

**Universidad del Valle de Guatemala**

**Facultad de Ingeniería**



**Automatización de una troqueladora para la fabricación de pines de aluminio**

Trabajo de graduación presentado por Julia Stephanie Somocurcio Ramos para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Mecatrónica

**Guatemala**

**2011**



**Automatización de una troqueladora para la fabricación de pines de aluminio**

**Universidad del Valle de Guatemala**

**Facultad de Ingeniería**



**Automatización de una troqueladora para la fabricación de pines de aluminio**

Trabajo de graduación presentado por Julia Stephanie Somocurcio Ramos para  
optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Mecatrónica

**Guatemala**

**2011**

Vo.Bo.

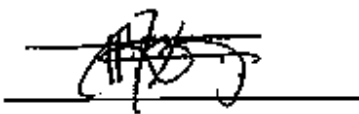


Ing. Juan Carlos Burmester

Tribunal Examinador:



Ing. Roberto Delgado



MSc. Carlos Esquit



Ing. Diego Zaparolli

Fecha de aprobación: Guatemala, 07 de Diciembre del 2011

## **PREFACIO**

La empresa COAST/ACM (Advanced Chip Magnetics) dedicada a la fabricación de componentes eléctricos y electrónicos en Guatemala, se encarga de producir componentes para sistema de misiles, control por radar, sistemas de comunicación y satélites para compañías internacionales como la NASA, US Army, Boeing, DSCC entre otros. Es por esta razón que la empresa requiere de los estándares más altos de calidad para poder llevar a cabo la fabricación de cada una de las piezas.

A finales del año 2010 se observó un incremento significativo en la producción de cinco series de piezas electrónicas trabajadas en la empresa. Ello motivó la revisión del sistema de producción, de manera que se pudiera optimizar no solo el tiempo de fabricación de las piezas, sino que también se pudiera minimizar errores, evitando el desperdicio de la materia prima y finalmente la disminución de la mano de obra realizada en este proceso.

Se determinó que de la serie de partes electrónicas trabajadas, en su mayoría contenían una parte similar a la de un pin, que presenta una parte plana. De esta manera se tomó en consideración, tratar de fabricar este elemento de la manera más rápida y efectiva posible, por lo que se decidió realizar un proceso automatizado para la producción de este tipo de pines a través de su estado inicial como alambre embobinado.

El proyecto presentaba desafíos en los tres aspectos más importantes de mi carrera, durante la realización del proceso de automatización surgieron muchos problemas que solo con trabajo y dedicación fueron posibles vencer. Quiero agradecer a mi familia por su apoyo incondicional brindado durante el transcurso de mi vida, a Ana Pacheco y su familia por brindarme la oportunidad de poder desarrollar este proyecto en tan distinguida empresa. Agradezco también a Oscar y Jorge Luis, que me apoyaron en puntos clave del proceso de la automatización. Finalmente quiero agradecer a mi asesor Ing. Juan Carlos Burmester por apoyarme y creer en el proyecto que estaba desarrollando, ya que sin su tiempo y ayuda dedicada, nada de esto hubiera sido posible.

# CONTENIDO

<b>PREFACIO</b> .....	V
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	VIII
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	X
<b>RESUMEN</b> .....	XI
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	4
A. GENERALES.....	4
B. ESPECÍFICOS.....	4
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	5
<b>IV. MARCO TEÓRICO</b> .....	6
A. TROQUELADORA.....	6
B. MOTOR DC.....	7
C. PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE).....	8
1. CPU (Unidad central de procesos).....	9
2. Fuente de alimentación.....	9
3. Reloj en tiempo real.....	9
4. Puerto de entradas.....	9
5. Puerto de salidas.....	9
6. Comunicaciones.....	10
7. Software.....	10
D. SENSOR INDUCTIVO.....	10
1. Estados de un sensor inductivo.....	10
E. RELÉ.....	11
F. CONTROL DE MOTOR MEDIANTE UN RELÉ.....	12
G. CILINDRO NEUMÁTICO (SIMPRES EFECTO).....	13
H. CILINDRO NEUMÁTICO (DOBLE EFECTO).....	14
I. ELECTROVÁLVULAS.....	16

V.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	17
VI.	<b>DISEÑO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS</b> .....	20
	A. SECCIÓN 1.....	20
	1. Descripción general (Módulo mecánico).....	20
	2. Reajuste y rectificación del alambre.....	21
	3. Sujeción, corte y aplanado del alambre.....	24
	B. SECCIÓN 2.....	27
	1. Descripción general (Módulo eléctrico).....	27
	2. Funcionamiento de la parte externa del tablero de control.....	32
	3. Funcionamiento de la parte interna del tablero de control.....	39
	C. SECCIÓN 3.....	48
	1. Descripción general (Módulo neumático).....	48
	2. Funcionamiento del módulo neumático en la automatización.....	52
	D. SECCIÓN 4.....	58
	1. Descripción general (Módulo de control).....	58
	2. Funcionamiento del módulo de control en la automatización.....	59
	3. Módulo de control automático.....	61
	4. Módulo de control manual.....	62
	5. Módulo determinación de modo de trabajo.....	63
	6. Módulo de paro de (Emergencia) / Paro (Programado).....	63
	7. Módulo de selección de salidas.....	64
	8. Módulo despliegue en pantalla externa y contador programado.....	64
	9. Módulo de aviso de falla en el proceso.....	64
VII.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	67
VIII.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	68
IX.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	69
X.	<b>APÉNDICE</b> .....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques del funcionamiento de máquina troqueladora.....	3
Figura 2. Imagen de la máquina troqueladora a automatizar.....	6
Figura 3. Imagen de los componentes del motor DC.....	7
Figura 4. Imagen del PLC implementado en el proyecto.....	8
Figura 5. Imagen de sensor inductivo implementado en proyecto.....	10
Figura 6. Imagen de señal detectada por sensor inductivo.....	11
Figura 7. Imagen de las partes de un relé.....	12
Figura 8. Imagen de la rotación del motor a través de un relé.....	13
Figura 9. Imagen de las parte de un cilindro neumático.....	13
Figura 10. Imagen de las posiciones del cilindro simple efecto.....	14
Figura 11. Imagen del cilindro doble efecto.....	15
Figura 12. Imagen del pin requerido por la fábrica.....	17
Figura 13. Imagen de la troqueladora a automatizar.....	18
Figura 14. Troqueladora manual implementada en el proyecto.....	21
Figura 15. Tren de poleas implementado en máquina troqueladora.....	22
Figura 16. Tren de poleas con ajuste en la parte superior de la estructura.....	23
Figura 17. Guia de alambre adaptado a estructura del tren de poleas.....	24
Figura 18. Módulo de sujeción, aplanado y corte de alambre.....	25
Figura 19. Descripción de parte fija y móvil del módulo de corte de alambre.....	26
Figura 20. Imagen de los muelles utilizados en el proceso.....	27
Figura 21. Movimiento del alambre producido por el motor DC.....	29
Figura 22. Diagrama del proceso de producción de pines.....	30

Figura 23. Tablero de control de proceso de producción de pines.....	31
Figura 24. Esquema eléctrico de automatización de la troqueladora.....	33
Figura 25. PLC implementado en el proceso de control de producción de pines.....	34
Figura 26. Pantalla de despliegue de conteo.....	35
Figura 27. Contador programable implementado en proceso.....	36
Figura 28. Parte interior del tablero de control.....	39
Figura 29. Motor DC implementado en proceso de automatización.....	41
Figura 30. Cilindro para el control del cabezal de la troqueladora.....	43
Figura 31. Surtidor de aire para remoción de los pines.....	44
Figura 32. Sensor inductivo implementado al inicio de la automatización.....	46
Figura 33. Sensor final implementado en proceso de automatización.....	47
Figura 34. Funcionamiento del cilindro de doble efecto.....	49
Figura 35. Funcionamiento de la electroválvula 5/2.....	50
Figura 36. Funcionamiento de electroválvula 5/2 con cilindro de doble efecto.....	51
Figura 37. Funcionamiento de electroválvula 2/2.....	51
Figura 38. Instalación final de elementos neumáticos.....	52
Figura 39. Cilindro de doble efecto a ser implementado en la troqueladora.....	53
Figura 40. Dimensionamiento y características de cilindro doble efecto.....	53
Figura 41. Electroválvula 5/2 a ser implementada en la troqueladora.....	54
Figura 42. Descripción de característica técnicas de electroválvula 5/2.....	54
Figura 43. Descripción de características técnicas de electroválvula 2/2.....	55
Figura 44. Ejemplo de disposición de una red de aire comprimido.....	56
Figura 45. Proceso final de recolección de pines.....	57
Figura 46. PLC y Extensión utilizada en el control de producción de pines.....	59
Figura 47. Diagrama de flujo del control de sistema.....	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos técnicos de troqueladora manual implementada.....	20
Tabla 2. Composición química de material de piezas mecánicas.....	25
Tabla 3. Descripción de calibres de alambre trabajado en troqueladora.....	28
Tabla 4. Prueba realizadas para determinar velocidad de trabajo de proceso.....	41
Tabla 5. Descripción de entradas implementadas en el PLC.....	48
Tabla 6. Descripción de salidas implementadas en el PLC.....	48
Tabla 7. Comparación de producción de pines y costos de materia prima.....	65
Tabla 8. Porcentajes comparativos de procesos de producción y diferencia en ahorro.....	66

## RESUMEN

La fabricación de pines de aluminio en la empresa COAST/ACM (Advanced Chip Magnetics) se realizaba de forma manual, necesitando de varios operarios para la fabricación del mismo. Se llevó a cabo un proyecto el cual consistió en la automatización del proceso de fabricación de pines de aluminio como parte del ensamblado final de piezas electrónicas.

