5 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$A = 7,9 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

🏭 Diámetro del cilindro

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(7,9 \times 10^{-4})}{\pi}}$$

$$D = 0,0317 \text{ m}$$

$$D \approx 32 \text{ mm}$$

La fuerza que debe vencer el cilindro neumático es 395 N, el área del vástago es de $7,9 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ con un diámetro de 32 mm aproximadamente.

4.4 Funcionamiento del sistema automatizado

Considerando los elementos mencionados en el capítulo anterior, el funcionamiento del sistema se lo divide en dos etapas.

■ Abastecimiento de la materia prima.

■ Corte de los flejes.

El proceso se resume en los siguientes diagramas de flujo, las abreviaturas que se utilizan en son las siguientes.

Tabla 13-4. Abreviaturas del diagrama de funcionamiento del sistema

Elementos	Abreviatura
Pulsador	P
Final de carrera	S
Luz piloto	L
M1	Motor de abastecimiento
M2	Motor de la cortadora
C	Cilindro neumático
“1”	Estado activo
“0”	Estado inactivo
F	Número de flejes
A	Alarma

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

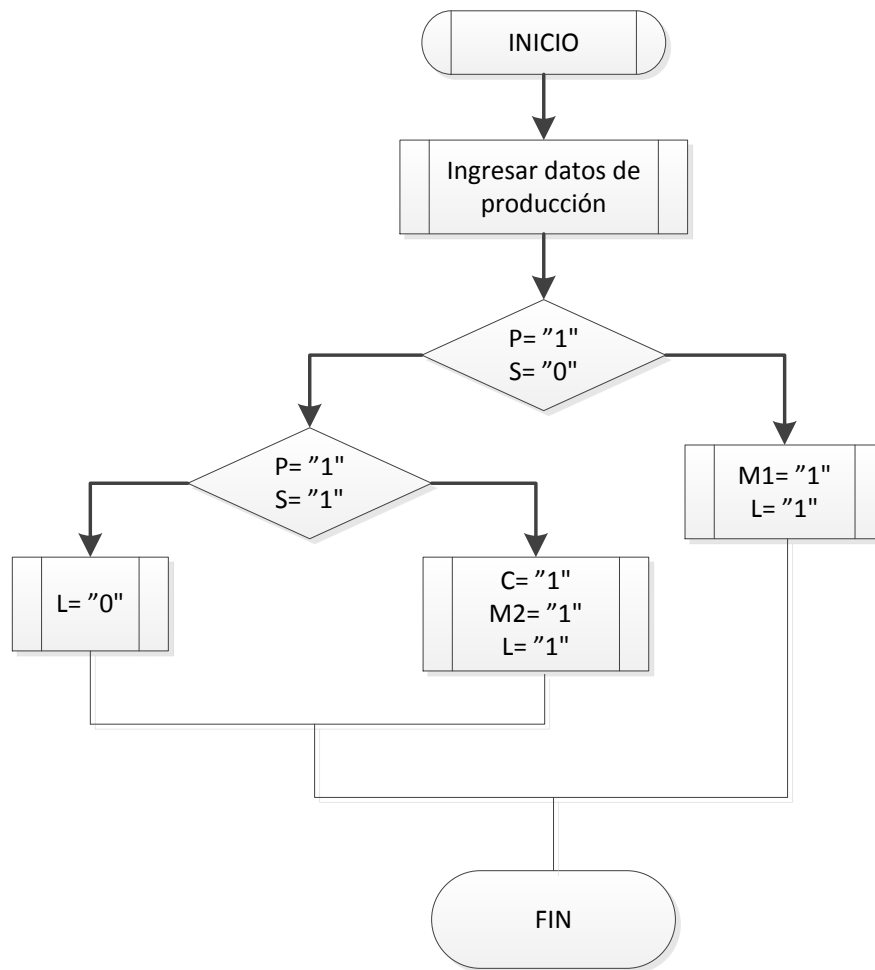


Gráfico 3-4. Funcionamiento de los motores
 Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

En resumen: el operario acciona el pulsador de marcha del sistema e ingresa la orden de producción en el panel de control y automáticamente el motor de abastecimiento se energiza y transporta el fleje hasta la posición del final de carrera. Cuando el final de carrera se activa con la acción del fleje, se detiene el motor de abastecimiento de materia prima, se activa el motor de la cortadora y se acciona el cilindro neumático que genera el movimiento para cortar el fleje. En todo el tiempo que el sistema está en funcionamiento, una luz piloto está encendida, caso contrario indica que el sistema no está en funcionamiento.

Una vez cortado el fleje, el motor de abastecimiento se pone en marcha automáticamente y se repite el proceso mencionado hasta que se cumpla la orden de producción ingresada con el número de flejes deseados. El proceso de flejado se representa en el siguiente diagrama:

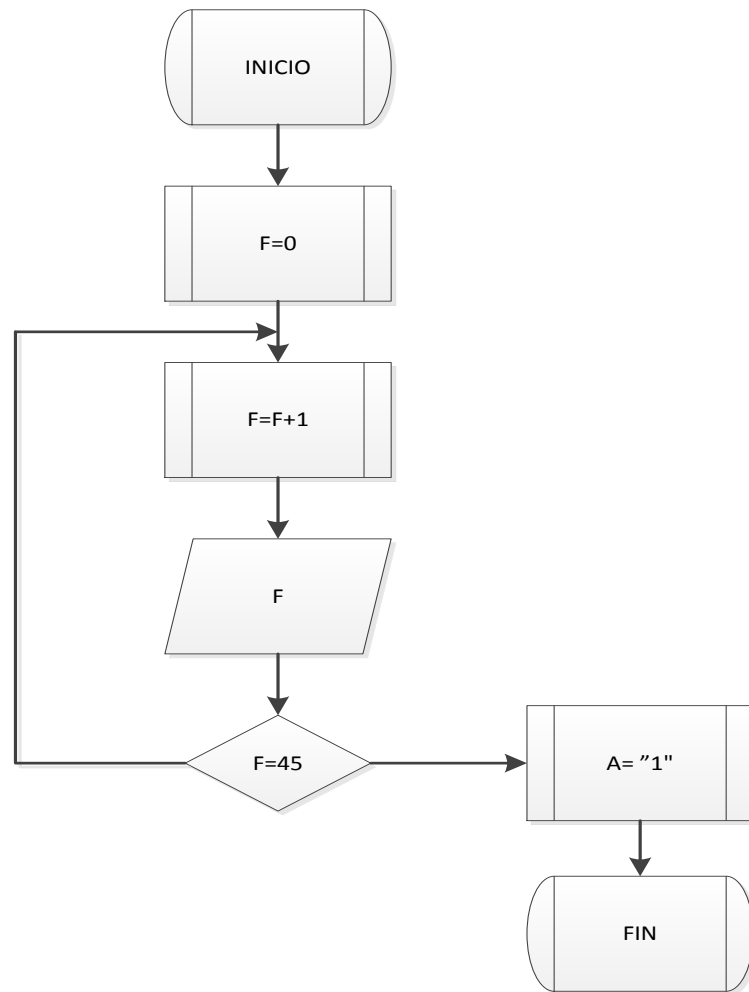


Gráfico 4-4. Proceso de flejado
 Realizado por: Henry, Acaro; Marco Terán, 2019

En promedio el número de flejes que se deben cortar son de 45, una vez que la máquina haya cortado los 45 flejes se activa una alarma que avisa al operario que el proceso de flejado ha culminado.

4.5 Diseño CAD

Antes de implementar el sistema automatizado se realiza el diseño CAD en el software Solidworks a fin de tener una idea clara de la ubicación de cada componente. Además el diseño CAD permitirá realizar el análisis estático de la estructura de la máquina flejadora y del cilindro neumático.

En el Anexo B se muestran los planos del sistema.

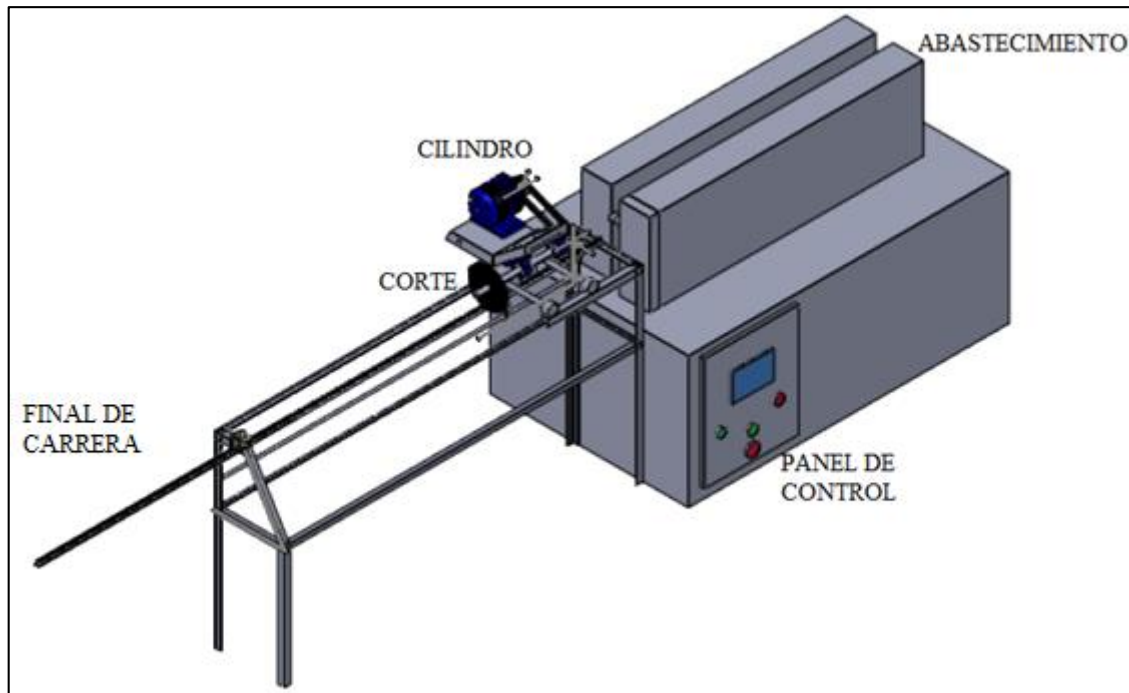


Figura 2-4. Diseño CAD del sistema
 Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.5.1 *Análisis Estático de la estructura de la máquina flejadora*

La importancia del análisis estático en la estructura de la máquina flejadora radica en que permite simular su comportamiento ante cargas estáticas como el peso de los componentes. En el análisis se determina la presión máxima que soporta la estructura, la deformación y el factor de seguridad de la misma (el cual debe ser mayor que uno para determinar que la estructura es confiable).

Para el análisis primero se realiza el modelo de la estructura como se muestra en la siguiente figura.

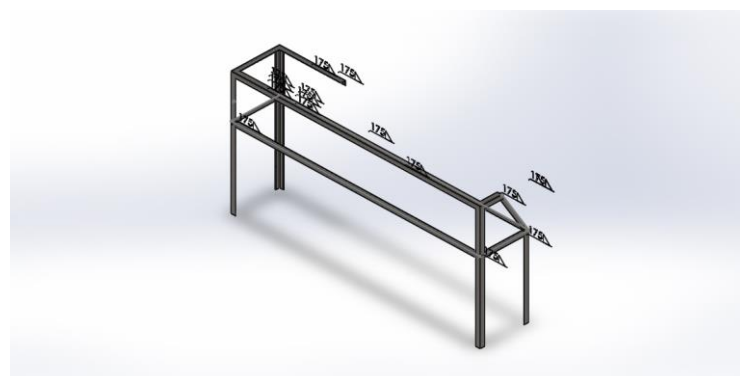


Figura 3-4. Modelo de la estructura
 Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

La información del modelo se detalla en el siguiente gráfico.

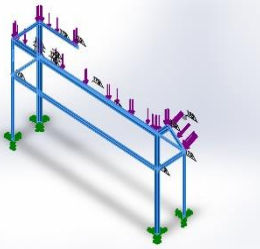
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Combinar1 	Sólido	Masa:22,9791 kg Volumen:0,00290874 m ³ Densidad:7900 kg/m ³ Peso:225,195 N

Gráfico 5-4. Información del modelo
 Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Otro factor importante que se requiere para realizar el análisis estático es el material de la estructura, cuyas propiedades se detallan a continuación.

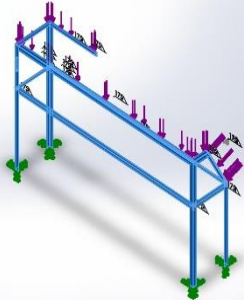
Referencia de modelo	Propiedades
	Nombre: AISI 1020 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 351,571 N/mm² Límite de tracción: 420,507 N/mm²

Gráfico 6-4. Propiedades del material
 Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Segundo, se asigna en la estructura la carga que soporta (833,85 N) como se detalla a continuación.

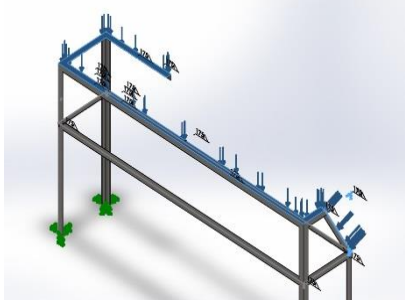
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 4 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 833,85 N</p>

Gráfico 7-4. Carga estática

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Una vez realizado el modelado y la asignación del peso que soporta la estructura, se analiza la presión que se ejerce sobre la misma, como se muestra en el siguiente gráfico, en la cual se determina una presión máxima de 320,485 Mpa.

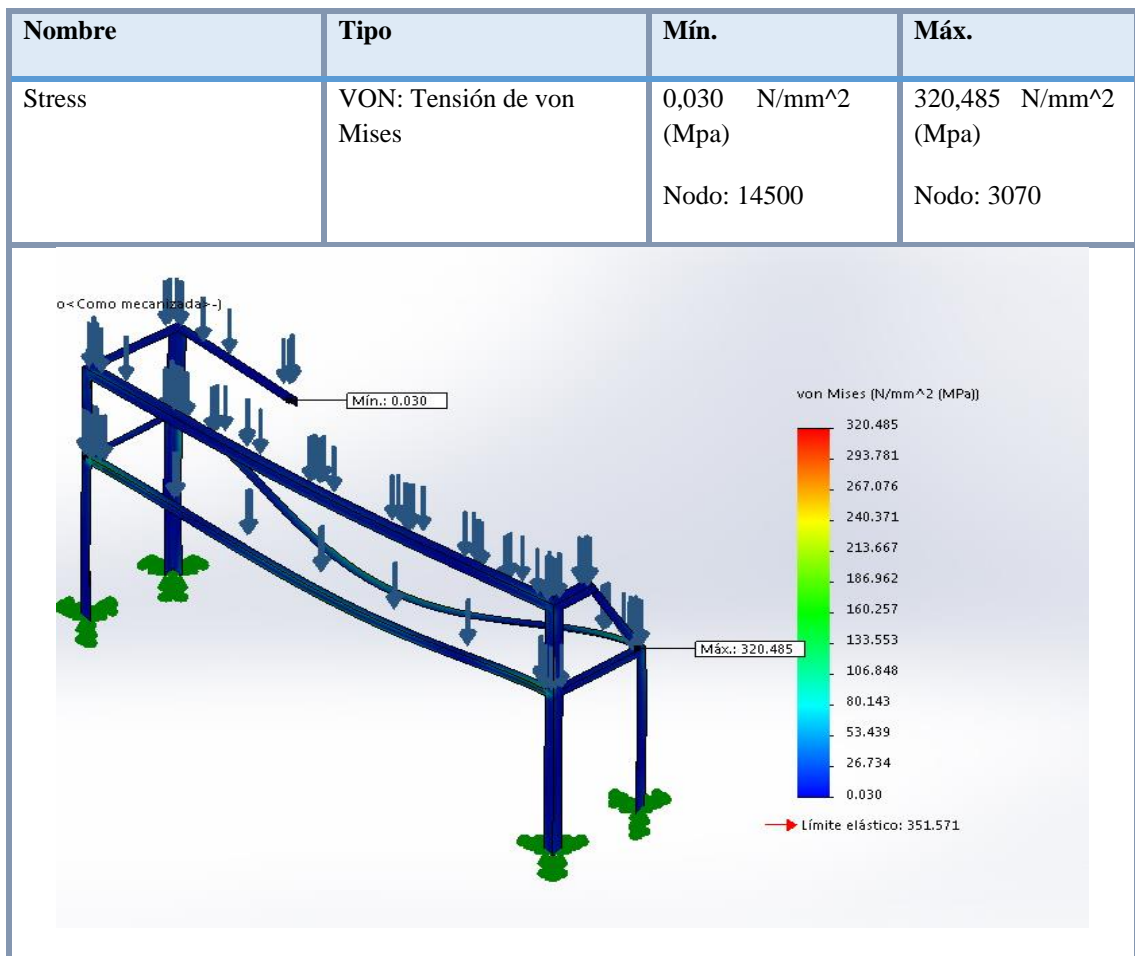


Gráfico 8-4. Análisis de la presión

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

La presión que ejercen los elementos en la estructura hace que esta se deforme, el análisis de la deformación se muestra en la siguiente figura, en la cual se determina que la deformación máxima se produce en la parte central de la estructura que corresponde a la parte pintada de rojo. El valor máximo de la deformación es 0.0394 mm con una presión máxima de 320,485 Mpa.