Este proyecto surge de varias necesidades:

1. Realizar una mayor cantidad de pines en el menor tiempo posible.
2. Disminuir o eliminar los errores al realizar el proceso de fabricación de pines.
3. Disminuir el número de personas dedicadas a la fabricación de pines.

Este proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la fábrica COAST/ACM (Advanced Chip Magnetics) Localizada en el Km 16.5 de Carretera a El Salvador. La razón principal de la realización de este proyecto se debe al aumento de pedidos de piezas electrónicas que requieren de estos pines. La fabricación de estos pines se hace de forma manual, por lo que se requieren por lo menos de 3 operarios. El proceso se decidió automatizar para optimizar el tiempo de operación y así también reducir los errores al elaborar los pines y por consiguiente disminuir los costos asociados a la fabricación de los mismos. Este proyecto inició la segunda semana del mes de julio de 2011 y su desarrollo se dividió en las siguientes etapas: diseño, fabricación, instalación y adaptación de cada uno de los componentes y piezas necesarias para lograr el objetivo.

El proceso de automatizado finalmente permitió que un solo operario ingresara la cantidad de pines a producir y recoger los pines finales fabricados en una fracción del tiempo y con una tasa reducida de errores de producción.

# I. INTRODUCCIÓN

El proyecto **Automatización de una troqueladora para la fabricación de pines de aluminio**, se encuentra conformado por cuatro secciones diferentes. Sección Mecánica, Eléctrica/Electrónica, Neumática y Control. La razón de realizar el proyecto en diferentes módulos, es porque cada uno tiene su propia implementación y su propia fase de construcción antes de poder enlazarlos entre sí.

Antes de comenzar con el proceso de automatización, la empresa hizo notar que se tenía un presupuesto limitado para la construcción de una máquina automatizada. En consecuencia muchas de las partes (Mecánicas, Neumáticas y Electrónicas) utilizadas en la construcción de la máquina, fueron reutilizadas de otros procesos que no estaban en función. La mayoría de las piezas mecánicas, que sirvieron para realizar la sujeción, aplanado y corte del alambre, fueron maquinados en las instalaciones de la empresa, lo cual permitió realizar varios ajustes en las mismas para obtener el pin deseado.

Para iniciar con la construcción de la máquina, fue necesario observar todo el procedimiento que realizaban los operarios para lograr la fabricación de un pin. Durante este proceso se pudo determinar tres fases importantes: la rectificación del alambre, producción de un pin y finalmente la recolección y conteo de pines.

Se consideró como tarea principal, la resolución al problema de enderezar el alambre que se encuentra embobinado. Para esto los operarios buscaban amarrar uno de los extremos del alambre a una base estable y procedían a estirarla por el otro extremo, teniendo cuidado de no aplicar mucha fuerza para romper el material. Una vez estirado el alambre, este se procede a seccionar en la longitud requerida y se pasa pin por pin a través de una pequeña troqueladora manual para aplanar una parte del mismo.

Se buscó una forma más rápida y más exacta que permitiera enderezar y rectificar el alambre que se va a utilizar. De esta manera se procedió a realizar investigaciones acerca de este proceso y se determinó que la solución más viable resultaba ser la implementación de trenes de poleas de forma horizontal y vertical, de manera que se ejerza una fuerza equitativa en cuatro puntos del alambre.

Para la siguiente parte, se tuvo que tomar principalmente en consideración la longitud deseada del pin. Se procedió a realizar la instalación de un sensor que permitiera enviar una señal al mando de control, cuando sea el momento de cortar el alambre. Una vez logrado lo anterior, se procedió a implementar algunas de las piezas mecánicas, utilizadas en el proceso manual (troqueladora manual) que ya tenían definidos los largos necesarios para aplanar el pin. Se fabricaron piezas adicionales para poder adaptarlo a la nueva troqueladora y lograr así el acabado final del pin. Para el control de sujeción, aplanado y corte del pin, se procedió a realizar adaptaciones de elementos neumáticos como cilindros y electroválvulas, que serán controlados a través del PLC.

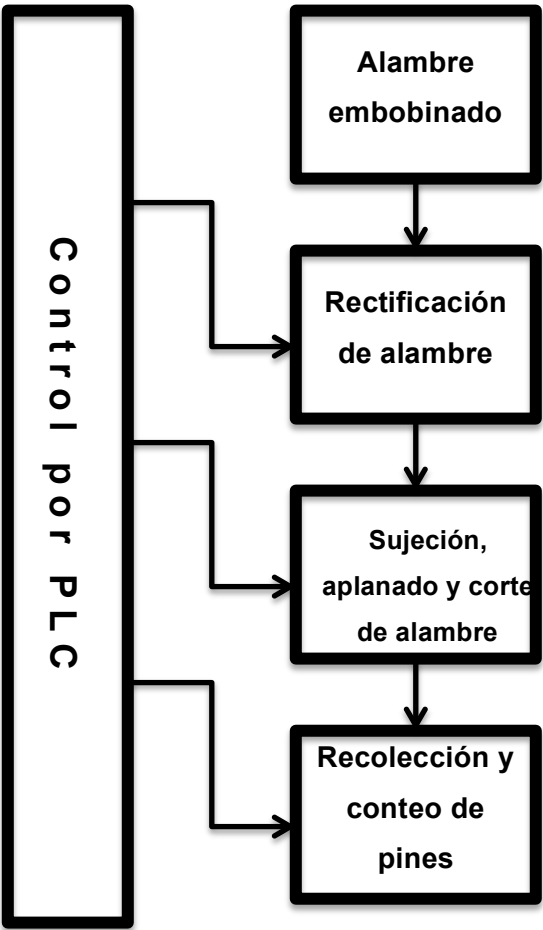
Para la recolección y conteo de pines fue necesario utilizar nuevamente componentes neumáticos que permitieran el paso de aire controlado, cada vez que se termine el proceso de producción de un solo pin. De manera que cuando se aplica el paso del aire, el pin sale disparado a una caja de recolección. Dado a que este paso es repetitivo por cada uno de los pines producidos, se consideró implementar en esta sección un contador que permitiera llevar registro de los pines producidos en el día.

Para lograr que la automatización fuera de manera completa, se implementaron elementos como un contador programable externo, interruptores y motor DC, entre otros para llevar a cabo el proceso de automatizado. El motor DC adaptado a unos rodillos de paso, tiene como función principal en movimiento del alambre a través de todo el proceso, el cual será gobernado por el contador programable, que fue adicionado para lograr un mayor control de los pines a producir.

Dado que este representa un proceso industrial, fue necesario considerar un módulo de trabajo adicional: El modulo Manual, controlado por el interruptor. Este módulo permite al operario calibrar la máquina antes de iniciar una producción completa de pines. Adicionalmente se decidió implementar elementos de emergencia en caso de que se diera un accidente o simplemente un fallo en la línea de producción. Todos los módulos descritos anteriormente son manejados a través de un Controlador Lógico Programable (PLC).

A continuación se muestra el diagrama de bloques del funcionamiento de la maquina troqueladora:

Figura 1. Diagrama de bloques del funcionamiento de máquina troqueladora.



## II. OBJETIVOS

### A. Generales

- ❖ Desarrollar un proyecto multidisciplinario en el que se puedan aplicar la mayoría de los conocimientos y habilidades adquiridas durante la carrera de Ingeniería Mecatrónica.
- ❖ Concretar la automatización, diseño e instalación de maquinaria capaz de realizar el proceso de fabricación de pines de aluminio de diferentes tamaños.
- ❖ Crear un proceso automatizado para aumentar la producción de pines en un menor tiempo.

### B. Específicos

- ❖ Aumentar la cantidad de producción de pines y a su vez la reducción significativa de tiempo de producción de los mismos.
- ❖ Disminuir la intervención humana en el proceso y así, reducir los errores en la fabricación de los pines de aluminio.
- ❖ Reducir la cantidad de personas necesarias en la producción de pines de aluminio.
- ❖ Reducir los costos de fabricación de pines de aluminio.
- ❖ Tener control sobre la cantidad de pines a fabricar por medio de un sistema electrónico.
- ❖ Permitir el ajuste del tamaño de los pines a través del módulo manual.
- ❖ Mejorar la seguridad en la operación y detección de obstrucción de pines en el proceso.
- ❖ Controlar el atascamiento de pines a través de un sensor electrónico.

### III. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de un proyecto de automatización para la fabricación de pines resulta ser una opción económicamente viable, pues el retorno de la inversión es en corto plazo dada la disminución del tiempo y errores de fabricación de los pines, así como la cantidad de personal involucrado en el proceso, lo que reduce significativamente los costos para la empresa.

Para llevar a cabo un proceso similar al que realizan los técnicos en la fabricación de un pin, se considera necesario utilizar tres campos de la Mecatrónica como lo son: La Electrónica, Mecánica y Ciencias de la computación, para así lograr la creación una maquina automatizada que facilite las actividades de producción de pines.

Con el proceso descrito anteriormente se busca suplir tres necesidades en la empresa: la primera es lograr automatizar la maquinaria necesaria para lograr procesos productivos, ágiles y confiables. La segunda es la creación de productos terminados, en este caso pines de aluminio. Y la tercera es lograr una armonización entre los componentes mecánicos y electrónicos de la maquinaria automatizada, el cual servirá para su posterior reparación y futuro mantenimiento.

Se debe resaltar que el enfoque principal del proyecto es la automatización industrial, la innovación en el diseño y la construcción de una maquina inteligente capaz de poder realizar el proceso descrito anteriormente, tomando en cuenta el desarrollo de forma integral de un producto o proceso, de menor costo y de calidad, que permita cumplir con los estándares fijados en la empresa.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. Troqueladora:

Los elementos básicos de una troqueladora lo constituyen el troquel que tiene la forma y dimensiones del aplanado que se quiera realizar, y la matriz de corte por donde se inserta el troquel cuando es impulsado de forma enérgica por la potencia que le proporciona la prensa mediante un accionamiento que proporciona un golpe seco y contundente sobre el objeto, produciendo un corte limpio de la misma.(1)

Figura 2. Imagen de la máquina troqueladora a automatizar.

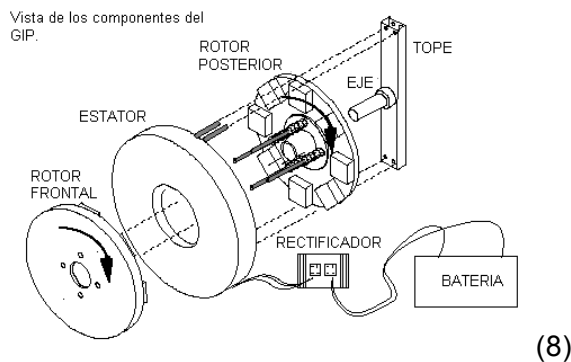


De acuerdo a las piezas que se fabricaran así debe ser construido el molde de la troqueladora. Existen matrices simples y progresivas donde el trabajo se realiza de forma continua, no requiere otros cuidados más que cambiar de rollo de chapa cuando se termina éste e ir retirando las piezas troqueladas y revisar la calidad del corte que realizan. Cuando el corte se deteriora por desgaste del troquel y de la matriz, se desmontan de la máquina y se rectifican en una rectificadora plana estableciendo un nuevo corte (1).

## B. Motor DC:

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio. La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga. Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas (8)

Figura 3. Imagen de los componentes del motor DC.



El sentido de giro de un motor de corriente continua depende del sentido relativo de las corrientes circulantes por los devanados inductor e inducido. La inversión del sentido de giro del motor de corriente continua se consigue invirtiendo el sentido del campo magnético o de la corriente del inducido. Si se permuta la polaridad en ambos bobinados, el eje del motor gira en el mismo sentido (2).

Los cambios de polaridad de los bobinados, tanto en el inductor como en el inducido se realizarán en la caja de bornes de la máquina, y además el ciclo combinado producido por el rotor produce la fmm (fuerza magnetomotriz). El sentido de giro lo podemos determinar con la regla de la mano derecha, la cual nos va a mostrar el sentido de la fuerza. La regla de la mano derecha es de la siguiente manera: el pulgar nos muestra hacia dónde va la corriente, el dedo índice apunta en la dirección en la cual se dirige el flujo del campo magnético, y el dedo medio hacia dónde va dirigida la fuerza resultante y por lo tanto el sentido de giro (2).

### C. PLC (Controlador Lógico Programable):

Un PLC es un equipo electrónico programable que permite almacenar una secuencia de órdenes (programa) en su interior y ejecutarlo de forma cíclica con el fin de realizar una tarea. Este trabaja con base en la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación (3).

Figura 4. Imagen del PLC implementado en el proyecto



(12)

Los PLC actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido. Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener (3). El PLC está diseñado para trabajar en ambientes industriales y ejecutar su programa de forma indefinida. Para ello, un PLC consta de las siguientes partes:

**CPU – Unidad Central de Proceso.** Es el cerebro del sistema, usualmente implementado con un microcontrolador, antiguamente se usaban microcontroladores de 8bits, hoy en día, son más usados en aplicaciones robustas microcontroladores de 16 y 32 bits. Dada sus características, se tienen ventajas en implementaciones como temporizadores, interrupciones, y comunicaciones sincrónicas(12).

1. **Fuente de alimentación.** El PLC tiene una entrada análoga de 220VAC o 110VAC (dependiendo del estándar eléctrico que se use localmente) y que sirve para alimentar eléctricamente el circuito del PLC. Adicionalmente tiene salidas de 24VAC o DC para proveer de energía a los sensores(12).

2. **Reloj en tiempo real.** Para todo proceso automatizado, es necesario establecer la variable de tiempo ya que es indispensable para poner en marcha temporizadores y contadores(12)

3. **Puerto de entradas.** Las entradas de un PLC son optó asiladas, para proteger al microcontrolador de altos voltajes y algunas marcas permiten ajustar la intensidad de la entrada. Adicionalmente, las entradas de un PLC pueden ser análogas o digitales y las alternativas se deben a la cantidad de instrumentos que se pueden integrar con los PLC (12)

4. **Puerto de salidas.** Como en el caso de las entradas, las salidas pueden ser análogas o digitales, y pueden ser de cualquiera de los siguientes tipos:

- 120 VAC
- 24 VDC
- 12 – 48 VAC
- 12 – 48 VDC
- 230 VAC

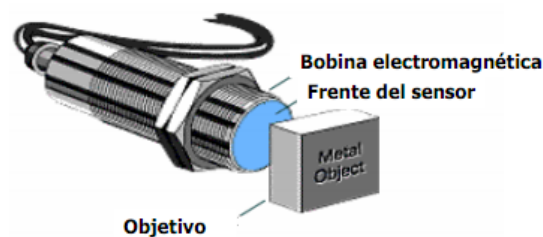
5. **Comunicaciones.** El PLC es un sistema autónomo y para ello es necesaria una interfaz con el humano y puede ser provista a través de un puerto serial, un cable y un computador o un programador portátil (12).

6. **Software.** El software es indispensable tanto para programar, como para monitorear el PLC. Aquí es el punto cuando se unen la informática, las redes y los controladores de lógica programable (12)

#### D. Sensor inductivo:

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atascamiento, de codificación y de conteo(1).

Figura 5. Imagen de sensor inductivo implementado en proyecto



(1)

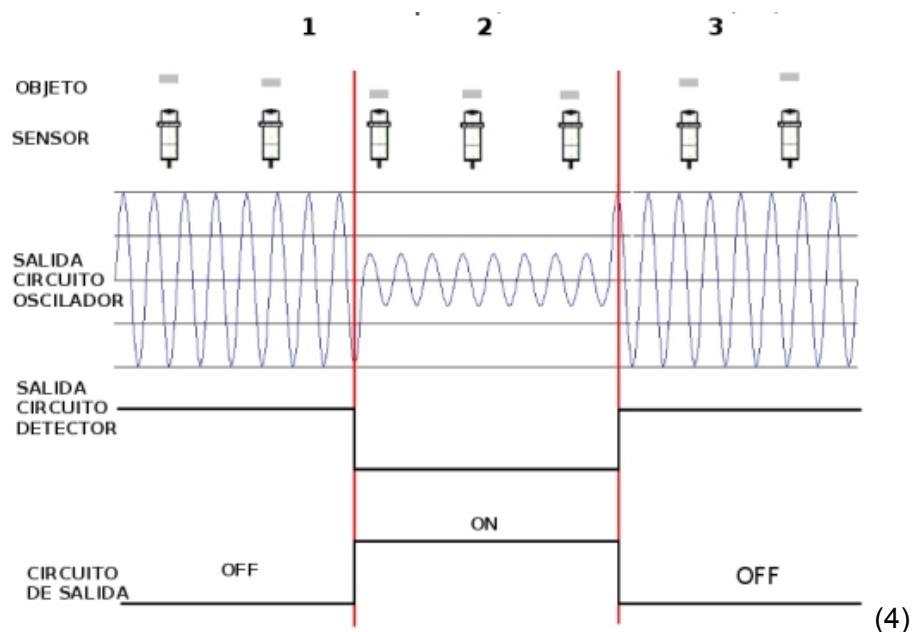
1. **Estados de un sensor inductivo.** En función de la distancia entre el sensor y el objeto, el primero mantendrá una señal de salida.

a. Objeto a detectar ausente. Amplitud de oscilación al máximo, sobre el nivel de operación, la salida se mantiene inactiva (*Apagado*)(1).

b. Objeto a detectar acercándose a la zona de detección. Se produce corrientes, por tanto hay una “transferencia de energía”. El circuito de detección se encarga de detectar una disminución de la amplitud, la cual cae por debajo del nivel de operación y así la salida es activada (*Encendido*)(1).

c. Objeto a detectar se retira de la zona de detección. Eliminación de corrientes, el circuito de detección se encarga de detectar el incremento de la amplitud de oscilación. Como la salida alcanza el nivel de operación, la misma se desactiva (*Apagado*)(1).