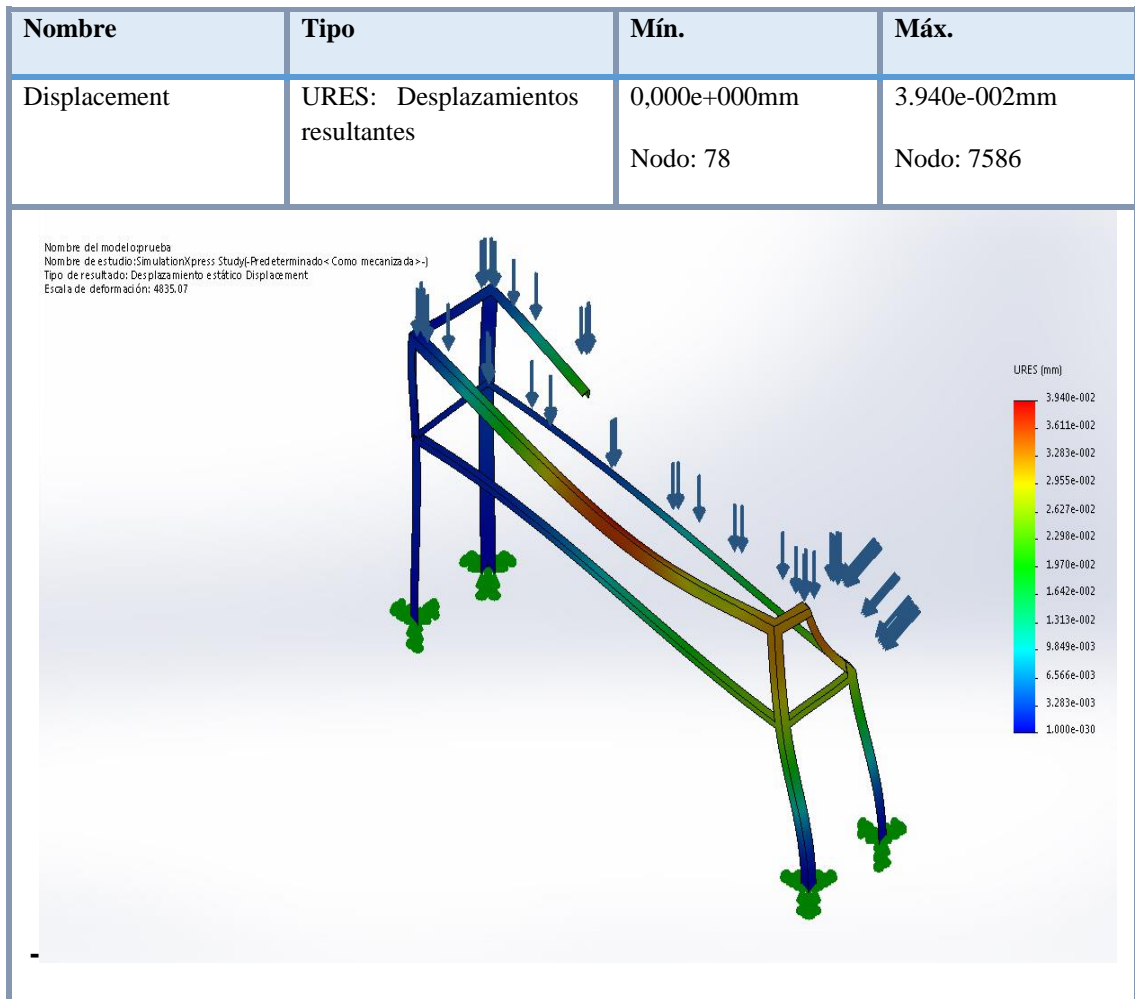


Gráfico 9-4. Análisis de la deformación

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Finalmente se determina el factor de seguridad, el cual debe ser mayor que uno para garantizar que la estructura soportará sin ningún inconveniente la carga estática a la que estará sometida.

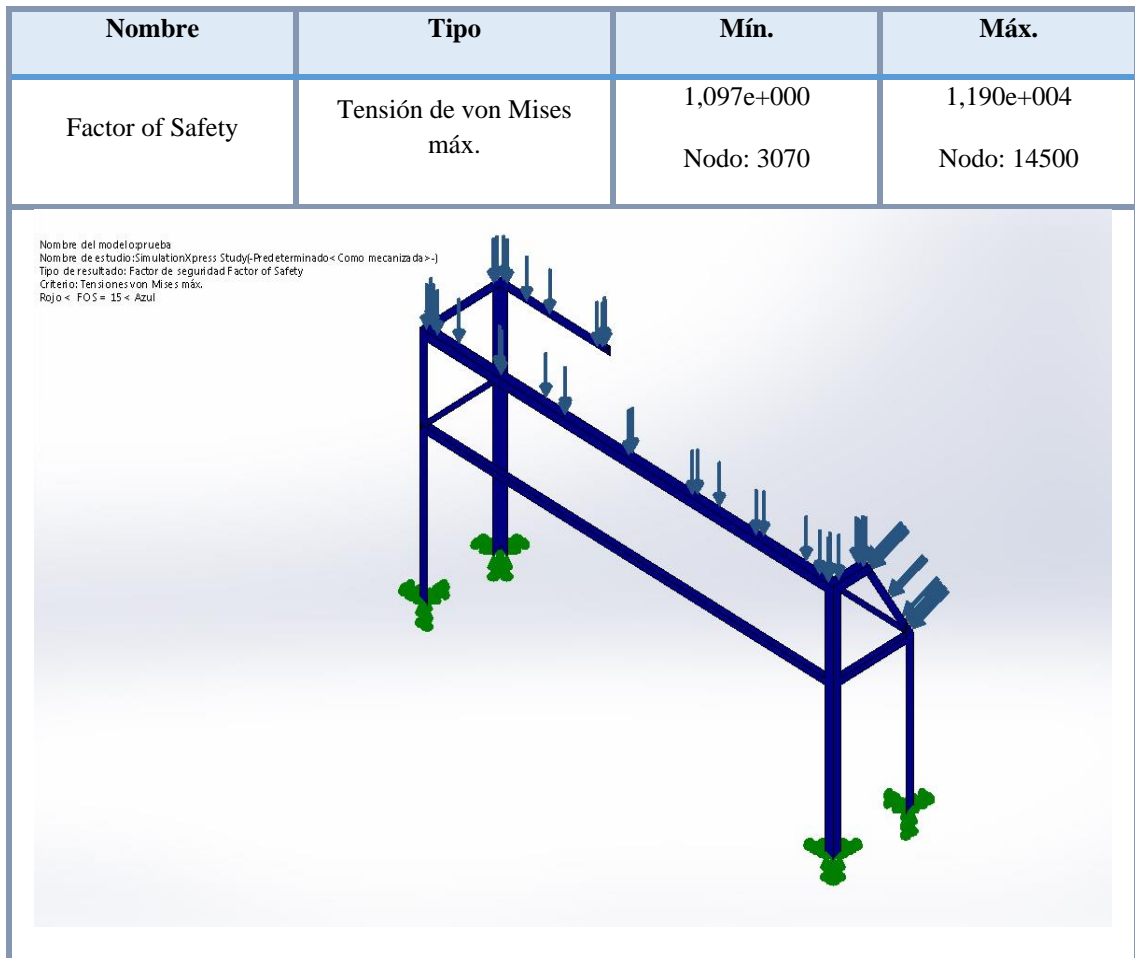


Gráfico 10-4. Factor de seguridad
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

La estructura es segura porque el factor de seguridad es mayor que uno.

4.5.2 *Análisis estático del cilindro*

El modelo del cilindro se muestra en la siguiente figura.

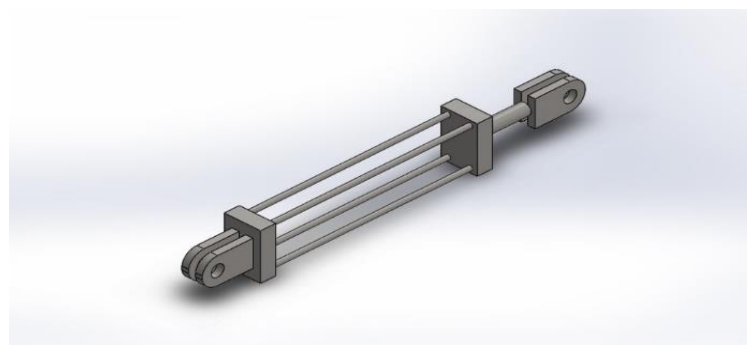


Figura 4-4. Modelado del cilindro
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

La información del modelo se detalla en el siguiente gráfico.

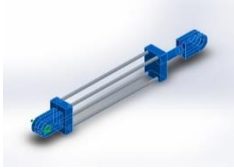
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
	Sólido	Masa:0,923478 kg Volumen:0,000115435 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:9,05008 N

Gráfico 11-4. Información del modelo

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Las propiedades del material se detallan a continuación.

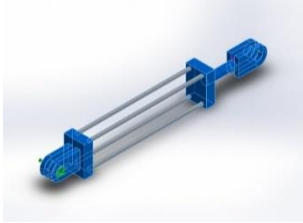
Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: AISI 304</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2,06807e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 5,17017e+008 N/m²</p>

Gráfico 12-4. Propiedades del material

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Segundo, se asigna la carga que soporta (392,4 N) como se detalla a continuación.

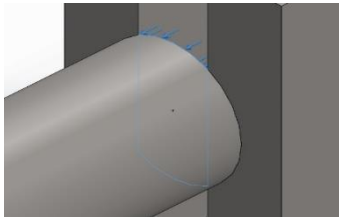
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-2		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Aplicar fuerza normal</p> <p>Valor: 392,4 N</p>

Gráfico 13-4. Carga estática

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

La presión máxima que soporta el cilindro es de $5,58 \times 10^6$ Pa.

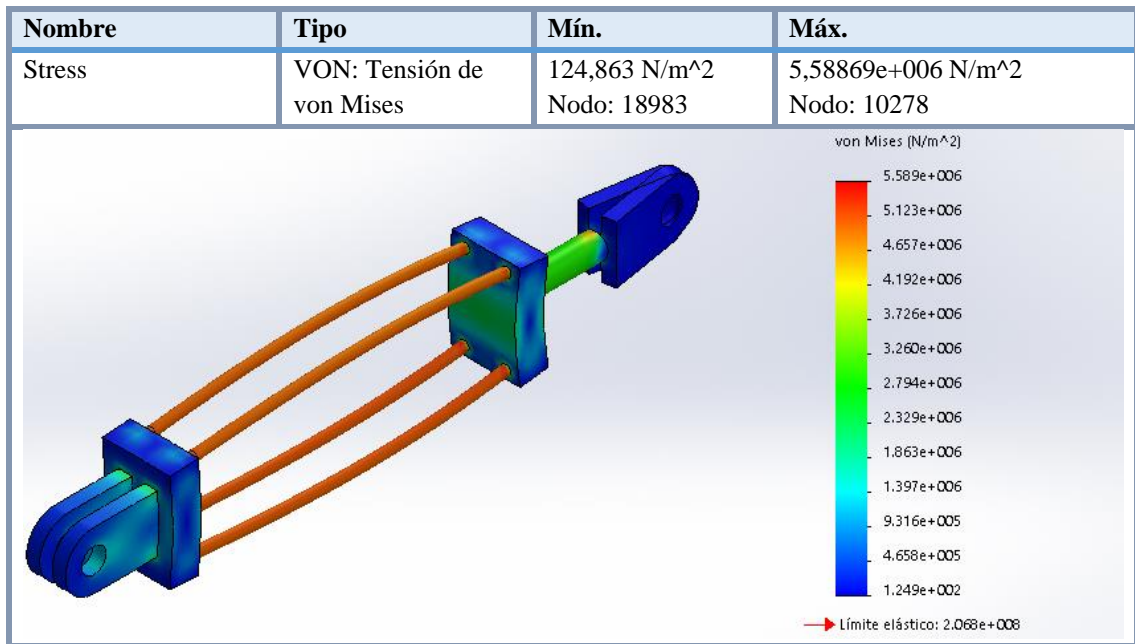


Gráfico 14-4. Análisis de la presión
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

El valor máximo de la deformación es 0,007 mm la cual es imperceptible al ojo humano. El análisis se detalla en el siguiente gráfico.

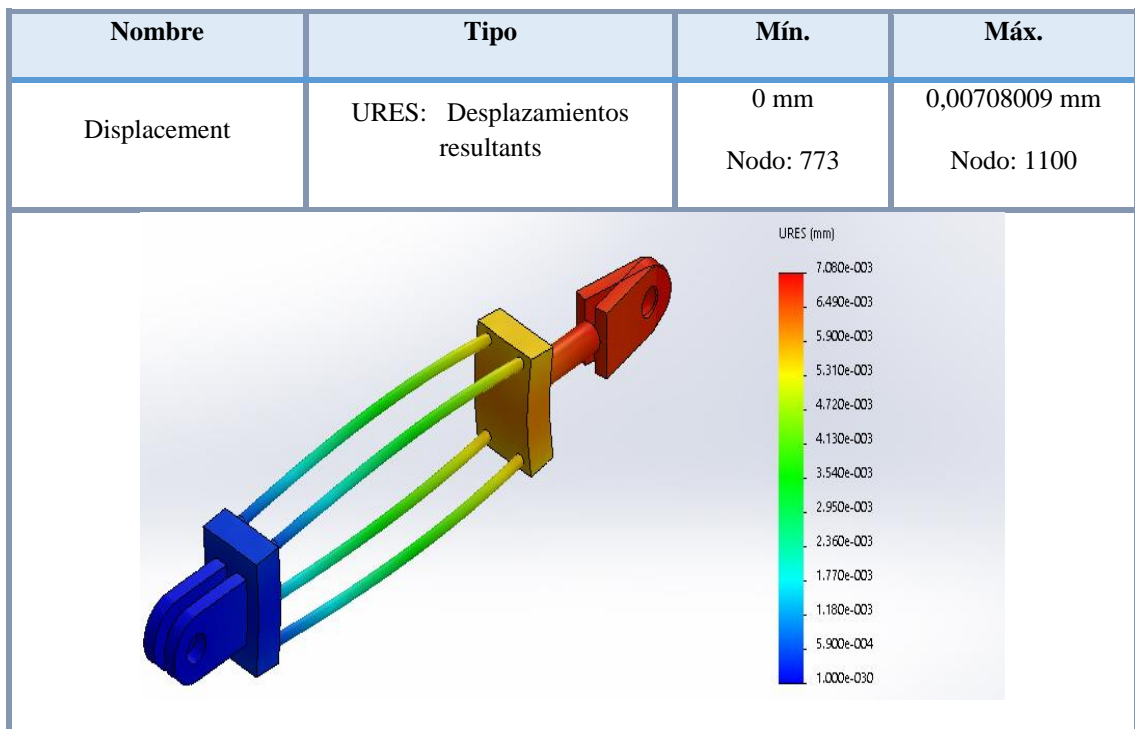


Gráfico 15-4. Análisis de la deformación
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Finalmente se determina el factor de seguridad, el resultado se detalla en el siguiente gráfico. El cilindro es seguro porque el factor de seguridad es mayor que uno.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor of Safety	Tensión de von Mises máx.	37,0046 Nodo: 10278	1,65627e+006 Nodo: 18983

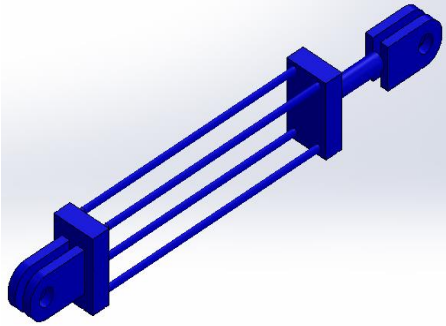


Gráfico 16-4. Factor de seguridad
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.6 Programación del PLC

La programación del PLC se realiza en el software de SIEMENS Tía Portal V13, para lo cual, primero se establece las variables del PLC y de la KTP como se muestra en las siguientes tablas.