Figura 6. Imagen de señal detectada por sensor inductivo

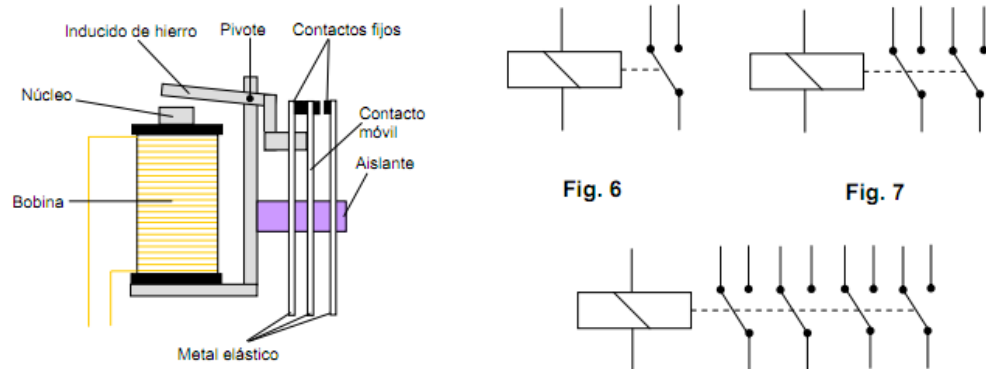


## E. Relé:

El relé es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes (5).

El relé funciona como un interruptor y está formado por un contacto móvil o polo y un contacto fijo. Pero también hay relés que funcionan como un conmutador, porque disponen de un polo (contacto móvil) y dos contactos fijos(11).

Figura 7. Imagen de las partes de un relé



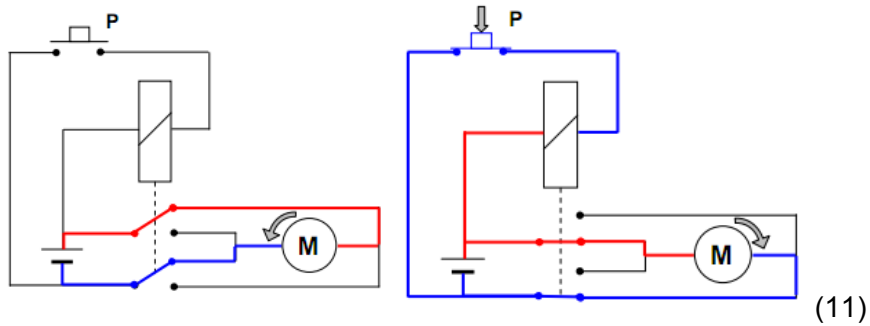
(11)

## F. Control de motor mediante un relé:

Cuando es necesario controlar el giro de un motor eléctrico de corriente continua en ambos sentidos, se puede hacer uso de un relé. La bobina del relé se conecta a la fuente de poder a través de un pulsador normalmente abierto (NA). El motor se conecta con los contactos fijos del relé como que se tratara de un conmutador doble. De esta manera los dos polos del relé se conectan a los bornes de la fuente de poder(11).

Una vez realizada dicha conexión, se tendrá que la corriente fluye a través del borne derecho y saldrá por el izquierdo, girando en sentido anti horario. Por otra parte, al accionar el pulsado, se suministra corriente a la bobina del relé, haciendo que los contactos móviles cambien de posición, con lo cual la corriente le llega al motor por su borne izquierdo y sale por el lado derecho, girando en sentido horario, tal y como se observa en la figura(11).

Figura 8. Imagen de la rotación del motor a través de un relé

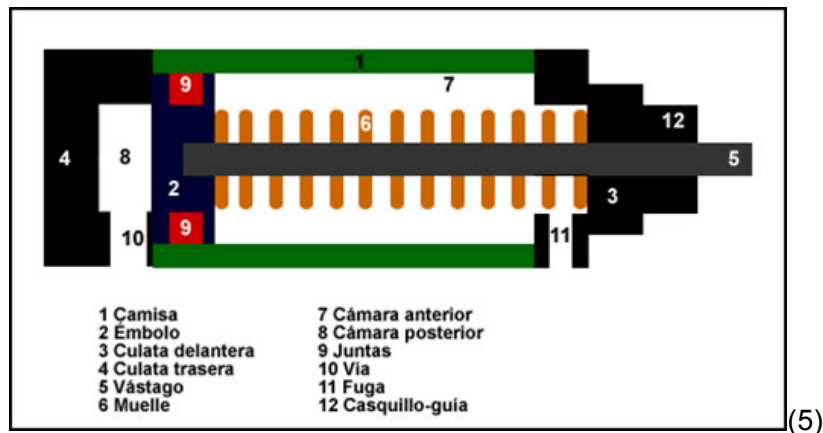


**G. Cilindro neumático (Simple efecto)**

Los cilindros neumáticos representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales se derivan construcciones especiales(5)

El cilindro de simple efecto tiene una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. De esta manera el vástago puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”(13)

Figura 9. Imagen de las parte de un cilindro neumático

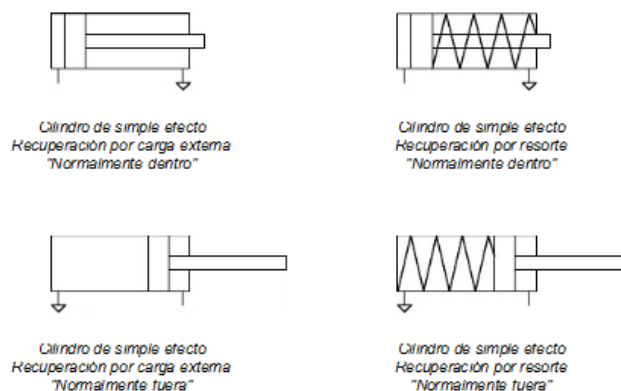


Del dibujo mostrado anteriormente, se puede mencionar lo siguiente: Cuando se inserta el aire comprimido por la vía [10], se llena de aire la cámara posterior [8], el muelle se contrae [6] expulsando el aire atmosférico por el orificio de fuga [11] y desplazando el vástago o pistón [5]. (6)

Cuando desconectamos la vía [10] del aire comprimido y lo conectamos con el aire atmosférico, se llena de aire atmosférico la cámara anterior [7] por el orificio de fuga [11], se expande el muelle [6] provocando el retorno del vástago o pistón [5]. (6)

Los cilindro de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. Tienen un consumo de aire un poco mas bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria al resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno un poco más grande para conseguir la misma fuerza (7).

Figura 10. Imagen de las posiciones del cilindro simple efecto



(13)

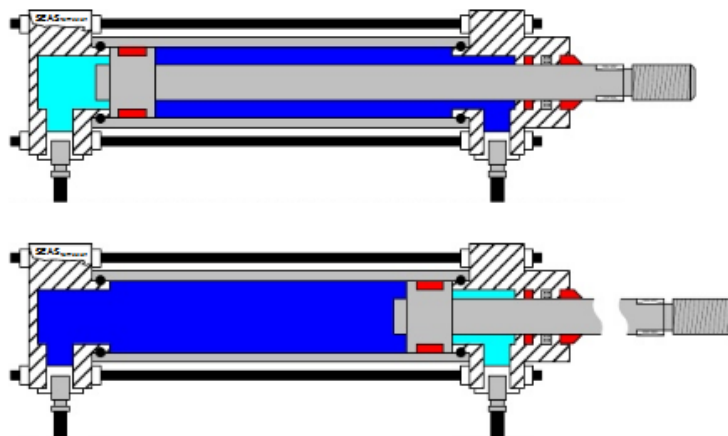
## H. Cilindro neumático (Doble efecto)

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos

caras del embolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes si pueden realizar en trabajo en ambos sentidos (7).

Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Las diferencias más notables se pueden encontrar en la cámara anterior, que ahora presenta un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido (7).

Figura 11. Imagen del cilindro doble efecto



(13)

Para poder realizar un determinado movimiento (avance o retroceso) en un actuador de doble efecto, es preciso que entre las cámaras exista una diferencia de presión. Cuando una de las cámaras recibe aire a presión, la otra está comunicada con la atmósfera y viceversa. De esta manera, se puede afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático ya que se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso). No se pierde la fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición y para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple, al no existir un volumen de alojamiento (7).

## I. Electroválvulas:

Las válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión. Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro pequeño, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes (8).

Una electroválvula es la combinación de dos partes fundamentales, un solenoide (bobina) y un cuerpo con 2 o 3 vías que sirven para abrir o cerrar el paso de un fluido en correspondencia con una señal eléctrica. Las características de cada electroválvula se clasifican según el número de vías, situación de reposo y de funcionamiento. Las vías son los puntos de conexión entre la electroválvula y la instalación, por ejemplo dos vías quieren decir una entrada y una salida. La posición característica, se refiere al tipo de caudal, si es fijo o regulable que se lleva a cabo de forma manual (9).

En la situación de reposo, se ha de verificar si la electroválvula permanecerá mucho tiempo abierta (con circulación de fluido) para el cual se denomina N.A (normalmente abierta). Al aplicarle tensión a la bobina de este tipo de electroválvula, ella procede a cerrarse. Si por otro lado, la electroválvula permanece mucho tiempo cerrada (sin circulación de fluidos) se denomina N.C (normalmente cerrada), de manera que al aplicarle tensión a la bobina de una electroválvula, esta se abre dejando pasar el fluido (9).

## V. METODOLOGÍA

La realización automática del proceso de producción de pines, requiere dividir todo el procedimiento en tres partes importantes: el diseño de la maquinaria a utilizar, la parte eléctrica a implementar y su correspondiente programación para el control del mismo a través de un PLC de marca SIEMENS.

Para la recolección e interpretación de datos, es fundamental hacer una observación en el campo del procedimiento manual de fabricación de pines, la cual consiste en el desembobinado del alambre a utilizar. Dada la forma de empaque es necesario que éste se reajuste de manera que se pueda obtener un alambre totalmente recto. Posteriormente se procede a cortar usando un cortaalambres la cantidad requerida de pines en los tamaños especificados. Finalmente, una vez obtenida la cantidad especificada de pines, se procede a prensar o ponchar la mitad de cada uno de los pines, de manera que se tenga una parte plana y otra parte cilíndrica.

Figura 12. Imagen del pin requerido por la fábrica

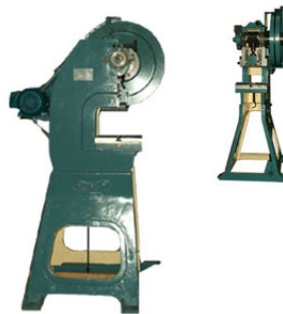


Una de las partes fundamentales y con las cuales se inicia todo este proceso, es el reajuste del alambre que se encuentra empacado en bobinas, por lo que se comenzará resolviendo este problema.

Se plantea utilizar dos trenes de poleas, uno colocado en forma horizontal y otro en forma vertical. De manera que el alambre pase a través de ellos y lograr así un alambre recto. Para este proceso será necesario el uso de un motor DC, el cual impulsara la bobina para que este proceso se realice de forma automática.

El siguiente proceso requiere cortar el alambre en determinados tamaños y para ello se propone utilizar una troqueladora manual de 5 toneladas (única disponible en la empresa). Dado que se pretende realizar un proceso completamente automatizado, se sugiere la idea de implementar un PLC el cual controlará por medio de electroválvulas el paso de aire a los pistones que se encargaran de realizar el corte del alambre.

Figura 13. Imagen de la troqueladora a automatizar



(1)

Se propone incluir en esta parte la creación y diseño de una pieza que permita aplanar o ponchar la mitad del pin, de manera que el proceso de cortado no se limite únicamente a eso, sino que utilizando el mismo proceso se pueda aplanar dicho pin.

Dado que se utilizará un proceso neumático de alta presión para la producción de pines, se consideró indispensable el uso de sensores para la medición del tamaño de los pines y además la detección de posibles pines trabados en el proceso, como medida de seguridad. Cabe resaltar que se adicionará una salida de aire para soplar cada uno de los pines terminados, que se encuentren en la base donde se ha realizado el corte.

En cuanto a la programación del PLC, se consideró necesario la implementación de dos rutinas, una automática y la otra manual. Esta última permitirá al operario calibrar la maquina al inicio, dándole lugar a posicionar el alambre y fijando el tamaño requerido a cortar. Por otra parte la rutina automática deberá contar con un dispositivo externo que le permita el ingreso de número de pines a fabricar y el cual estará a su vez encargado de detener el proceso al estar terminado. También deberá de contar con otra pantalla adicional que tendrá el despliegue total de pines producidos en el día.

Tomando en cuenta las medidas de seguridad, se propuso la idea de un botón de paro de emergencia, el cual se encargara de que todo el sistema se detenga por completo hasta que se solucione el mismo. Si algún pin atascado fuera detectado, este inmediatamente mandará una señal visual y auditiva para que el operario lo destrabe y continúe con su proceso normal.

## VI. DISEÑO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

Para obtener los resultados deseados se siguieron una serie de pasos que se encuentran divididos en cuatro secciones, para lograr que cada una de las partes funcione adecuadamente. Estos módulos se describen a continuación.

### A. SECCIÓN 1

1. **Descripción general (Módulo mecánico).** Para poder realizar el proceso de automatización, se cuenta con una troqueladora manual de marca BENCH MASTER, disponible en la empresa con los siguientes datos técnicos:

Tabla 1. Datos técnicos de troqueladora manual implementada.

Datos técnicos: Troqueladora BENCH MASTER	
País de origen	USA
N/S	182-60493
Dimensiones de la mesa	9"x11"
Carrera	1-1/2"
Ajuste	1"
Luz	7-1/2"
Garganta	5-1/2"
Distancia del suelo a la mesa	34-1/2"
Clutch	Mecánico
Sistema	Mecánico
Motor	3/4 HP
RPM	1725
Voltaje	115/220
Dimensiones de la máquina	22"x28"x62"

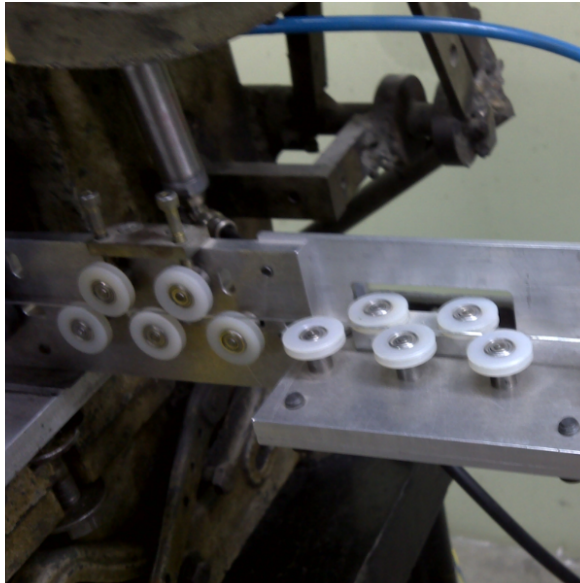
Figura 14. Troqueladora manual implementada en el proyecto



Se inició con la parte mecánica de la estructura de la máquina que por motivos de construcción y adaptación a la troqueladora, se separará en dos partes, módulo 1 (Reajuste y rectificación del alambre) y módulo 2 (Corte y aplanado del alambre).

**2. Reajuste y rectificación del alambre.** Para el diseño y construcción de este módulo fue necesario realizar investigaciones previas, respecto a formas de reajustar alambre cuya condición inicial fuera estar embobinado debido al empaque. Después de haber recolectado información de varios libros, manuales y sitios de internet, se decidió optar por un método convencional y económico para la rectificación del alambre. En este caso se decidió implementar dos trenes de poleas, uno ubicado de forma horizontal y otro de forma vertical, de manera que el paso del alambre entre cada una de las poleas, realizará un efecto de carga (positiva y negativa) entre cada uno de los extremos de manera repetitiva a lo largo del alambre.

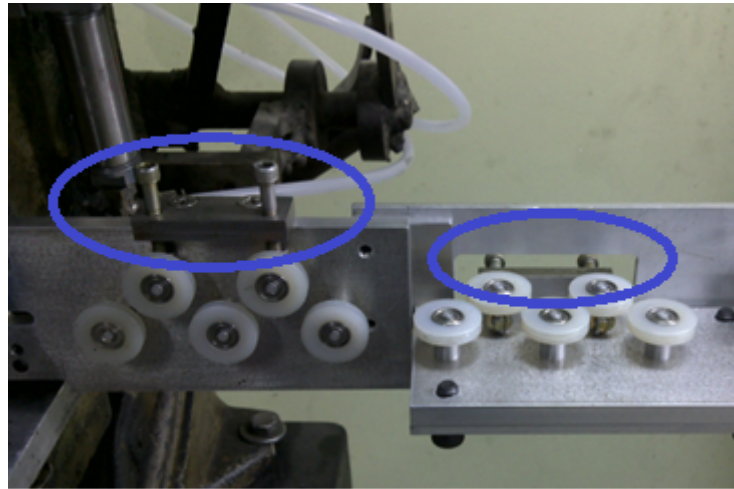
Figura 15. Tren de poleas implementado en máquina troqueladora



Esto quiere decir que el alambre presentará cargas en cuatro puntos distintos, es decir, si se moldea el alambre como un cilindro de largo indefinido, y el centro de este puede alinearse con un plano cartesiano, se podrá determinar las posiciones de las cargas en los siguientes ángulos (0, 90, 180 y 360 grados). De manera que, no importando la forma inicial del empaque del alambre, este será sometido a cargas iguales en sus cuatro puntos haciendo que el alambre presente un reajuste a la salida del tren de poleas.

Para la realización de este mecanismo fue necesario determinar los valores estándar de separación entre poleas a partir de manuales de mecánica, así como el número adecuado de poleas a utilizar según el material a rectificar. También fue importante tomar en cuenta el espacio sugerido de instalación de este mecanismo. Se determinó que este módulo presentaría dos poleas en la parte superior, tres poleas en la parte inferior, haciendo un tren de cinco poleas. Adicionalmente se decidió instalar dos ajustes en las poleas superiores, de manera que estas se puedan nivelar de acuerdo al grosor del alambre, así como también controlar la carga ejercida en la misma.

Figura 16. Tren de poleas con ajuste en la parte superior de la estructura



Una vez completado el primer tren de poleas, se procedió a realizar el segundo, siguiendo las mismas especificaciones descritas anteriormente. Cabe resaltar que para la fabricación de la base de los trenes de poleas y los ejes de cada una de ellas, se decidió utilizar el aluminio debido a la facilidad de fabricación de piezas a partir de dicho material y debido a que los esfuerzos ejercidos sobre el material son mínimos y estos no afectaran a la estructura (base) del tren de poleas.

Se decidió fabricar las poleas con un material preferiblemente liviano y que no presentara mayor fricción sobre el alambre a ser trabajado, ya que se buscaba que este no mostrara daños en la parte superficial del alambre. El material principal es el PTFE, un plástico de alta resistencia química, auto lubricante, resistente a alta temperaturas de trabajo y antiadherente. (10).