Variables PLC					
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	R
8	Mem_Cilindro-	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	
9	Salida_Buzzer	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5	
10	Motor_banda	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	
11	Motor_sierra	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	
12	Cilindro-	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	
13	Cilindro+	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4	
14	Luz_Piloto	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3	
15	Fin_de_Cconteo	Tabla de variables e..	Bool	%M0.5	
16	Cortes_Realizados	Tabla de variables e..	Int	%MW2	
17	Cortes_Requeridos	Tabla de variables e..	Int	%MW4	
18	Cortes_Contador	Tabla de variables e..	Int	%MW6	
19	Memoria_Bloqueo	Tabla de variables e..	Bool	%M0.6	
20	Paro_Aux	Tabla de variables e..	Bool	%IO.1	
21	Rele Termico 1	Tabla de variables e..	Bool	%IO.4	
22	Rele Termico 2	Tabla de variabl...	Bool	%IO.5	
23	<Agrega>				

Gráfico 17-4. Variables del PLC
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Variables HMI				
Nombre ▲	Tabla de variables	Tipo de datos	Conexión	Nombre del P...
HMI_Cortes_Realizados	Tabla de variables estándar	Int	HMI_Conexi... ..	PLC_1
HMI_Cortes_Requeridos	Tabla de variables estándar	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1
<Agregar>				

Gráfico 18-4. Variables HMI

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Una vez establecidas las variables se realiza la programación en lenguaje LADDER como se muestra a continuación.

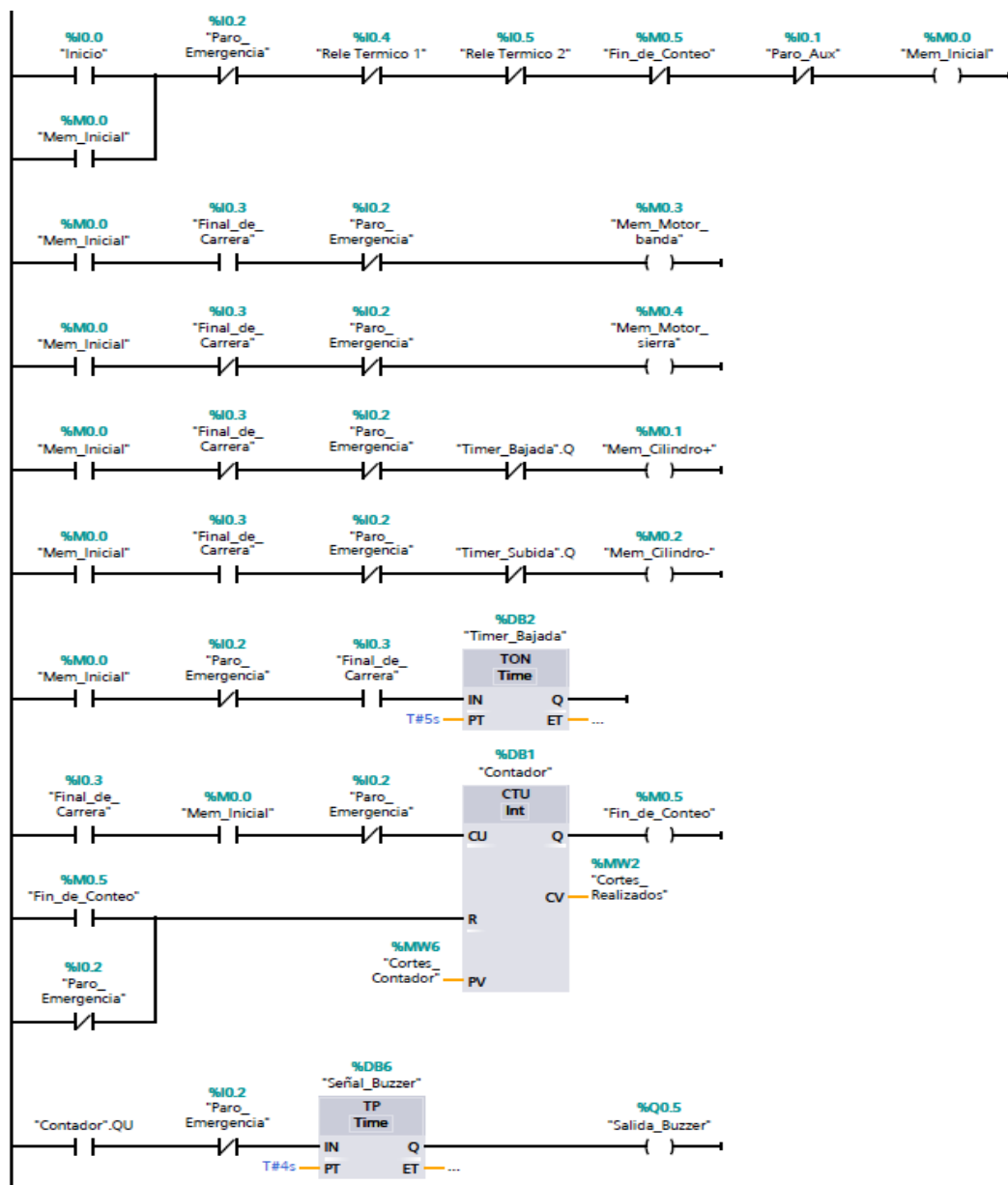


Figura 5-4. Programación ladder

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

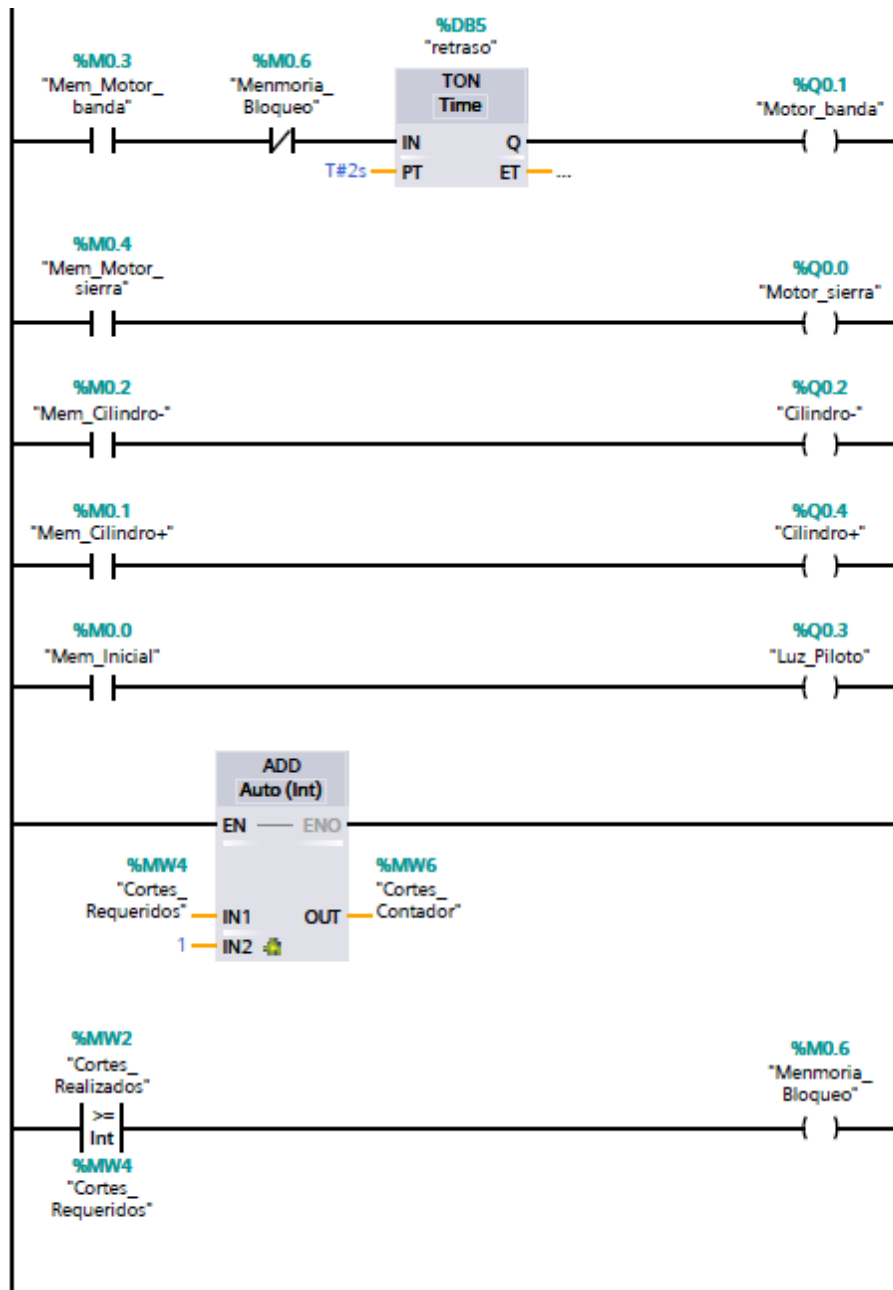


Figura 6-4. Programación ladder (Continuación)

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.7 Implementación del sistema automatizado

A continuación se detalla el procedimiento que se llevó a cabo para la implementación del sistema automatizado, entre las principales actividades tenemos la conexión neumática y eléctrica del sistema.

Para la conexión neumática, en primer lugar, se realizó la instalación de aire comprimido desde el área de pintura.



Figura 7-4. Instalación del aire comprimido
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

La conducción del aire comprimido se realiza a través de tubos galvanizados de ½”, en cuya instalación se destaca las siguientes actividades:

- Se instaló la acometida de aire comprimido hasta el lugar de la máquina flejadora.
- Se realizó un cuello de ganso en la acometida de aire comprimido para que se retenga la humedad y no llegue al cilindro.
- Se colocó una llave de bola que cumpliría la función de purga.
- Se instaló una llave de globo para suministrar y cortar el paso de aire comprimido.
- Se instaló una unidad de mantenimiento
- Se conectó una manguera espiral de poliuretano

La instalación del sistema neumático se muestra en la siguiente figura.

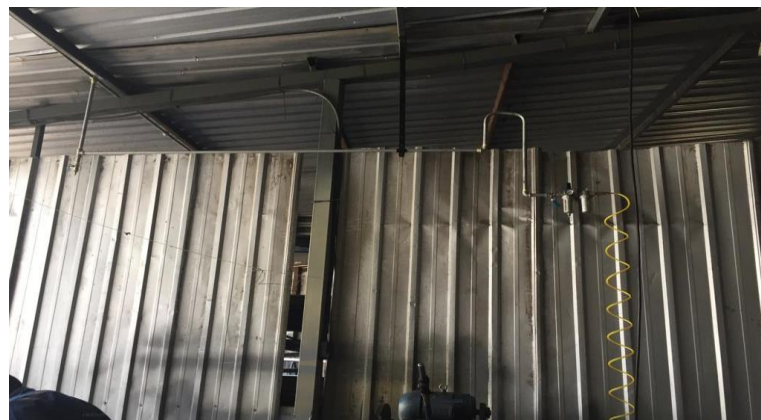


Figura 8-4. Instalación del sistema neumático
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

La estructura de la máquina tuvo que ser modificada a fin de facilitar la caída del fleje cortado sin ningún inconveniente, garantizando el abastecimiento del material a la máquina.



Figura 9-4. Modificación de la estructura
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Posteriormente se construyó y adaptó la estructura en la cual el cilindro se va a movilizar, se lo realizó con platina de 1 ½” con un largo de 15 cm, en la cual se realizó una ranura de 3/8” de diámetro por 10 cm de largo para ajustar el cilindro en la medida adecuada para su correcto funcionamiento. Se colocó los ejes en los cuales va estar sujeto el cilindro tanto en la parte superior como en la parte inferior.



Figura 10-4. Estructura para el cilindro
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Se instaló la electroválvula al final del tubo espiral de poliuretano y las salidas de la electroválvula a las dos entradas del cilindro.



Figura 11-4. Instalación de la electroválvula
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

A continuación se conectó los dos motores, el final de carrera y la electroválvula a la caja de control a fin de colocarla en la estructura para realizar las pruebas de campo, como se puede observar en la siguiente figura.



Figura 12-4. Conexión de la caja de control a la estructura
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Se cargó el programa realizado en TIA PORTAL 14 con lenguaje LADDER, al PLC y a la HMI.



Figura 13-4. Transferencia del programa al PLC y HMI
Realizado por: Henry, Acaro; Marco Terán, 2019

Se fija la caja de control a la estructura de la máquina flejadora.



Figura 14-4. Instalación de la caja de control
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Finalmente se realizó una estructura móvil para el final de carrera o el sensor inductivo a fin de que pueda posicionarse en cualquier posición que se requiera.



Figura 15-4. Estructura para el final de carrera o sensor inductivo
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

En la siguiente figura se puede apreciar una comparación entre el modelado CAD y el sistema una vez implementado.

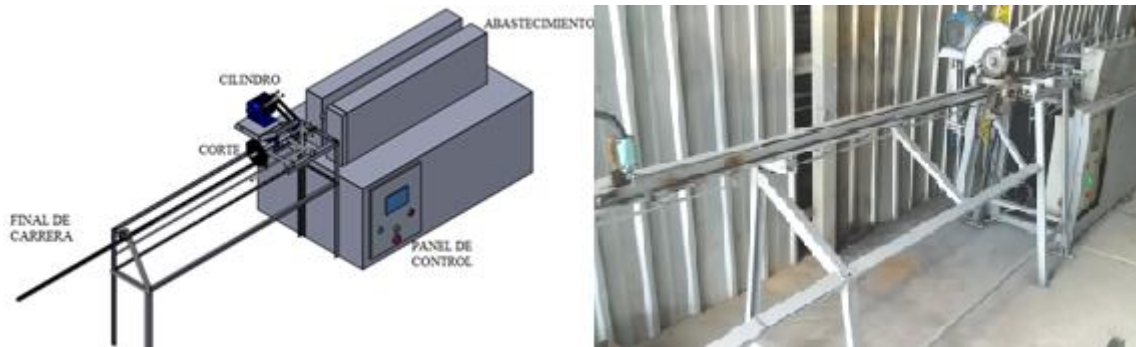


Figura 16-4. Comparación CAD vs Sistema Automatizado
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.8 Pruebas de funcionamiento

Una vez implementado el sistema automatizado se procede a realizar las pruebas de funcionamiento a fin de garantizar que cumple con los parámetros de diseño establecidos. Para lo cual cada componente es puesto en funcionamiento y de acuerdo a la función que debe cumplir se verifica que funcione adecuadamente, finalmente se registra el resultado en un check list. Este método es simple y permite comprobar que todos los dispositivos funcionen adecuadamente.

Tabla 14-4. Funcionamiento del sistema, pruebas físicas

Estructura del sistema automatizado	Elementos	ACCIÓN	
		Funciona	No funciona
Elementos de entrada	PULSADOR PLAST HONGO ROJO	✓	
	PULSADOR MONOBLOCK ROJO 1NC	✓	
	PULSADOR MONOBLOCK VERDE 1NA	✓	
	CONTACTOR LS 18 A 5 HP	✓	
	CONTACTOR LS 32 A 10 HP	✓	
	RELÉ TÉRMICO LS 19 A	✓	
	RELÉ TÉRMICO LS 32 A	✓	
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO EBASEE / TRIPLE / 40ª – 415V	✓	
	FINAL DE CARRERA	✓	
SENSOR INDUCTIVO	✓		
Unidad de Control	PLC	✓	
Actuadores	PANEL KTP400 COLOR	✓	

	LUZ PILOTO LED FATO VERDE 24V	✓	
	CILINDRO ISO SI D32MM C200MM	✓	
	MOTORES	✓	
	ELECTROVÁLVULA 5/2 – 1/4", MONO. 24 VDC	✓	
	SISTEMA DE ALARMA	✓	
Elementos Auxiliares	CONEXIÓN NEUMÁTICA	✓	
	CONEXIÓN ELÉCTRICA	✓	

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019



Figura 17-4. Pruebas físicas del sistema
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.8.1 Selección sensor inductivo vs final de carrera

Cómo se mencionó en un apartado anterior existen dos alternativas para detectar la presencia de un fleje y realizar el corte del mismo. Las alternativas consisten en un sensor inductivo que se acciona sin requerir el contacto físico del fleje y el final de carrera que requiere que el fleje lo presione para ser accionado. Mediante la ponderación de criterios de valoración se determinó que tanto el sensor como el final de carrera eran alternativas idóneas para cumplir esa función pero mediante las pruebas de funcionamiento se concluye que el final de carrera es la mejor alternativa debido al siguiente factor.