Se realizó la instalación del mismo, colocando el primer tren de poleas en posición horizontal y el segundo en posición vertical. Adicionalmente se decidió adaptar una segunda pieza, que permitiera direccionar la entrada del alambre hacia el primer tren de poleas. Para esto se decidió diseñar una base con las siguientes dimensiones en pulgadas (0.53 ancho, 1.5 largo y 0.89 alto) que en su centro presenta un tubo de 0.5 plg de diámetro con una abertura en su centro de 0.05 plg, pues este es el valor más grande de diámetro de alambre a ser trabajado.

Figura 17. Guia de alambre adaptado a estructura del tren de poleas



La pieza fue colocada estratégicamente debido a que el alambre embobinado presenta movimientos alternantes en sentido horizontal hacia la derecha e izquierda, de manera que con este elemento se logró disminuir significativamente, y así eliminar el movimiento en la entrada del primer tren de poleas. Para la construcción de esta pieza fue indispensable considerar que se buscaba una superficie lisa y con el menor coeficiente de fricción posible, además de tomar en cuenta que este no reacciona con otras sustancias químicas. Es por esta razón, que se tomó la decisión optar por el uso del plástico PTFE o Teflón, que presenta una reactividad que hace que su toxicidad sea prácticamente nula, de igual manera este material fue seleccionado debido a su bajo coeficiente de rozamiento (11).

**3. Sujeción, corte y aplanado del alambre.** Para el diseño de esta sección, se tuvieron que tomar varias consideraciones, entre ellas, la sección de sujeción y la sección de corte del alambre. Para llevar a cabo la división correcta del embobinado del alambre, fue necesario contar con dos secciones independientes para poder realizar la sujeción del alambre, así como el aplanado del mismo. De esta manera, las partes descritas anteriormente se encuentran posicionadas en dos placas metálicas de material O1, conocido comercialmente como K-460 o DF-2. Este material se encuentra compuesto químicamente de la siguiente manera:

Tabla 2. Composición química de material de piezas mecánicas.

Composición química (%)							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V
0.90	0.30	1.15	0.50	0	0	0.50	0.25

Además de presentar una dureza Brinell de 228, este acero tiene como características una buena dureza superficial, resistencia al desgaste y la facilidad de ser templado. También presenta una excelente tenacidad, lo cual es recomendable para la fabricación de herramientas de corte, de estampado, cuchillas para corte en frío, moldes, cilindros, etc.

La sección de sujeción se encuentra dividida en dos partes, una encargada netamente a la detención del alambre una vez que se haya llegado a su longitud deseada [A], la otra se encarga de sujetar y aplanar parte de este alambre [B]. Ambas presentan una parte móvil como una parte fija.

Figura 18. Módulo de sujeción, aplanado y corte de alambre.

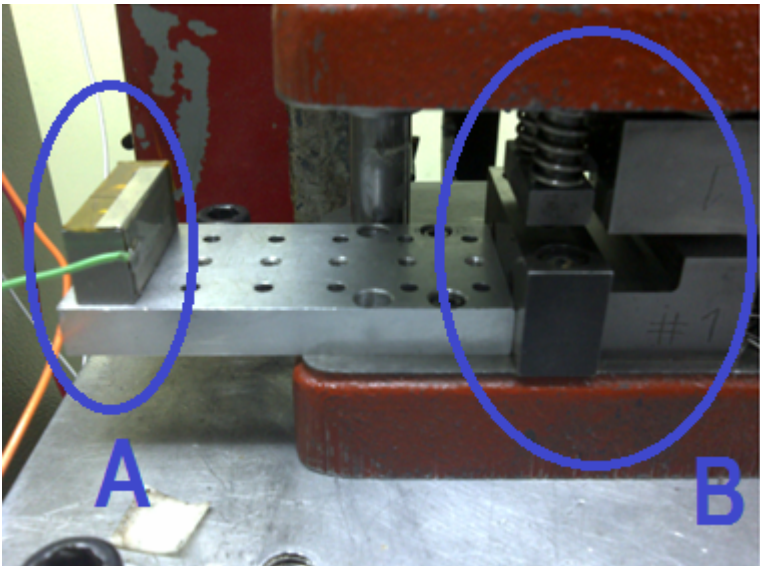
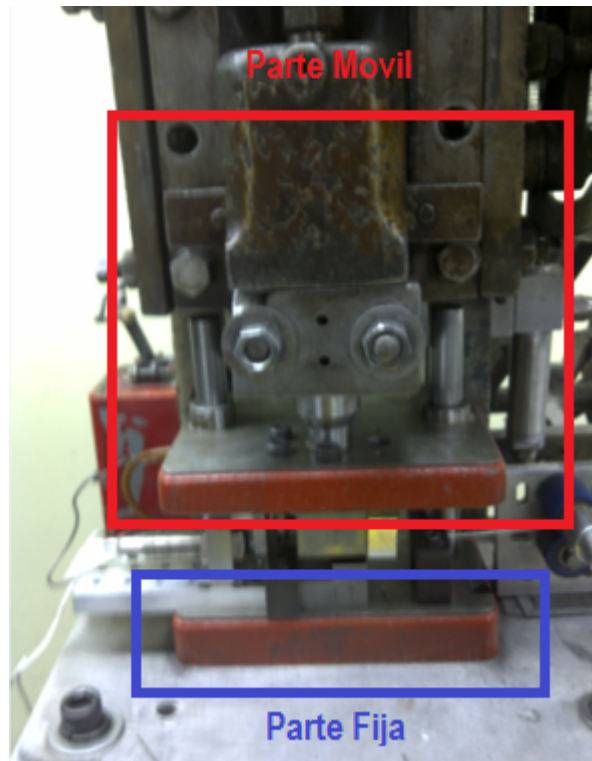


Figura 19. Descripción de parte fija y móvil del módulo de corte de alambre.

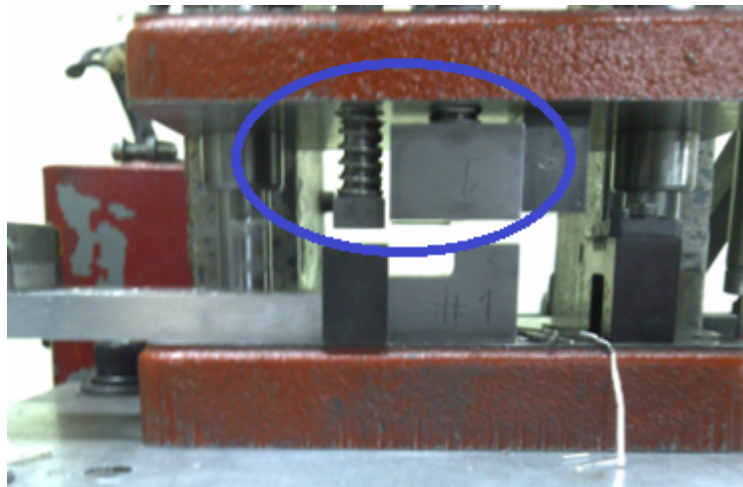


Para lograr que las piezas implementadas en el módulo anterior se mantengan en su posición fue necesario realizar procesos de cortado, rectificado, desbastado y finalmente el templado. Para este tipo de pieza se buscó una dureza media, de manera que tenga una dureza usual de 58-82 Rc, así mismo la parte del templado de esta pieza se encuentra entre 790 a 815 C, la cual es templada en aceite y sales. Por otra parte, la sección complementaria para realizar la detención y aplanado del alambre, se encontrará al igual que su contraparte, sujeto a una de las bases, pero que presentará 4 muelles (resortes), los cuales funcionan al momento de que el cabezal presente un desenclavamiento y caiga para ejercer presión sobre la pieza.

El objetivo principal de estos muelles es la regresión de la pieza que se encuentra en la parte superior de la base móvil. De manera que cuando el cabezal sea desenclavado y la parte móvil de la sección mecánica de corte, sujeción y aplanado caiga, y el cabezal vuelva

a su posición original, la parte móvil también lo haga, de manera que los muelles en esta sección regresan la base a su posición original. Dicho de otra manera, estos muelles serán colocados entre la base y las piezas complementarias para realizar su proceso final. De manera que las secciones de detención y aplanado entraran a funcionar simultáneamente y se quedarán en esa posición, mientras entra en funcionamiento la sección de corte.

Figura 20. Imagen de los muelles utilizados en el proceso



## B. SECCIÓN 2

1. **Descripción general (Módulo eléctrico).** Para el diseño y construcción de la sección de la parte eléctrica fue necesario tomar en cuenta varios aspectos relacionados al proceso de fabricación de pines. Entre estos se puede nombrar la división de dos módulos de trabajo: manual y automático. La parte manual de este proceso consiste básicamente en la calibración de la máquina antes de que pase a funcionar de manera automática. Para esto se tomó en cuenta principalmente el movimiento del alambre y el cálculo de longitud del mismo, el cual se lleva a cabo por medio de un motor DC.