- Variabilidad en la dimensión de los flejes cortados:** En promedio el sistema automatizado debe realizar el corte automático de 45 flejes para la construcción de la puerta enrollable. Los flejes cortados deben ajustarse a una dimensión estándar es decir el rango de variabilidad en su dimensión debe ser el mínimo, deben tener la misma longitud.

Al realizar las pruebas de funcionamiento se determinó que con el sensor inductivo

existe una variabilidad de ± 5 milímetros en la longitud de los flejes cortados, lo cual no ocurre con el uso del final de carrera donde el corte de los flejes es estándar. Por este motivo y en base a la tabla de ponderación que se realizó anteriormente se realiza una nueva ponderación que se detalla a continuación.

Tabla 15-4. Ponderación de los criterios de valoración

Alternativas	Criterios de valoración				Ponderación
	Funcionalidad	Tipo de accionamiento	Costo	Variabilidad en el corte	
Final de carrera	5	4	5	5	19
Sensor	5	5	4	4	18

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Se concluye que la mejor alternativa para la detección de los flejes es el final de carrera.

4.9 Manual de operaciones

Una vez comprobado que el funcionamiento del sistema automatizado es adecuado se procede al adiestramiento del operario sobre el uso adecuado del sistema para lo cual es necesario crear un manual de operaciones, el mismo que se detalla a continuación.

4.9.1 Componentes de la máquina Flejadora

En la siguiente figura se puede apreciar los elementos que forman parte de la máquina flejadora.

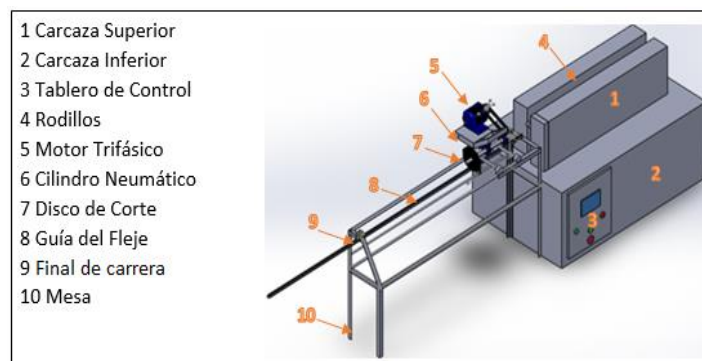


Figura 18-4. Componentes de la máquina flejadora

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

En la siguiente figura se ilustran los componentes que forman parte del tablero de control eléctrico.

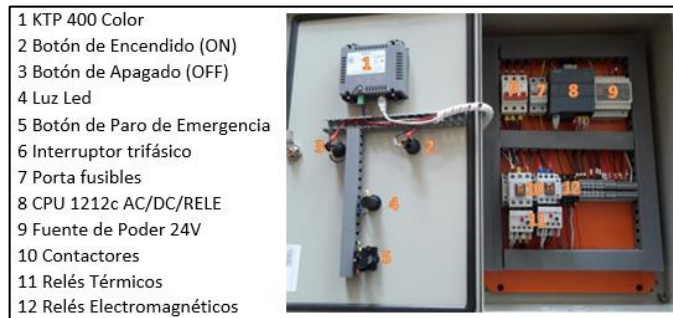


Figura 19-4. Componentes del tablero de control
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

En la siguiente figura se puede observar el interfaz de mando y control de la máquina flejadora.

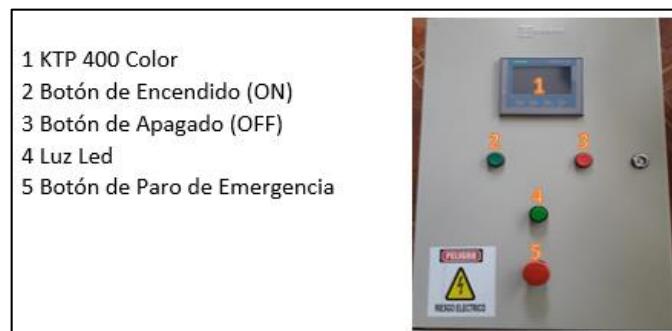



Figura 20-4. Interfaz de mando y control
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.9.2 Advertencias Generales

Tabla 16-4. Advertencias generales

	<p>Este documento es una herramienta necesaria para el conocimiento previo de la máquina flejadora automatizada. Se recomienda al usuario u operador leer atentamente este manual y que siga las instrucciones indicadas. Su lectura y entendimiento es obligatoria antes de hacer uso de la máquina flejadora automatizada, ya que es necesario conocer todos sus aspectos de funcionamiento, seguridad y mantenimiento.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

- El buen funcionamiento vendrá determinado por su correcta manipulación y uso que se le dé a la máquina.
- Los testistas declinan toda responsabilidad en los daños o deterioros causados por modificaciones no autorizadas en la máquina efectuadas por parte del usuario.
- Se recomienda utilizar únicamente piezas de repuesto recomendadas por los testistas.
- La reparación de esta máquina, así como el mantenimiento se debe realizar por personas cualificadas y bajo la autorización de los jefes superiores.
- Se proporcionara a los operarios que manejen esta máquina la información y capacitación necesaria para su correcto manejo.
- Se pondrá obligatoriamente a disposición de los operarios este manual de instrucciones.
- Se debe llevar un registro de mantenimiento periódico, revisiones y averías de esta máquina.

4.9.3 Advertencias Generales de seguridad

ATENCIÓN: EL USO INAPROPIADO Y UN MANTENIMIENTO INCORRECTO DE LA MÁQUINA PUEDEN PROVOCAR LESIONES FÍSICAS AL USUARIO. PARA EVITAR ESTOS RIESGOS HAY QUE SEGUIR DETENIDAMENTE LAS INSTRUCCIONES SIGUIENTES.

Tabla 17-4. Advertencias generales de seguridad

ADVERTENCIAS GENERALES DE SEGURIDAD	ACTIVIDADES
NO TOCAR LAS PARTES EN MOVIMIENTO	Prohibido introducir las manos, dedos o cualquier otra parte del cuerpo en los componentes de la máquina flejadora que se encuentren en movimiento. NTP 235: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS.
NO USAR LA MÁQUINA FLEJADORA SIN LAS PROTECCIONES MONTADAS	Verificar que el montaje adecuado de las protecciones de la máquina (cubre disco, cubre correa).

	NTP 235: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS.
UTILIZAR SIEMPRE LOS EPI NECESARIOS	Utilizar los equipos de protección individual (gafas, orejeras, guantes, y ropa de trabajo) a fin de protegerse de los riesgos propios de la actividad. (Art. 176 – 177 – 178 – 179 – 181 - 182 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO).
PROTEGERSE CONTRA LOS CHOQUES ELÉCTRICOS	Antes de manipular un dispositivo eléctrico cortar la alimentación de energía. Nunca manipular un dispositivo en un ambiente húmedo. NTP 71: SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ELÉCTRICOS INDIRECTOS
LIBERAR LA PRESIÓN	Antes de manipular un dispositivo del sistema neumático, desconectar el compresor de la fuente de energía eléctrica y descargar completamente la presión del depósito. Para liberar la presión interna del sistema debe abrirse la llave de purga. NTP 52: CONSIGNACIÓN DE MÁQUINAS NTP 631: RIESGOS EN LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS, ACCIONADOS POR AIRE COMPRIMIDO
MÁQUINA EN REPOSO	Los sistemas eléctrico y neumático deben desconectarse cuando la máquina no se encuentre en funcionamiento. NTP 52: CONSIGNACIÓN DE MÁQUINAS
ZONA DE TRABAJO	Limpiar periódicamente el área de trabajo. La máquina al funcionar proyecta chispas por lo cual se prohíbe el uso de la máquina presencia de

	<p>líquidos inflamables o gases como pinturas, gasolinas, sustancias químicas o adhesivos.</p> <p>NTP 481: ORDEN Y LIMPIEZA DE LUGARES DE TRABAJO</p>
<p>MANTENER FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS Y PERSONAS AJENAS</p>	<p>El uso de la máquina es exclusivo para los trabajadores, se prohíbe el uso por parte personas particulares a fin de garantizar su seguridad.</p> <p>NTP 235: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS.</p>
<p>PRECAUCIONES PARA EL CABLE DE ALIMENTACIÓN</p>	<p>El cable de alimentación debe mantenerse alejado del calor, sustancias inflamables y superficies cortantes.</p> <p>Ubicar el cable en un área estratégica donde se evite pisarlo o aplastarlo con algún objeto.</p> <p>NTP 87: EQUIPO ELÉCTRICO EN MÁQUINAS HERRAMIENTAS. MEDIDAS DE SEGURIDAD</p>
<p>INSPECCIONES PERIÓDICAS</p>	<p>Identificar la existencia de anomalías en el exterior del compresor a fin de corregirlas.</p> <p>Verificar el estado óptimo de los sistemas de conexión eléctrica y neumática.</p> <p>Verificar que los pernos, tuercas y demás dispositivos de sujeción estén bien ajustados.</p> <p>NTP 1116: MANTENIMIENTO Y VUELTA AL TRABAJO: PROCEDIMIENTO</p>
<p>CUIDADO</p>	<p>Antes de realizar una actividad peligrosa utilizar el sentido común.</p> <p>No operar la máquina bajo el efecto del alcohol, drogas o medicinas que puedan afectar la coherencia del operario.</p> <p>NTP 235: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS.</p>
<p>CONTROLAR LAS PÉRDIDAS DE AIRE</p>	<p>Verificar que los componentes del sistema neumático no presenten ninguna falla caso</p>

	<p>contrario el personal autorizado deberá repararlos o sustituirlos.</p> <p>NTP 235: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS.</p> <p>NTP 631: RIESGOS EN LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS, ACCIONADOS POR AIRE COMPRIMIDO</p>
<p>UTILIZAR LA MÁQUINA EXCLUSIVAMENTE PARA LAS APLICACIONES ESPECIFICADAS EN EL SIGUIENTE MANUAL DE INSTRUCCIONES</p>	<p>Prohibido utilizar la máquina en usos no especificados en el presente manual de instrucciones.</p> <p>NTP 235: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS.</p>
<p>MANTENER LIMPIO Y DESPEJADO EL FINAL DE CARRERA</p>	<p>Mantener despejada el área de materiales que puedan afectar el accionamiento del final de carrera.</p> <p>NTP 481: ORDEN Y LIMPIEZA DE LUGARES DE TRABAJO</p>
<p>NO LIMPIAR JAMÁS LAS PARTES ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS CON DISOLVENTES</p>	<p>Para la limpieza de los dispositivos electrónicos utilizar un paño suave y seco.</p> <p>Evitar el uso de disolventes como gasolina, o diluyentes u otras sustancias similares porque pueden dañar los componentes electrónicos del sistema.</p> <p>NTP 235: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS.</p>
<p>UTILIZAR SÓLO PIEZAS DE REPUESTO ORIGINALES</p>	<p>Evitar el uso de piezas de repuesto no originales ya que producen desperfectos en el funcionamiento adecuado de la máquina.</p>
<p>NO MODIFICAR LA MÁQUINA</p>	<p>Antes de realizar una modificación en la máquina consultar con el personal técnico capacitado ya que cualquier modificación no autorizada puede desembocar en graves accidentes o lesiones.</p> <p>NTP 1116: MANTENIMIENTO Y VUELTA AL TRABAJO: PROCEDIMIENTO</p>

<p align="center">NO TOCAR LAS PARTES CALIENTES DE LA MÁQUINA</p>	<p>No tocar los componentes calientes de la máquina como los motores a fin de evitar quemaduras.</p> <p align="center">NTP 235: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS.</p>
<p align="center">CIRCUITO NEUMÁTICO</p>	<p>Los componentes del sistema neumático deben soportar una presión superior o igual a la presión de trabajo.</p> <p align="center">NTP 631: RIESGOS EN LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS, ACCIONADOS POR AIRE COMPRIMIDO</p>
<p align="center">PARA UTILIZAR CORRECTAMENTE LA MÁQUINA</p>	<p>Adiestrar al operario sobre la ubicación y el funcionamiento de todos los mandos y de las características de la máquina.</p> <p align="center">NTP 1098: EQUIPO ELÉCTRICO DE MÁQUINAS: COLORES Y MARCADOS DE LOS ÓRGANOS DE ACCIONAMIENTO</p>
<p align="center">NO MODIFICAR EL DEPÓSITO Y TUBERÍAS DE AIRE COMPRIMIDO</p>	<p>Se prohíbe hacer agujeros, soldaduras o deformar el depósito y tuberías de aire comprimido.</p> <p align="center">NTP 631: RIESGOS EN LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS, ACCIONADOS POR AIRE COMPRIMIDO</p>
<p align="center">LESIONES GRAVES</p>	<p>No desconectar las líneas de aire comprimido cuando la máquina sin haber liberado la presión interna del sistema con anterioridad.</p> <p>No interferir con las manos el avance del fleje o los motores.</p> <p>No introducir las manos o cualquier parte del cuerpo en los rodillos mientras la máquina esté en funcionamiento.</p>

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

CONSERVAR ESTAS INSTRUCCIONES DE USO, SEGURIDAD Y MANTENIMIENTO Y PONERLAS AL ALCANCE DE LAS PERSONAS QUE HAN DE UTILIZAR ESTA MÁQUINA. NOS RESERVAMOS EL DERECHO DE APORTAR CUALQUIER MODIFICACIÓN SIN AVISO PREVIO SI FUERA NECESARIO

Puesta en marcha de la máquina flejadora

4.9.3.1 Condiciones previas a la puesta en marcha

- 🎬 Encender y asegurarse que el compresor esté funcionando correctamente y que proporcione la presión necesaria para el correcto funcionamiento de la máquina.
- 🎬 Verificar el buen estado de la línea de alimentación de aire comprimido hacia la máquina.
- 🎬 Purgar el sistema neumático mediante la válvula de purga.
- 🎬 Comprobar el buen estado de las líneas de suministro de energía eléctrica de la máquina.
- 🎬 verificar que el rollo de fleje tenga el material necesario para realizar la cantidad de cortes requeridos.
- 🎬 Comprobar el óptimo estado del disco de corte.
- 🎬 Inspeccionar que las bandas estén en óptimas condiciones.
- 🎬 Despejar de la máquina cualquier agente u objeto extraño que pueda obstruir o alterar el buen funcionamiento.

4.9.3.2 Puesta en marcha

- 🎬 Colocar el final de carrera a la medida requerida.
- 🎬 Alimentar la máquina al suministro eléctrico 330V.
- 🎬 Abrir la llave de globo para permitir el paso del aire comprimido.
- 🎬 Ingresar los datos del número de flejes a cortar.
- 🎬 Dar inicio a la producción de flejes (Botón Verde).
- 🎬 Para parar la producción en caso de ser necesario oprimir STOP (Botón Rojo)
- 🎬 En caso de ocurrir un accidente y que sea necesario el paro inmediato de la máquina oprimir el botón de paro de emergencia (Botón Tipo Hongo).

4.9.3.3 Al finalizar la producción

- 🎬 Asegurarse que la máquina haya cortado todos los flejes antes programados.
- 🎬 Cortar el suministro eléctrico de la máquina.
- 🎬 Apagar el compresor y liberar la presión interna del sistema neumático.

- Limpiar el lugar de trabajo.

4.9.4 *Mantenimiento de la máquina flejadora*



El operario de mantenimiento deberá tener la cualificación profesional adecuada, de manera que se puedan evitar posibles accidentes derivados del uso de la máquina.

4.9.4.1 *Tareas de preparación previas al mantenimiento*

Además, antes de comenzar las tareas de mantenimiento se deberán haber realizado las tareas de preparación que se detallan a continuación:

- La iluminación debe ser la suficiente para poder realizar correctamente las labores de mantenimiento.
- Mantener el lugar de trabajo limpio y en orden.
- Tener claro que tipo de mantenimiento se le va a dar a la máquina.

4.9.4.2 *Tareas de mantenimiento*

Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente se debe proceder a realizar el mantenimiento respetando estrictamente los siguientes parámetros de operación:

- Asegurarse de tener las herramientas, dispositivos y elementos necesarios para realizar el mantenimiento.
- Antes de trabajar en el mantenimiento asegurarse que la máquina está funcionando correctamente.
- Cortar la alimentación eléctrica de la máquina.
- Quitar la alimentación neumática de la máquina y liberar la presión del sistema.
- Usar la vestimenta adecuada y los EPI necesarios para la labor de mantenimiento.
- Realizar las labores de mantenimiento planificadas.

4.9.4.3 Operaciones después del mantenimiento

- Después de terminar el mantenimiento, se debe limpiar las partes manchadas con aceites o grasas.
- Retirar los desechos sólidos y poner en el lugar establecido para los mismos.
- Alimentar la máquina al suministro eléctrico y neumático.
- Revisar el uso correcto de la máquina.
- Registrar los datos de mantenimiento de la máquina.

4.9.4.4 Materiales más frecuentes a ser reemplazados

En caso de ser necesario la reposición de algún elemento o repuesto en la máquina usar solo piezas originales y de las especificaciones detalladas a continuación:

Tabla 18-4. Materiales más frecuentes a ser reemplazados

Elemento	Especificación	Procedimiento
Banda de transmisión	A30	Cortar suministro eléctrico. Desajustar las tuercas, cambiar la banda y ajustar las tuercas.
Final de carrera	Input: 24V	Cortar suministro eléctrico. Desconectar los cables. Cambiar el final de carrera. Conectar los cables (fuente y PLC).
Disco de corte	14"	Cortar suministro eléctrico. Desajustar la tuerca, cambiar el disco y ajustar la tuerca.
Fusibles	32A	Cortar suministro eléctrico. Abrir el seguro del porta fusibles, cambiar los fusibles y asegurar el porta fusibles.

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.9.4.5 Tips para un mantenimiento básico adecuado

- Mantener las bandas limpias
- Controlar que el mando manual, botoneras, pantallas, etc. Estén limpios y exentos de polvo, grasa o aceite.
- Comprobar visualmente que los conectores eléctricos estén en buen estado.
- Verificar que no existan fugas de aire comprimido.

NOTA: Para llevar a cabo todas estas tareas de mantenimiento, se deberá de tener una ficha de mantenimiento donde se tome nota de todas las acciones realizadas.

4.9.4.6 Plan de mantenimiento

En la siguiente tabla se detalla el plan de mantenimiento para los principales componentes del sistema.

Tabla 19-4. Plan de Mantenimiento

COMPONENTES	ACTIVIDADES	D	S	M	T	Se	A
Sistema neumático	Detección y supresión de las fugas de aire.			X			
	Inspección completa de todo el sistema de líneas.						X
	Inspección de uniones, curvas, térs, codos, acoplamientos.				X		
Válvulas de control	Fugas posibles de aire y su supresión.			X			
	Inspeccionar los elementos de actuación.					X	
	Verificar el ajuste de la válvula.					X	
	Verificar el solenoide.			X			
	Verificar resortes y actuadores de las válvulas.						X
	Daños mecánicos a las válvulas y sus piezas.						X
Cilindro neumático	Verificar las fugas y su supresión.			X			
	Inspeccionar el soporte mecánico y los montajes del cilindro.					X	
	Inspeccionar el cilindro respecto a su fuerza y exactitud de su velocidad.		X				

	Verificar el alineamiento del pistón, la varilla del pistón y el cuerpo o tubo del cilindro.						X
Cilindro neumático	Daños mecánicos en la varilla del pistón.		X				
Conexión eléctrica	Revisión visual de la integridad del tablero, verificar puntos como: buen estado de la tapadera, cantidad de tornillos que sujetan la tapadera, espacios para circuitos con su protección original o artificial.	X					
	Verificar que todos los térmicos y/o interruptores termomagnéticos se encuentren correctamente enganchados a las barras de alimentación.	X					
	Si existiesen empalmes entre conductores verificar que este se encuentre en buen estado y que la cubierta de cinta adhesiva aislante se encuentre en buen estado.	X					
	Realizar mediciones de voltaje y corriente en los cables alimentadores del tablero.		X				
	Eliminar goteos o condensación de agua sobre los aparatos.	X					
	Limpiar la acumulación de suciedad o sustancias pegajosas.	X					
	El recalentamiento se nota por la decoloración de las partes metálicas, aislamiento quemado u olor.	X					
	Verificar la libertad de movimiento de las piezas móviles.		X				

	Verificar presión de contacto apropiada.		X				
	Verificar piezas gastadas o rotas.		X				
Conexión eléctrica	Funcionamiento adecuado de la unidad de control.			X			
	Corrosión de las piezas metálicas.					X	
	Estado de los contactos del circuito de mando.					X	
Motor	Comprobar desgaste de las escobillas.			X			
	Lubricar rodamientos			X			
	Sustituir rodamientos					X	
Bandas	Verificar tensado adecuado.	X					
	Verificar la flexibilidad.	X					
	Verificar existencia de desgaste.	X					
	Sustituir.				X		
Disco de corte	Sustituir			X			
Final de carrera	Sustituir			X			

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Tabla 20-4. Designación de las variables del tiempo

D	Diario
S	Semanal
M	Mensual
T	Trimestral
Se	Semestral
A	Anual

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

4.10 Costos de la implementación

Los costos de la implementación del sistema automatizado se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 21-4. Costos de la implementación

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO	TOTAL
1	CPU 1212C AC/DC RELÉ SIEMENS	323,05	323,05
1	PANEL KTP400 COLOR	477,75	477,75
1	CONTACTOR LS 18 A – 5 HP	19,04	19,04
1	CONTACTOR LS 32 A – 10 HP	30,31	30,31
1	RELÉ TERMICO LS 19 A	28,63	28,63
1	RELÉ TERMICO LS 32 A	28,06	28,06
1	FUENTE DE PODER REG 24VDC 60W 2.5 A	34,45	34,45
1	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO EBASEE / TRIPLE / 40A - 415V	6,95	6,95
1	PORTAFUSIBLE FATO 32A – 690V	5,36	5,36
1	LUZ PILOTO LED FATO VERDE 24V	1,43	1,43
1	PULSADOR PLAST HONGO ROJO	2,18	2,18
1	PULSADOR MONOBLOCK ROJO 1NC	0,75	0,75
1	PULSADOR MONOBLOCK VERDE 1NA	0,75	0,75
1	GABINETE METÁLICO 600X400X200	39,55	39,55
1	MATERIAL ELÉCTRICO (cable, borneras, riel, canaletas).	52,00	52,00
1	CILINDRO ISO SI D32MM C200MM	101,21	101,21
1	UNIDAD DE MANTENIMIENTO 1/2", DREN MANUAL, MC	88,75	88,75
1	ELECTROVÁLVULA 5/2 - 1/4", MONO. 24 VDC	63,60	63,60
1	ACOPLE RÁPIDO SOCKET 1/4", HEMBRA	9,71	9,71
1	ACOPLE RÁPIDO PLUG 1/4", MACHO	2,10	2,10
1	RACOR RECTO 1/4" X 10 MM	3,11	3,11
2	REGULADOR DE FLUJO 1/4" X 10 MM	8,36	16,72
3	RACOR RECTO 1/4" X 10 MM	3,11	9,33
2	SILENCIADOR BRONCE SINTERIZADO 1/8"	1,66	3,32
1	SOPORTE PIVOTE CILINDRO ISO D32MM (RECTO)	12,60	12,60
1	PIVOTE CILINDRO ISO D32MM	18,81	18,81
1	TUBO ESPIRAL POLIURETANO 10 MM X 9 M	25,20	25,20
3	TUBO POLIURETANO 10 MM	2,23	6,69
1	FINAL DE CARRERA 24V	18,95	18,95
4	TUBO GALVANIZADO 1/2" X 6M	23,03	92,12
6	CODO GALVANIZADO 1/2"	0,50	3,00
2	TE GALVANIZADA 1/2"	0,75	1,50
2	VÁLVULA DE ESFERA 1/2" FV	4,50	9,00
2	REDUCCIÓN GALVANIZADO 1/2" - 1/4"	0,55	1,10
1	MATERIAL PLOMERÍA (TEFLON, SELLADOR)	2,75	2,75
TOTAL			1539,83






Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

El costo total de la implementación fue de 1539,83 dólares, cabe mencionar que los costos fueron asumidos en su totalidad por los dueños de máquina flejadora, en este caso IMEV.

4.11 Proceso de flejado mejorado







Una vez implementado el proceso de flejado se realiza el diagrama de proceso.

Tabla 22-4. Diagrama del proceso de flejado

 DIAGRAMAS DE PROCESO (Tipo Hombre)								
Empresa: IMEV		Proceso: Flejado		Estudio N° 01		Hoja N° 01		
Departamento: Producción		Analista: Henry Acaro - Marco Terán		Método: Actual		Fecha: 05/04/2019		
Unidad Considerada	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA 	N°	TIEMPO (segundos)					DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
			Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	
1 puerta enrollable		1		25,00				Traslada los flejes desde su almacenamiento hacia la porta flejes.
		1	690,00					Coloca el fleje en el rodillo giratorio.
		2	10,00					Ingresa la orden de producción en el sistema automatizado.
		2		60,00				Transporta todas las unidades desde la máquina flejadora hacia el puesto de ensamble de flejes.
Total			700,00	85,00	0,00	0,00	0,00	
Total en segundos			785,00					
Total en horas			0,22					

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Tabla 23-4. Resumen del proceso de flejado

RESUMEN		
Operaciones		2
Transportes		2
Demoras		0
Inspecciones		0
Almacenes		0
O. Combinadas		0
Total de actividades		4
Tiempo total (horas)		0,22 h

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Al reducir el tiempo y el número de operaciones en el proceso de flejado, se reduce también en el proceso general para la producción de puertas enrollables. El resultado se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 24-4. Resumen del proceso de producción

RESUMEN		
Operaciones		96
Transportes		52
Demoras		0
Inspecciones		0
Almacenes		12
O. Combinadas		2
Total de actividades		162
Tiempo total (horas)		4,03

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Con la implementación del sistema automatizado para la fabricación de una puerta enrollable se requiere 4,03 horas.


4.12 Análisis de costos

A continuación se determina el costo actual para la elaboración de una puerta enrollable.

■ **Mano de obra directa (MOD).**- Para el cálculo del costo de mano de obra directa es importante considerar que la jornada de trabajo es de 8 horas, al mes el operario trabaja 160 horas. El cálculo de la tasa por hora se halla dividiendo el salario mensual de 400 dólares del trabajador para el total de horas mensuales laboradas. El costo total de la mano de obra sería igual al tiempo por la tasa/hora.

El resultado obtenido se detalla a continuación.

Tabla 25-4. Costo MOD del operario (Proceso mejorado)

 ANÁLISIS DEL COSTO DE MOD (Proceso mejorado)			
Proceso	(1) Horas mensuales	(2) Salario mensual (dólares)	(2) / (1) Tasa por hora (Dólares)
	160	400,00	2,50
Fabricación de puertas enrollables	(1) Tiempo (horas)	(2) Tasa por hora (Dólares)	(1)x(2) Costo total (Dólares)
	4,03	2,50	10,08

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

El costo promedio de la mano de obra directa para la fabricación de una puerta enrollable es de 10,08 dólares.

■ **Materiales directos:** Los materiales directos constituyen la materia prima para la fabricación de la puerta y se detallan a continuación.

Tabla 26-4. Costo materiales directos (Proceso mejorado)

		ANÁLISIS DEL COSTO DE MATERIALES DIRECTOS		
Materiales	Materia prima utilizada	Unidad de medida	Costo unitario	Costo total
Flejes	7,41	Unidades	1,75	12,97
Perno de 5/16 X ¾	12	Unidades	0,40	4,80
Platinas para candado	2	Unidades	0,48	0,96
Eje de puerta	2	Unidades	0,53	1,06
Ángulo	2,47	Metros	3,50	8,65
Perno 3/8 x 2	2	Unidades	5,80	11,60
Banderas	2	Unidades	0,12	0,24
Batiente	4	Unidades	0,12	0,48
Perno ¼ x ¾	2	Unidades	2,50	5,00
Ruedas	1	Unidades	10,00	10,00
Vinchas	2	Unidades	3,00	6,00
Base de ángulo	2,47	Metros	2,50	6,18
Cimbras	2,47	Metros	2,68	6,62
Picaporte	2	Unidades	10,00	20,00
Cerraduras	2	Unidades	8,00	16,00
Pintura plateada	0,93	Galón	17,90	16,65
Disolvente	1 6/7	Litros	2,00	3,70
Costo total (Dólares)				130,91

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

■ **Costo total:** El costo total se obtiene sumando el costo de mano de obra directa más el costo de materiales directos.

Tabla 27-4. Costo total (Proceso mejorado)

		COSTO TOTAL
MOD		10,08
Materiales		130,91
Total		140,99

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

El costo promedio total una puerta enrollable es de 140,99 dólares.

4.13 Análisis de la productividad

4.13.1 Proceso de producción de puertas enrollables

Mediante el análisis del proceso se determinó un tiempo de producción de 4,03 horas por cada puerta enrollable, conociendo que el tiempo de entrega al cliente debe ser de 3.5 horas para considerar que la productividad es del 100% se calcula la productividad del proceso como se detalla a continuación:

<i>Tiempo (horas)</i>	<i>Productividad(%)</i>
3,5	100
4,03	<i>x</i>

La relación entre el tiempo y la productividad es inversa es decir a menor tiempo de producción mayor productividad, por lo cual:

$$x = \frac{3,5 \text{ h (100\%)}}{4,03 \text{ h}}$$

$$x = 86,85 \%$$

La productividad del proceso de producción mediante la implementación de la automatización es del 86,55%.

4.13.2 Proceso de flejado

Mediante la implementación de la automatización se determinó un tiempo de flejado de 0,22 horas, el cual, conociendo el tiempo estándar de 0,20 horas que establece la empresa para considerar que la productividad en el proceso de flejado es del 100% se calcula la productividad como se detalla a continuación:

<i>Tiempo (horas)</i>	<i>Productividad(%)</i>
0,20	100
0,22	<i>x</i>

La relación entre el tiempo y la productividad es inversa es decir a menor tiempo de producción mayor productividad, por lo cual:

$$x = \frac{0,20 \text{ h (100\%)}}{0,22 \text{ h}}$$

$$x = 90,91 \%$$

La productividad del proceso de flejado mediante la automatización es del 90,91%.

4.14 Comparación situación inicial vs mejora

En la siguiente tabla se detalla los resultados alcanzados con la implementación del sistema automatizado en la máquina flejadora.

Tabla 28-4. Situación inicial vs mejora

	SITUACIÓN INICIAL	AUTOMATIZACIÓN	MEJORA
Proceso de producción de puertas enrollables			
Tiempo de trabajo del operario (horas)	5,22	4,03	Se reduce el tiempo de trabajo del operario 1,19 horas.
Costo de producción (dólares)	143,96	140,99	Se reduce el costo de producción 2,97 dólares.
Productividad (%)	67,05%	86,55%	Se eleva un 19,5% la productividad.
Proceso de flejado			
Tiempo de flejado	1,41	0,22	Se reduce el tiempo de producción 1,19 horas.
Costo del proceso de flejado	3,52	0,55	Se reduce el costo 2,97 dólares.
Productividad (%)	14,18	90,91	Se eleva un 76,73% la productividad.

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019


 **Tiempo:** Se reduce el tiempo de operación del operario.




Gráfico 19-4. Comparación del tiempo de operación del operario

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Mediante la implementación del sistema automatizado se reduce 1,19 horas el tiempo de operación del operario ya que sustituyó la mano de obra del trabajador en el proceso de flejado, lo cual es de beneficio para la empresa porque se puede asignar esas 1,19 horas en otras actividades para el trabajador a fin de alcanzar una mejora continua del proceso.

■ **Costo MOD del proceso de flejado:** A continuación se analiza el costo MOD del proceso de flejado.