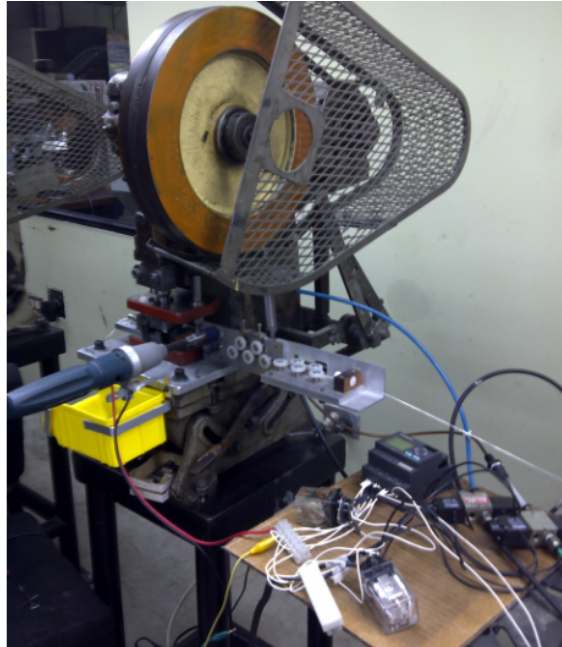
Este alambre se moverá de manera controlada a través de botones colocados en el tablero, que permitirán mover este mismo a la izquierda o derecha, es decir, aumentar o disminuir la longitud del alambre a cortar. El proceso de calibración permitirá de igual manera determinar si el paso del alambre a través del módulo de rectificación del mismo se está llevando a cabo, es decir si el alambre está completamente recto antes de realizar el corte final. Cabe resaltar que este módulo permite realizar ajustes mecánicos, como la determinación de la posición de las piezas de sujeción y aplanado, así como el acabado final del corte de cada uno de los pines. Esto debido a que se trabajan diferentes calibres de alambre, descritos a continuación:

Tabla 3. Descripción de calibres de alambre trabajado en troqueladora.

Calibre (AWG)	Diámetro (plg)	Aplanado (plg)	Grosor después de aplanado (plg)	Largo total del pin (plg)
30	0.010	0.003	0.007	1.75
28	0.012	0.004	0.008	2
26	0.015	0.005	0.010	1.75
24	0.020	0.007	0.013	2.25
22	0.025	0.008	0.017	1.50
20	0.032	0.011	0.021	1.75
18	0.040	0.013	0.027	2
16	0.050	0.017	0.033	2.25

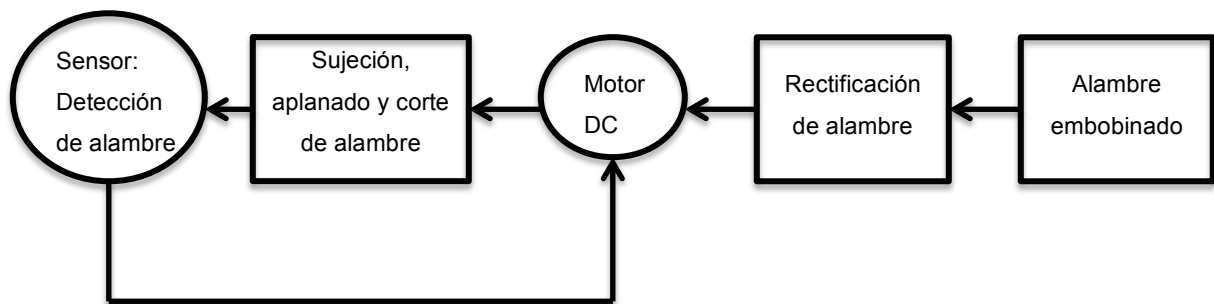
Una vez que la punta del alambre llegue a tocar el sensor, este procederá a mandar una señal al PLC para poder realizar el corte y remoción del nuevo pin a través de un surtidor de aire. Se debe dejar claro, que el proceso de corte no se repetirá de nuevo, hasta que el alambre vuelva a tocar el sensor. Sin embargo, el movimiento del alambre viene determinado directamente por el operario.

Figura 21. Movimiento del alambre producido por el motor DC



También se consideró la parte automática del proceso, la cual se lleva a cabo una vez que la máquina haya sido correctamente calibrada. De esta manera, la punta del alambre se encontrará como posición inicial, milímetros antes del módulo de corte (Parte mecánica). Una vez que la máquina se encuentre en el módulo automático, el motor DC procederá a mover el alambre desde su etapa inicial (rectificación y reajuste) hasta la etapa final (detección por medio del sensor). El proceso de fabricación de un solo pin dura un periodo de tiempo de 2.7 segundos, logrando así que se lleve a cabo el mismo proceso 22 veces durante un minuto. El motor se encontrará en movimiento por intervalos, hasta que termine de haber realizado la cantidad de pines programados por el operario. Es importante hacer la observación que para ambos procesos (manual y automático) el motor DC brinda la pauta para el inicio del ciclo de fabricación de pines. Sin embargo, el sensor es el que da la marca determinante para el inicio del proceso de producción.

Figura 22. Diagrama del proceso de producción de pines

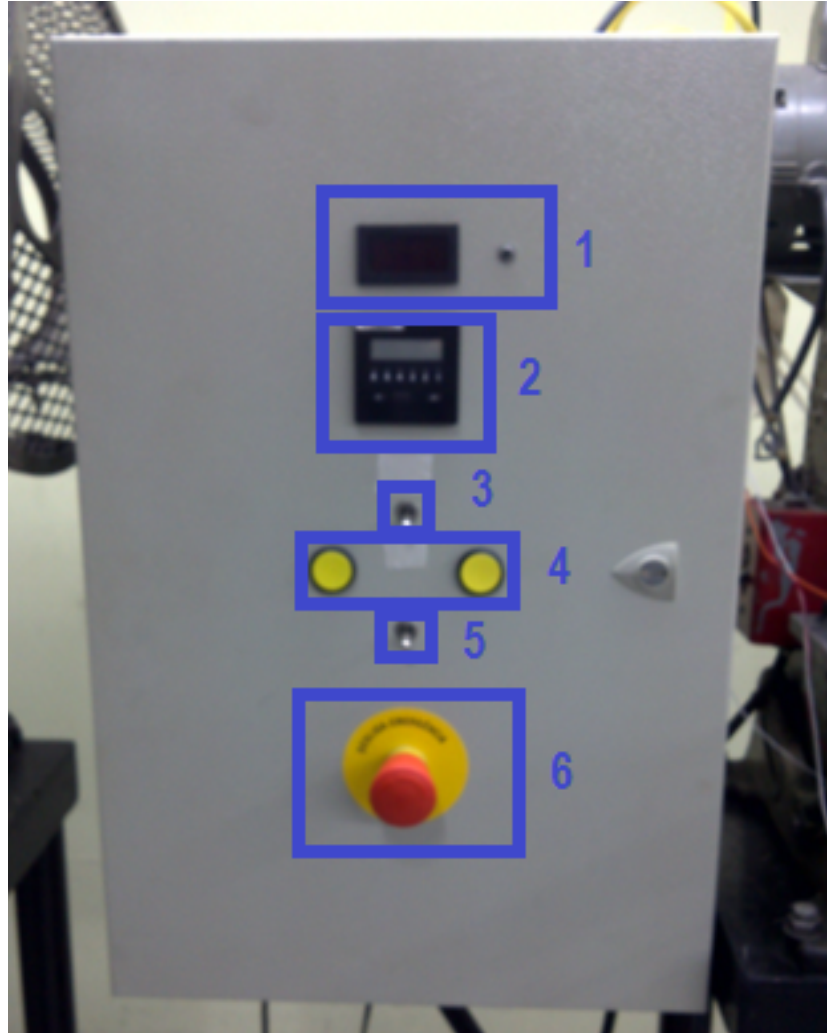


Fue necesario tomar en cuenta aspectos de seguridad en el modo automático, dada su característica de trabajo continuo. El aspecto principal a tomar en consideración, fue la colocación de un dispositivo externo que pare por completo el proceso en caso ocurra una emergencia. Sin embargo, también fue necesario tomar consideraciones adicionales en caso el proceso llegara a fallar, ya que durante las pruebas realizadas se observó que una mínima cantidad de pines se queda atascado entre la parte de corte y el sensor, debido a que el flujo de aire emitido no fue suficiente para liberarlo de su proceso final. En caso este problema llegara a surgir, se decidió parar por completo el proceso y este volverá a su proceso normal hasta que un operario llegue a liberar el pin atascado.

Para asegurar que el pin sea liberado lo más pronto posible, se instalaron dos dispositivos adicionales como aviso de que un error ha ocurrido en el proceso. Para esto fue necesario instalar una alarma sonora utilizando una bocina y una alarma visual, ambos colocados en la parte externa del tablero. Se decidió implementar ambas opciones dado que en la fábrica, algunas veces se cuenta con ruidos externos generados por otras máquinas.

Con la descripción general de cada uno de los módulos anteriores (manual y automático), a continuación se presenta una imagen del tablero de control de la troqueladora automatizada.