Tabla 29-4. Costo MOD del proceso de flejado

	ANÁLISIS DEL COSTO DE MOD (Proceso de flejado)		
	(1) Tiempo (horas)	(2) Tasa por hora (Dólares)	(1)x(2) Costo total (Dólares)
Situación Inicial	1,41	2,50	3,52
Sistema automatizado	0,22		0,55

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

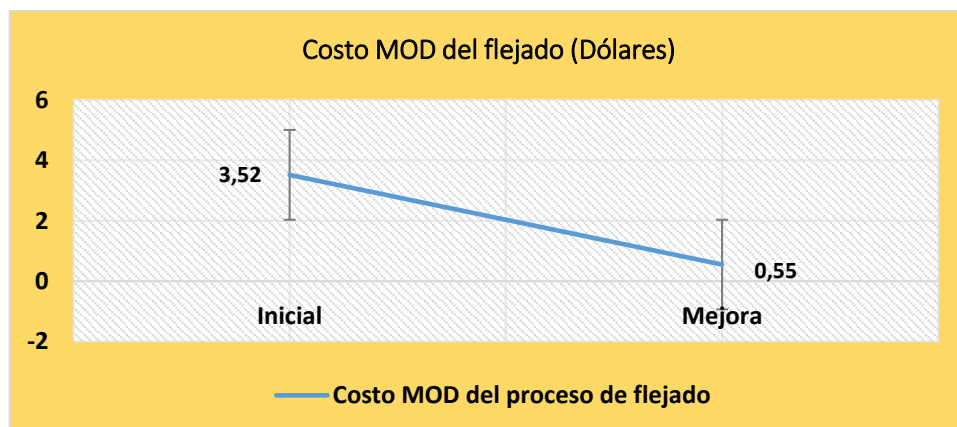


Gráfico 20-4. Comparación del costo del proceso de flejado

Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Mediante la automatización se reduce el costo MOD del proceso de flejado 2,97 dólares, esta reducción se ve reflejada en el costo total de proceso de producción como se detalla a continuación.

■ **Costo unitario:** Se reduce el costo por puerta enrollable.

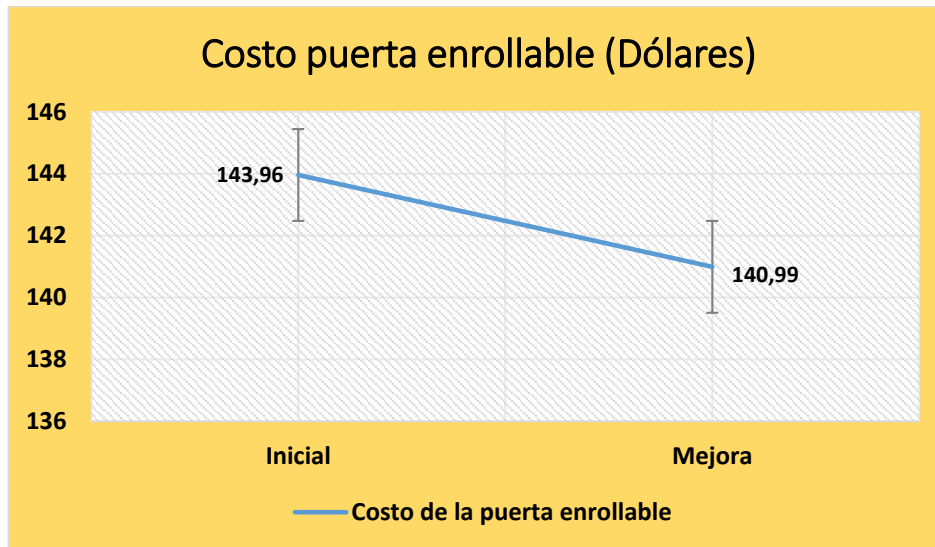



Gráfico 21-4. Comparación del costo de producción
 Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

La reducción del costo unitario de la puerta enrollable es consecuencia directa de la reducción del tiempo de producción, mediante la automatización del proceso de flejado se redujo 2,97 dólares el costo de cada puerta.

 **Productividad:** Se eleva la productividad.

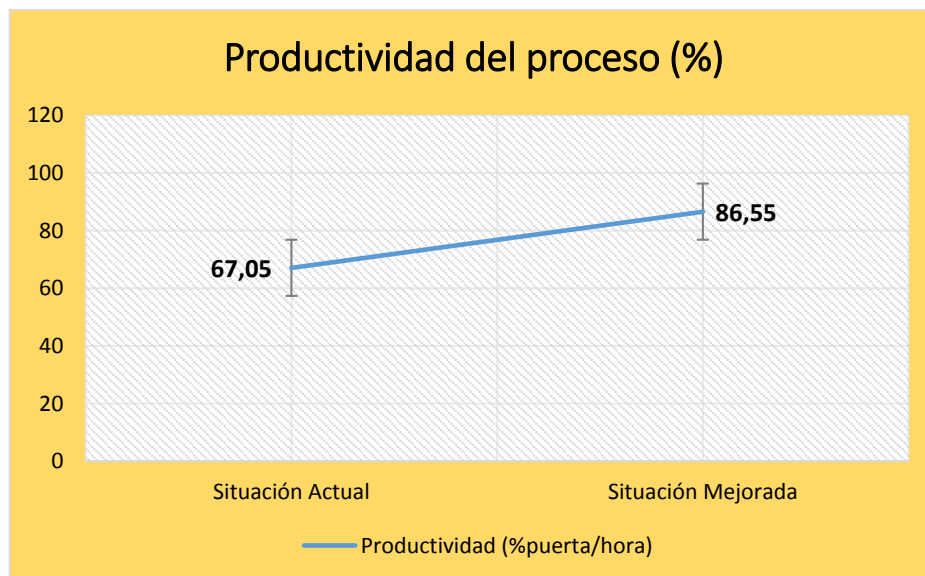


Gráfico 22-4. Comparación de la productividad
 Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Mediante la implementación del sistema automatizado se eleva la productividad del proceso, del 67,05% al 86,55%.

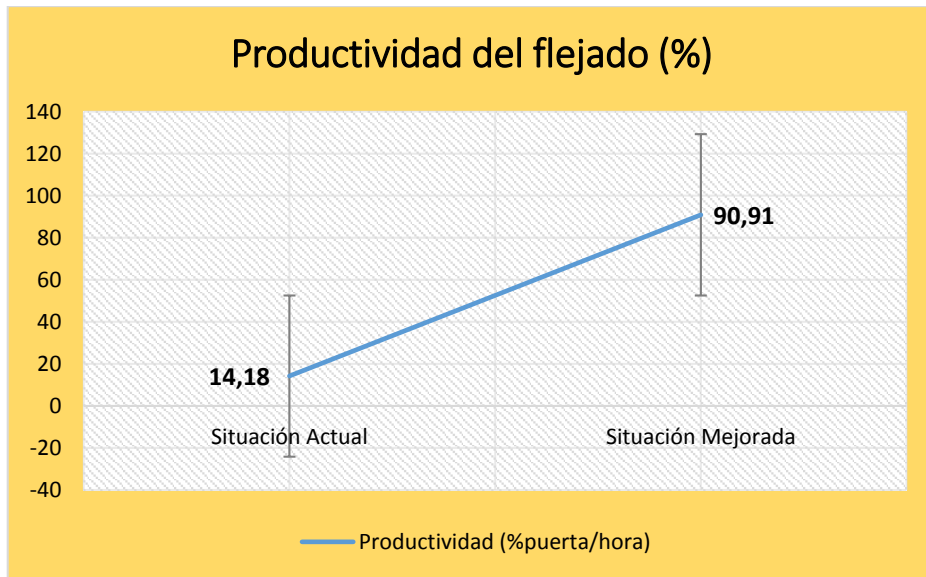


Gráfico 23-4. Comparación de la productividad del flejado
Realizado por: Henry, Acaro; Marco, Terán, 2019

Mediante la implementación del sistema automatizado se eleva la productividad del proceso, del 14,18% al 90,91%.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se analizó la situación inicial del proceso de producción de puertas enrollables y mediante la revisión del diagrama de proceso tipo hombre facilitado por la empresa se determinó un tiempo de producción de 5,22 horas. Con el sistema automatizado se eleva la productividad del proceso de producción del 67,05% al 86,55%. Con lo cual se redujo los costos de producción 2,97 dólares.

Se evaluó el funcionamiento de la máquina mediante pruebas y se evidenció que cumple con los parámetros de diseño ya que redujo el tiempo de operación de flejado de 1,41 horas, el cuál es elevado en comparación a las otras operaciones, por tratarse de un trabajo repetitivo, elevando así la productividad del 14,18% al 90,91%.

Se implementó un sistema automatizado basado en un controlador lógico programable (PLC), el cual controla el abastecimiento y el corte automático de los flejes en la máquina flejadora. Permitiendo una comunicación hombre-máquina de alto nivel y de fácil manejo para el operario.

El sistema automatizado nos permite precautelar la integridad de los operarios y evitar daños musculoesqueléticos por la repetitividad que demanda el trabajo en la máquina flejadora.

5.2 RECOMENDACIONES

Adiestrar a los operarios sobre el uso y funcionamiento del sistema automatizado, para lo cual se recomienda utilizar el manual de operaciones propuesto e implementar un plan de mantenimiento a fin de garantizar el funcionamiento adecuado del sistema automatizado y evitar paros en la producción.

Revisar la presión del aire antes de iniciar las operaciones de producción y constatar que se mantenga en un nivel óptimo durante todo el proceso productivo.

No tener contacto directo con las partes móviles de la máquina cuando esta esté en pleno funcionamiento ya que podría causar lesiones graves por cortes o atrapaduras.

Mantener el ambiente de trabajo libre de sustancias inflamables y explosivas ya que la máquina genera chispas en la operación de corte del fleje, lo cual podría generar explosiones e incendios.

BIBLIOGRAFÍA

ABB. *Autómatas programables PLC*. España:ABB, 2019. [Consulta: 05 febrero 2019]. Disponible en <<https://new.abb.com/plc/es/>>

BOLTON, W. *Controladores lógicos programables*. Reino Unido : Newnes, 2006, pp. 25-26

BOSCH, A. *Regulación electrónica Diesel (EDC)*. Stuttgart : Reverte, 2002, pp. 32-33

CANTO, C. *Arquitectura interna del autómata programable*. San Luis Potosí : UASLP, 2016, pp. 139-141

COPAROMA. *Diagrama de conexión eléctrica*. Buenos Aires : Planeta,2016. [Consulta: 28 enero 2019.] Disponible en <<https://coparoman.blogspot.com/2016/11/diagrama-de-conexion-electrica.html>>

FLORES, M. *Optimización de la producción en el proceso de mezclado de la línea de caucho en la empresa Plasticaucho*. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015, pp. 19-20

HERNANDEZ, I. *Definiciones instrumentación y control*. Andorra:Slideshare, 2015. [Consulta: 28 enero 2019.] Disponible en <<https://es.slideshare.net/IVONNEYESENIA/definiciones-instrumentacin-y-control>>

IÑIGUEZ, S. *¿Qué es la automatización de procesos?*. Overblog, (04 de 10 de 2011). [Consulta: 28 enero 2019.] Disponible en https://es.overblog.com/Que_es_la_automatizacion_de_procesos-1228321767-art127041.html

LEMA, I. *Diseño e implementación de una estación de evaluación de profundidad para piezas cilíndricas por medio de un plc*. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2013, pp. 55-57

LLUMIQUINGA, M. *Proyecto para la creación de una microempresa dedicada a la producción y comercialización de puertas enrollables en el norte de la ciudad de la Quito*. Quito : Universidad Central del Ecuador, 2015, pp. 89-90

MEDINA, J. *Automatismos Industriales*. Huelva : Centro de formación profesional específica nuestra señora de las Mercedes, 2015, pp. 45-49

MOLINA, P. *Contactores*. Bogotá:Fevida, 2017, [Consulta: 28 enero 2019.] Disponible en <<http://www.profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm>.>

OCHOA, A. *Montaje y Diseño de un módulo para la simulación del funcionamiento de una lavadora industrial utilizando una pantalla táctil con HMI*. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2012, pp. 156-158



OLMOS, C. *Circuitos neumáticos*. Lima:Autómata, 2017, [Consulta: 29 enero 2019.] Disponible en: <<https://es.slideshare.net/chorisin87/cap5-circuitos-neumaticos>.>

VELASQUEZ, J.. *Los sensores en la producción*. Lima : CIM-URP, 2017. pp. 1-2



ANEXOS

Anexo A: Diagrama de proceso

DIAGRAMA DE PROCESO DEL PRODUCTO										Pág. 1 de 5
EMPRESA: Industrias Metálicas Vilema (IMEV)						RESUMEN				
Fecha:			Actividad		Presente	Propuesto	Ahorro			
Actividad:			Operación		98					
Analista:			Transporte		52					
Operador (es):			Retrasos		0					
MÉTODO	Actual		X			Inspección		0		
	Implementación					Almacenamiento		12		
			Operación combinada		2					
			Tiempo total (s)		18807					
			Distancia total [m]		754					
			TOTAL GENERAL		164					
Nº	Simbología						Tiempo [s]	Distancia [m]	Descripción de actividades	
	●	➡	●	□	▼	□				
1	○	➡	□	□	▼	□	---	---	Área de almacenaje de materia prima (Vigas).	
2	○	➡	□	□	▼	□	---	---	Área de almacenaje de materia prima (Pletinas).	
3	○	➡	□	□	▼	□	---	---	Área de almacenaje de materia prima (Varilla Ø 12mm).	
4	○	➡	□	□	▼	□	---	---	Área de almacenaje de materia prima (Electrodos 6011).	
5	○	➡	□	□	▼	□	---	---	Área de almacenaje de materia prima (Plancha de tol).	
6	○	➡	□	□	▼	□	---	---	Área de almacenaje materia prima (Flejes)	
7	○	➡	□	□	▼	□	---	---	Área de almacenaje de materia prima (Varilla para muelles).	
8	○	➡	□	□	▼	□	---	---	Área de almacenaje de materia prima (Ángulo para fleje bajero)	
9	○	➡	□	□	▼	□	---	---	Área de almacenaje de materia prima (Tubos).	
10	○	➡	□	□	▼	□	150	59	Desde el área de almacenamiento de vigas, hacia departamento de producción.	
11	○	➡	□	□	▼	□	143	54	Desde el área de almacenamiento de varillas, hacia departamento de producción.	
12	○	➡	□	□	▼	□	148	57	Desde el área de almacenamiento de electrodos, hacia departamento de producción.	
13	○	➡	□	□	▼	□	200	59	Desde el área de almacenamiento de planchas de tol, hacia departamento de producción.	
14	○	➡	□	□	▼	□	58	14	Desde área de almacenamiento de varilla para muelles, hacia departamento de producción.	
15	○	➡	□	□	▼	□	140	52	Desde el área de almacenamiento de pletina hacia departamento de producción.	
16	●	➡	□	□	▼	□	67	---	Escoge los parantes y realiza un corte vertical en el mismo (X2)	
17	●	➡	□	□	▼	□	100	---	Trazado y corte de vigas en tramos de 100mm (X2)	
18	○	➡	□	□	▼	□	10	3	Desde el banco de trabajo hacia el taladro de pedestal con los cortes de viga	
19	●	➡	□	□	▼	□	30	---	Taladrado en el área longitudinal de los mismos (X2)	
20	○	➡	□	□	▼	□	10	3	Desde el taladro de pedestal hacia el banco de trabajo	
21	●	➡	□	□	▼	□	50	---	Trazado en la plancha de tol para las bases soldadas sobre los parantes (X2)	
22	●	➡	□	□	▼	□	108	---	Corte de las bases a soldar en los parantes (X2)	
23	●	➡	□	□	▼	□	110	---	Trazado en base de parantes (X2)	
24	●	➡	□	□	▼	□	128	---	Suelda los tramos de viga de 100mm (X2)	
25	●	➡	□	□	▼	□	662	---	Suelda la base y pletinas de apoyo 45° en cada uno de los parantes	
26	○	➡	□	□	▼	□	8	8	Lleva los parantes hacia el puesto de almacenamiento	
27	○	➡	□	□	▼	□	---	---	Almacena los parantes	
28	○	➡	□	□	▼	□	25	5	Traslada los flejes desde su almacenamiento hacia la porta flejes.	
29	●	➡	□	□	▼	□	690	---	Coloca el fleje en el rodillo giratorio	
30	●	➡	□	□	▼	□	10	---	Coloca el fleje sobre los rieles de la maquina flejadora	
31	●	➡	□	□	▼	□	2250	---	Se realizan los flejes para puertas enrollables. (X45)	
32	●	➡	□	□	▼	□	2025	---	Corte respectivo del ancho de la puerta (X45)	
33	○	➡	□	□	▼	□	60	9	Transporta todas las unidades desde la máquina flejadora hacia el puesto de ensamble de flejes	
34	●	➡	□	□	▼	□	420	---	Unión de cada uno de los flejes (X45)	
35	○	➡	□	□	▼	□	45	7	Lleva el rollo de fleje desde el almacenamiento hacia la porta flejes de la maquina flejes bajeros	
36	●	➡	□	□	▼	□	740	---	Coloca el fleje en el rodillo giratorio	
37	●	➡	□	□	▼	□	11	---	Coloca el fleje sobre los rieles de la maquina flejadora	
38	●	➡	□	□	▼	□	45	---	Procede a la realización de los flejes bajeros (X1)	
39	●	➡	□	□	▼	□	40	---	Procede con el respectivo corte del ancho de los flejes bajeros (X1)	
40	○	➡	□	□	▼	□	35	10	Transporta los flejes bajeros hacia el puesto de trabajo	

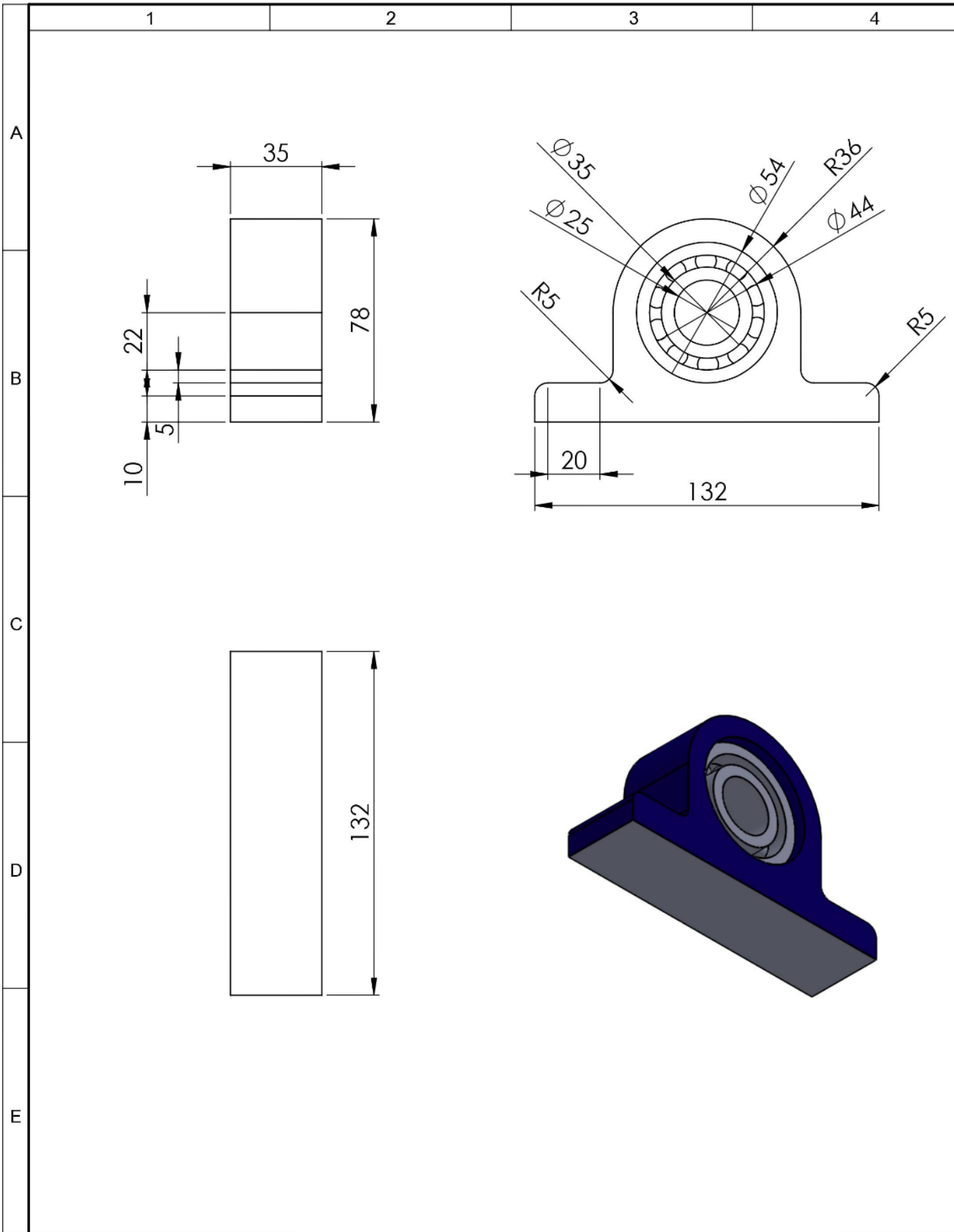
N°	Simbología						Tiempo [s]	Distancia [m]	Descripción de actividades
	●	➡	ⓓ	□	▼	☐			
41	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	45	---	Se trazan los flejes bajeros para el posterior troquelado del seguro central
42	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	10	---	Trazado de los seguros laterales
43	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	8	3	Traslada el fleje bajero desde el puesto de trabajo hacia máquina troqueladora
44	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	6	---	Troquelado del seguro central
45	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	7	3	Traslada el fleje bajero desde máquina troqueladora hacia el puesto de trabajo
46	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	155	52	Traslada las pletinas y ángulo desde bodega hacia el departamento de producción
47	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	150	---	Realiza corte en los extremos del ángulo
48	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	8	57	Traslada el ángulo hacia el puesto de trabajo
49	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	125	---	Procede con el punteado entre fleje bajero y ángulo
50	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	470	---	Realiza el trazado para guía de seguros y perforación para sujeción de chapa
51	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	10	3	Traslada el fleje bajero desde el puesto de trabajo hacia el taladro de pedestal
52	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	360	---	Realiza la perforación en el trazado
53	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	20	3	Lleva el fleje bajero hacia un costado
54	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	40	---	Perforación de los seguros laterales con moladora
55	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	60	---	Trazar pletinas
56	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	6	1	Traslada la pletina para su respectivo corte desde el puesto de trabajo hacia el suelo
57	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	24	---	Corte para los seguros laterales (X2)
58	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	7	1	Se traslada desde el suelo hacia el puesto de trabajo
59	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	105	---	Se traza para el taladrado en un extremo
60	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	15	3	Desde el puesto de trabajo hacia el taladro de pedestal
61	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	125	---	Colocación y perforación de pletina con broca
62	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	50	---	Colocación y perforación de pletina con broca 5/8" en un extremo
63	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	9	3	Traslada desde el taladro de pedestal hacia el puesto de trabajo
64	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	130	---	Realiza corte longitudinal en las perforaciones para soldar topes (X2)
65	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	5	3	Traslada los seguros laterales desde el puesto de trabajo hacia el puesto de doblez
66	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	18	---	Realiza el doblez en uno de los extremos (X2)
67	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	6	3	Lleva los seguros laterales desde el puesto de doblez hacia el puesto de trabajo
68	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	130	---	Suelda topes en laterales(X2)
69	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	3	4	Se llevan desde el puesto de trabajo hacia el puesto de trabajo de construcción de fleje bajero
70	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	11	---	Realiza el trazado en varilla para jaladera
71	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	6	---	Cortar varilla para jaladera (X1)
72	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	7	4	Traslada el corte desde el puesto de trabajo hacia el puesto de doblez
73	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	40	---	Realiza el respectivo doblez
74	○	➡	ⓓ	□	▼	☐	6	3	Del puesto de doblez hacia el puesto de trabajo
75	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	175	---	Suelda guía de jaladera en fleje bajero
76	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	45	---	Trazado de guía para seguro lateral según medidas
77	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	90	---	Corte de guía para seguro lateral (X2)
78	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	65	---	Trazado de pletina para seguro central según medidas
79	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	180	---	Corte de pletina para seguro central (X4)
80	●	➡	ⓓ	□	▼	☐	85	---	Dobleza para guía de seguro lateral través de forja

N°	Simbología						Tiempo [s]	Distancia [m]	Descripción de actividades
81							6	3	Traslada guías para seguro central desde puesto de doblez hacia puesto de trabajo
82							280	---	Punteado de guías para seguro lateral y central (6)
83							45	---	Trazado para contraseguro central (X2)
84							20	---	Corte de contraseguro (X2)
85							60	---	Soldadura de contraseguro en guía de seguro central (X2)
86							125	59	Traslada chapa central desde bodega hacia puesto de trabajo
87							45	---	Coloca la chapa en fleje bajero
88							124	---	Ajusta chapa con pernos de sujeción
89							25	6	Traslada el fleje bajero desde el puesto de trabajo hacia el puesto de ensamble de flejes
90							25	---	Unión del fleje bajero
91							5	---	Coloca un contrapeso sobre la puerta enrollable
92							155	---	Encuadre de la puerta
93							348	---	Remachado en cada unión de los laterales de los flejes
94							15	---	Colación de flejes para sujeción en discos superiores
95							20	---	Enrollado de la puerta
96							37	10	Transporta la puerta hacia su área de almacenamiento
97							---	---	Almacenamiento de puerta
98							148	62	Desde área de almacenamiento de tubos, hacia máquina cortadora
99							29	---	Trazado del tubo según medida de eje de puerta
100							23	---	Corte de tubo
101							18	---	Esmerilado del corte
102							7	6	Desde máquina cortadora hacia taladro pedestal
103							18	---	Se mide y se traza el tubo a ambos lados
104							31	---	Taladrado del tubo
105							17	---	Cambio de broca según dimensiones
106							46	---	Taladrado del tubo
107							9	3	Trasporte del tubo (eje) desde taladro pedestal hacia mesa de trabajo
108							15	---	Se coloca la pletina en la máquina cortadora.
109							17	---	Corte de pletina
110							16	7	Desde máquina cortadora hacia mesa de trabajo.
111							17	---	Ajuste de entenalla con molde de disco de eje
112							4	3	Desde mesa de trabajo hacia entenalla con molde de disco de eje.
113							26	---	Doblez de los extremos de la pletina (X2)
114							70	---	Doblez de toda la pletina alrededor del molde de platos de eje con ayuda de pinza de presión.
115							24	---	Se puntea los extremos de la pletina (X2)
116							12	---	Se suelda toda la pletina (X2).
117							8	4	Desde entenalla con molde de disco de eje hacia mesa de trabajo.
118							6	---	Coloca varilla Ø 12mm en máquina cortadora
119							16	---	Se mide y se traza la varilla Ø 12mm según dimensiones de platos de eje. (X6)
120							12	---	Corte de varilla Ø 12mm (X6)

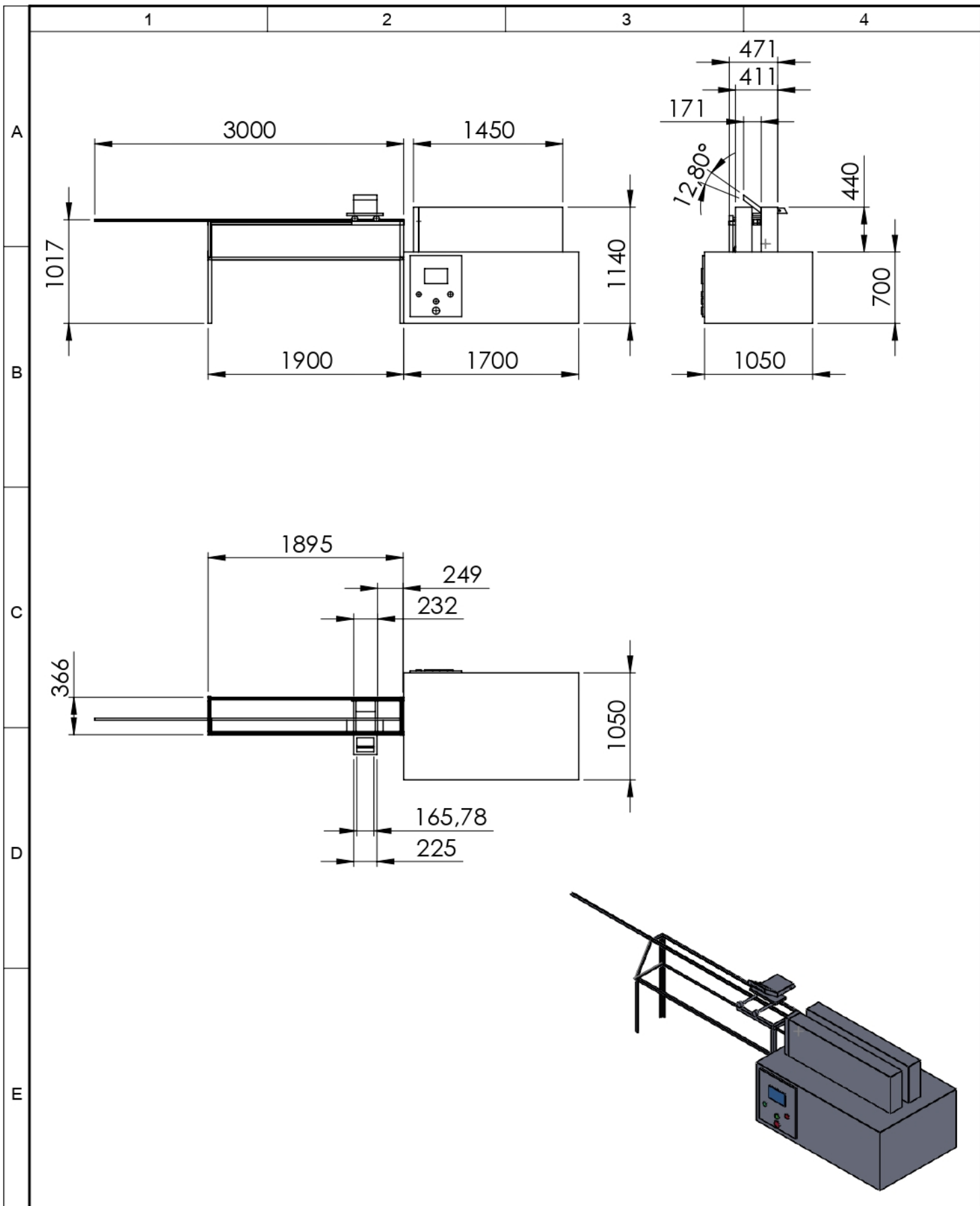
N°	Simbología						Tiempo [s]	Distancia [m]	Descripción de actividades
	●	➡	⬇	□	▼	⬅			
121	○	➡	⬇	□	▼	⬅	7	3	Desde máquina cortadora hacia base de dobléz de entenalla
122	●	➡	⬇	□	▼	⬅	35	---	Se doblan las varillas de Ø 12mm (X6)
123	○	➡	⬇	□	▼	⬅	13	4	Se transporta las pletinas soldadas y las varillas dobladas desde mesa de trabajo hacia mesa de unión de discos de eje.
124	○	➡	⬇	□	▼	⬅	148	59	Desde área de almacenamiento de tubos, hacia máquina cortadora
125	●	➡	⬇	□	▼	⬅	21	---	Trazado del tubo según diámetro interior para plato de eje (X2)
126	●	➡	⬇	□	▼	⬅	18	---	Corte de tubo (X2)
127	○	➡	⬇	□	▼	⬅	9	5	Desde máquina cortadora hacia mesa de unión de disco de eje.
128	●	➡	⬇	□	▼	⬅	6	---	Coloca el tubo en molde de disco de eje
129	●	➡	⬇	□	▼	⬅	18	---	Coloca la pletina soldada en molde de disco de eje.
130	●	➡	⬇	□	▼	⬅	11	---	Coloca las varillas dobladas en molde de disco de eje.
131	●	➡	⬇	□	▼	⬅	70	---	Se puntea los extremos de las varillas dobladas con la pletina. (X2)
132	●	➡	⬇	□	▼	⬅	112	---	Se suelda las varillas junto con la pletina. (X2)
133	○	➡	⬇	□	▼	⬅	7	4	Se traslada el tubo desde el molde de platos de eje hacia base de tubo para unión de soldadura
134	○	➡	⬇	□	▼	⬅	6	3	Se traslada la unión soldada de varillas y pletinas desde molde de disco de eje hacia base de tubo para unión de soldadura.
135	●	➡	⬇	□	▼	⬅	12	---	Se puntea los extremos del tubo junto con la unión soldada de varillas y pletinas.
136	●	➡	⬇	□	▼	⬅	116	---	Se sueldan las partes a unir (X2).
137	○	➡	⬇	□	▼	⬅	3	2	Desde base de tubo para unión de soldadura hacia mesa de unión de disco de eje.
138	○	➡	⬇	□	▼	⬅	4	3	Desde mesa de unión de discos de eje hacia taladro pedestal
139	●	➡	⬇	□	▼	⬅	32	---	Taladrado de puntos en disco de eje.
140	○	➡	⬇	□	▼	⬅	6	3	Desde taladro pedestal hacia mesa de trabajo
141	○	➡	⬇	□	▼	⬅	11	5	Desde área de almacenamiento de varilla para muelles hacia máquina para hacer muelles
142	●	➡	⬇	□	▼	⬅	8	---	Coloca varilla para muelles en eje de la máquina para hacer muelles.
143	●	➡	⬇	□	▼	⬅	315	---	Se realizan los muelles X3
144	●	➡	⬇	□	▼	⬅	4	---	Corte de las puntas de los muelles
145	●	➡	⬇	□	▼	⬅	38	---	Se retira los muelles de la base del eje de la máquina para hacer muelles.
146	○	➡	⬇	□	▼	●	18	---	Verifica los muelles según medidas X3
147	●	➡	⬇	□	▼	⬅	29	---	Corte de material sobrante en muelles
148	○	➡	⬇	□	▼	⬅	9	4	Traslado de muelles hacia mesa de trabajo
149	○	➡	⬇	□	▼	⬅	4	2	Desde mesa de trabajo hacia entenalla
150	●	➡	⬇	□	▼	⬅	251	---	Se dobla y se regula las puntas de cada extremo de muelle (X3)
151	●	➡	⬇	□	▼	⬅	4	---	Se coloca base de dobléz con seguro en la entenalla
152	●	➡	⬇	□	▼	⬅	129	---	Se doblan los muelles X3
153	○	➡	⬇	□	▼	⬅	8	4	Traslado del disco de eje desde mesa de trabajo hacia entenalla.
154	●	➡	⬇	□	▼	⬅	11	---	Coloca el muelle sobre un extremo de varilla del disco de eje
155	●	➡	⬇	□	▼	⬅	7	---	Dobla el muelle junto con la varilla de disco de eje
156	●	➡	⬇	□	▼	⬅	5	---	Coloca el tubo (eje de puerta) en entenalla
157	●	➡	⬇	□	▼	⬅	41	---	Coloca la unión del disco de eje y muelle sobre el tubo (eje de puerta). X3
158	●	➡	⬇	□	▼	⬅	17	---	Mide los extremos del tubo (eje de puerta) para su posterior soldadura
159	●	➡	⬇	□	▼	⬅	33	---	Coloca seguros de pletina sobre un extremo de cada muelle
160	●	➡	⬇	□	▼	⬅	92	---	Puntea el seguro de pletina junto con el extremo de cada muelle.
161	●	➡	⬇	□	▼	⬅	222	---	Suelda el seguro de pletina junto con cada extremo de muelle.
162	○	➡	⬇	□	▼	●	12	---	Verifica las distancias entre muelles.
163	○	➡	⬇	□	▼	⬅	8	4	Traslado del eje de puerta hacia área de almacenamiento.
164	○	➡	⬇	□	▼	⬅	---	---	Se almacena la puerta en general

Anexo B

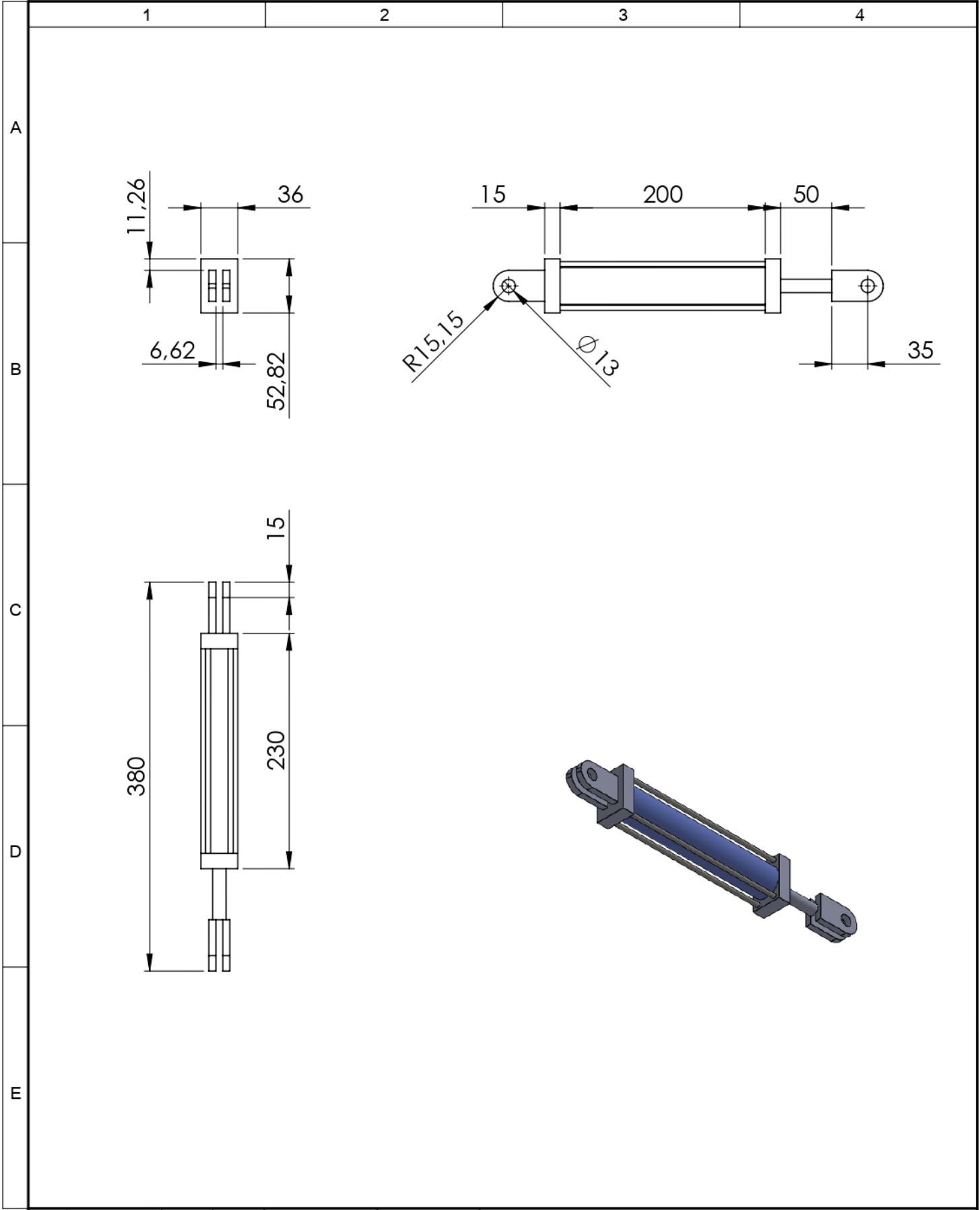
Planos de la máquina flejadora



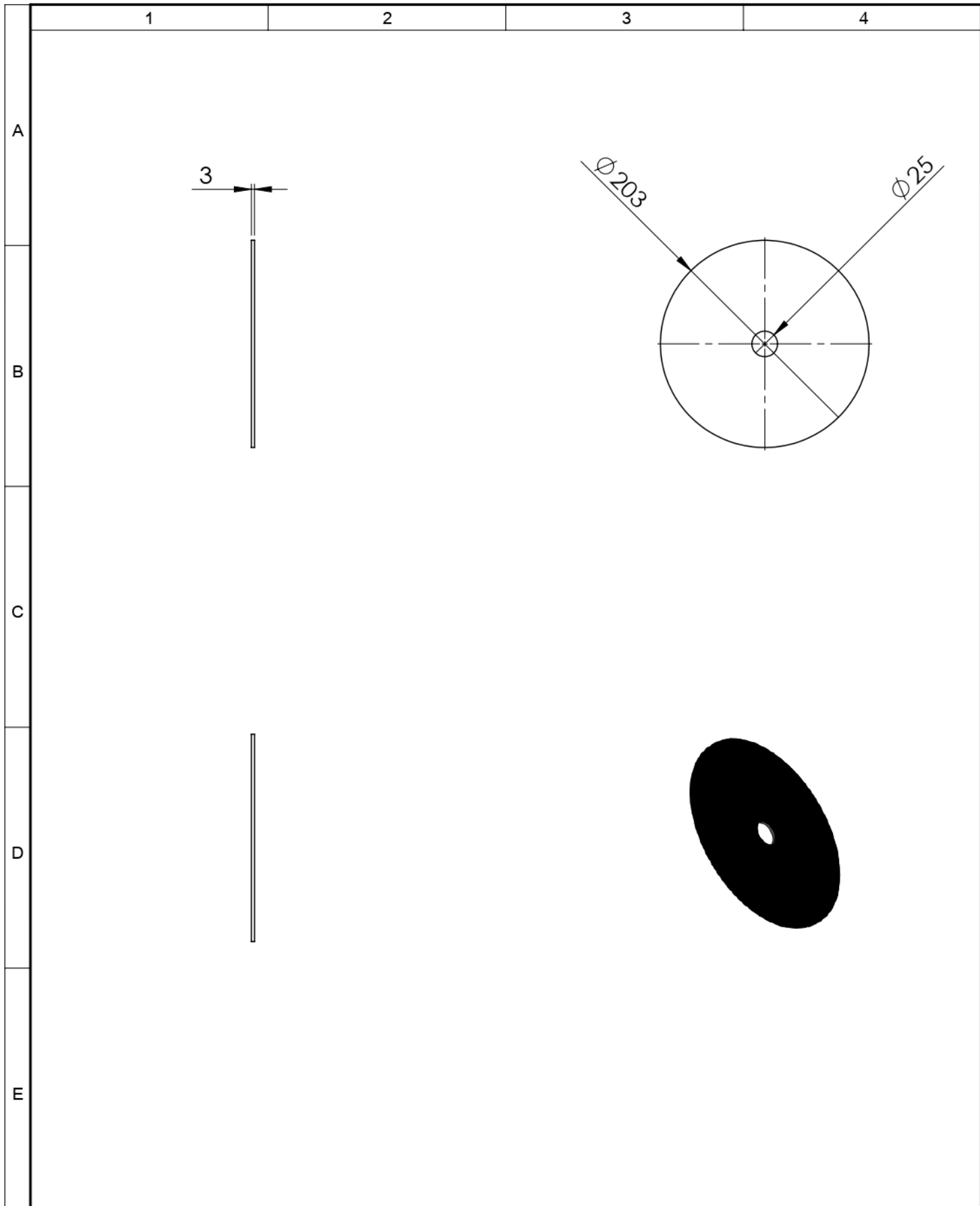
				Tolerancia	Peso	Material:	Acero 1020	
				± 1				
				Fecha	Nombre	Título:	Chumacera	
				Dibujó: 09/04/2019	M. Terán, H. Acaro		Escala: 1:2	
				Revisó: 09/04/2019	Ing. Carrillo Mauricio			
				Aprobó: 09/04/2019	Ing. Carrillo Mauricio			
				ESPOCH		Número de lámina:	1	
				INGENIERIA INDUSTRIAL		Sustitución	Registro:	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha					




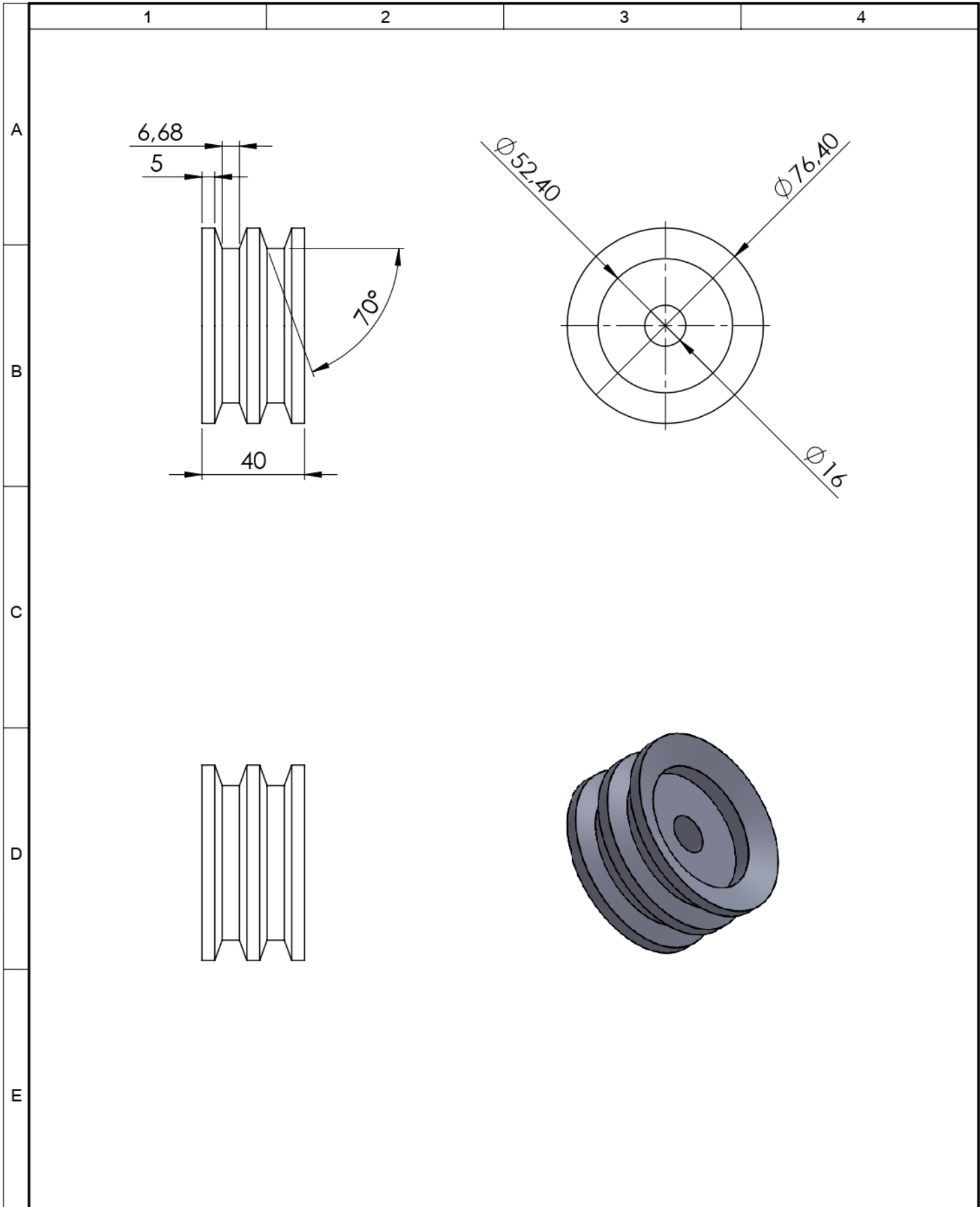
				Tolerancia ±1	Peso	Material: Acero 1020		
						Título: Estructura	Escala: 1:50	
				Fecha	Nombre			
				Dibujó: 09/04/2019	M. Terán, H. Acaro			
				Revisó: 09/04/2019	Ing. Carrillo Mauricio			
				Aprobó: 09/04/2019	Ing. Carrillo Mauricio			
				ESPOCH INGENIERIA INDUSTRIAL		Número de lámina: 1	Registro: 	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución		



				Tolerancia	Peso	Material:	
				±1		Acero 1020	
				Fecha	Nombre	Titulo:	
				Dibujó: 09/04/2019	M. Terán, H. Acaro	Piston	
				Revisó: 09/04/2019	Ing. Carrillo Mauricio	Escala:	
				Aprobó: 09/04/2019	Ing. Carrillo Mauricio	1:5	
				ESPOCH INGENIERIA INDUSTRIAL		Número de lámina:	
						3	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	Sustitución		Registro:	



				Tolerancia ± 1	Peso	Material: Abrasivo		
						Titulo: Disco de corte		Escala: 1:5
				Dibujó: 09/04/2019	M. Terán, H. Acaro			
				Revisó: 09/04/2019	Ing. Carrillo Mauricio			
				Aprobó: 09/04/2019	Ing. Carrillo Mauricio			
				ESPOCH		Número de lámina: 4		Registro: 
Edición	Modificación	Nombre	Fecha	INGENIERIA INDUSTRIAL		Sustitución		



				Tolerancia ± 1	Peso	Material: Aluminio		
						Titulo: Polea	Escala: 1:2	
				Dibujó:	09/04/2019		M. Terán, H. Acaro	
				Revisó:	09/04/2019		Ing. Carrillo Mauricio	
				Aprobó:	09/04/2019	Ing. Carrillo Mauricio		
				ESPOCH INGENIERIA INDUSTRIAL		Número de lámina: 7	Registro: 	
Edición	Modificación	Nombre	Fecha			Sustitución		