Figura 23. Tablero de control de proceso de producción de pines



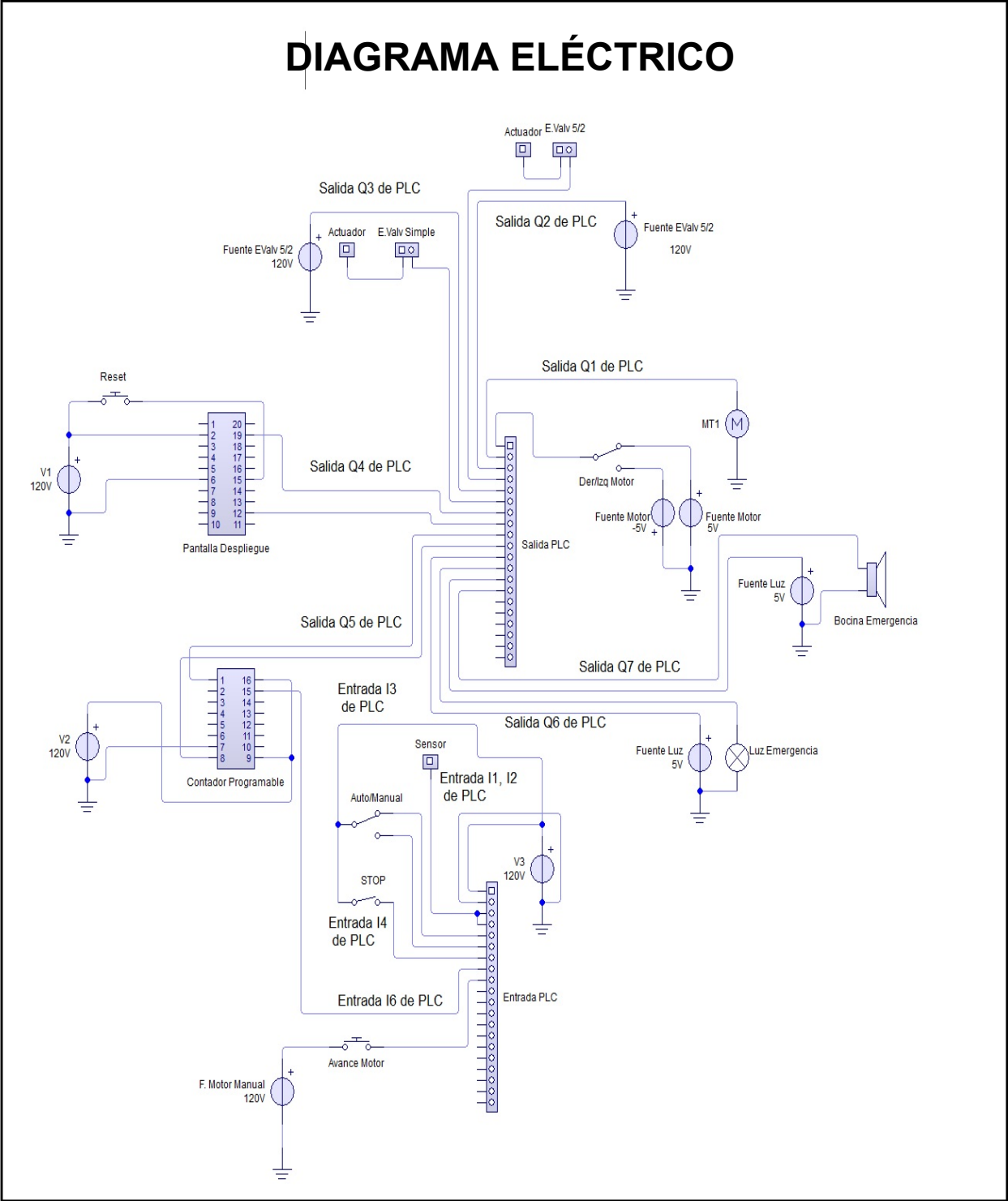
1. Pantalla de despliegue de pines producidos.
2. Contador programable
3. Control de proceso automático/manual
4. Control de motor DC en módulo manual
5. Interruptor encendido/ apagado
6. STOP (paro total del proceso de producción)

2. **Funcionamiento de la parte externa del tablero de control.** Como se puede observar, el tablero de control de la troqueladora cuenta con dos pantallas independientes. La pantalla (1), se utiliza para llevar a cabo el control de la cantidad total de piezas fabricadas. Es decir, este contará todas las piezas fabricadas en el día, independientemente si fueron lotes de pines con características diferentes. La pantalla (2), tiene como propósito el ingreso de manera externa del número de pines a fabricar. Se decidió optar por este tipo de elemento externo, ya que en varios casos es necesario solo una cierta cantidad de pines del embobinado original.

El sistema cuenta con dos interruptores de dos posiciones cada uno: el interruptor (3) se encarga de fijar el proceso en modo automático o manual y el interruptor (5) que se encarga de alimentar el tablero de control de la troqueladora. Los botones (4) se encargan de mover el motor DC hacia la izquierda o derecha respectivamente y están habilitados únicamente para el proceso de forma manual. Finalmente se puede observar el interruptor (7) que tiene como función el paro total del proceso. Si se activa este interruptor, los elementos descritos anteriormente regresaran a su estado inicial.

A continuación se muestra el esquema eléctrico del proceso de la automatización de la troqueladora:

Figura 24. Esquema eléctrico de automatización de la troqueladora



Se trató de utilizar la menor cantidad de dispositivos eléctricos y electrónicos para poder realizar este proceso, de manera que la mayor parte del control se lleve a cabo por medio de un Controlador Lógico Programable (PLC), reduciendo así los costos de elementos adicionales y los futuros cambios debido a daño o desgaste de los mismos.

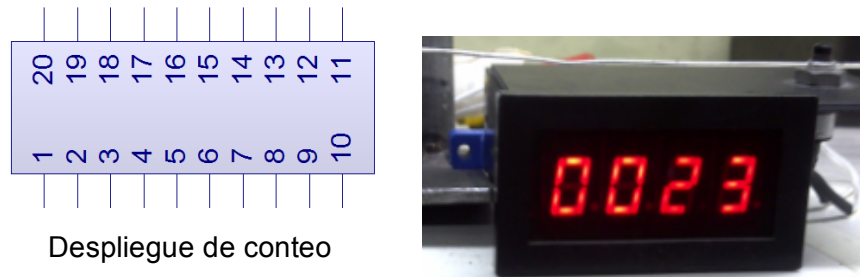
A continuación se presentará a detalle el funcionamiento de cada uno de los elementos externos en el tablero de control, así como su respectiva conexión y funcionamiento dentro del proceso de la automatización de la máquina troqueladora.

Figura 25. PLC implementado en el proceso de control de producción de pines



La pantalla (1) cuenta con 20 conexiones de entrada y salida, sin embargo para los fines de este proyecto solo se utilizaron 5 de ellas, necesarias para llevar a cabo el proceso requerido. A continuación se describe el funcionamiento de cada una de ellas.

Figura 26. Pantalla de despliegue de conteo



- ❖ La terminal # 3 y # 9, están encargadas de recibir el pulso que viene de la salida (Q4) del PLC. El pulso emitido por el PLC, es un pulso alto de forma que una vez que se termine cada uno de los ciclos de producción de un solo pin, se envía una señal de salida a través de Q4, el cual será ahora la señal de entrada para el dispositivo del conteo. Cada vez que se registre un pulso alto en este dispositivo, este último ira incrementando su valor de conteo en una unidad.
- ❖ La terminal # 6 se encuentra conectada a un botón externo, el cual está encargado de realizar un reinicio del conteo llevado a cabo. Para la conexión de este, únicamente fue necesario tener un circuito abierto por medio del botón (normalmente abierto) conectado hacia la fuente de poder. De manera que generando pulsos altos, este pueda limpiar su pantalla de despliegue y llevarlo a su forma inicial (conteo 0).
- ❖ La terminal # 19, no tiene ninguna función adicional más que ser la fuente de alimentación de la pantalla.
- ❖ La terminal # 16, será la conexión a tierra de la pantalla.

La pantalla (2) cuenta con 16 conexiones de entrada y salida, sin embargo para los fines de este proyecto solo se utilizaron al igual que el caso anterior 5 de ellas, necesarias para llevar a cabo el proceso requerido. A continuación se describe el funcionamiento de cada una de ellas.

Figura 27. Contador programable implementado en proceso



- ❖ La terminal # 1, es la fuente de alimentación principal del contador programable.
- ❖ La terminal # 7, tiene como propósito en envió de un flanco alto cuando la cantidad de pines a fabricar ya se encuentra programada. Una vez que la cantidad del pines programados sea completado, la señal pasará de un estado alto a uno bajo. Es decir, este mantiene su estado en alto, hasta que todo el proceso sea terminado. De igual manera cabe resaltar que antes de llevar a cabo la programación de la cantidad de pines a fabricar, el estado se encuentra normalmente bajo, haciendo un cambio con flanco positivo cuando este valor es ingresado. Cada uno de estos cambios serán detectados por la entrada 6 (I6) del PLC. De manera que, cuando se tenga un flanco negativo en dicha entrada, el PLC emita una señal para el paro completo del proceso.
- ❖ La terminal # 8, será la conexión a tierra del contador.
- ❖ La terminal # 16 y # 9, están encargadas de recibir el pulso de salida que viene del (Q5) del PLC. El PLC emite un pulso cada vez que se termine el proceso productivo de un solo pin, y es la señal de entrada para el dispositivo del conteo. Cada vez que se registre un pulso alto en este dispositivo, este último ira decreciendo su valor de

conteo. Así, cuando este llegue a cero, emitirá una señal interna para que la terminal # 7, cambie de estado.

El interruptor (3) se encarga de fijar el proceso en modo manual o automático. Este se encuentra conectado directamente a la fuente de alimentación. De manera que al seleccionar una de las posiciones del interruptor, este alimentara diferentes entradas del PLC. La entrada 3 (I3), se encuentra predefinida para la selección del modo automático. La entrada 4 (I4), se encuentra predefinida para la selección del modo manual. La razón de utilizar un interruptor de dos estados para la selección de modo automático o modo manual, se da para asegurar la selección de uno de los modos, ya que al utilizar otro tipo de dispositivo, este proceso no se garantizaba y esto podría llevar a la generación de errores en la producción de los pines.

El interruptor (5) se encarga de la alimentación de todo el panel del control de la maquina troqueladora. Se decidió optar por colocar en la parte externa del tablero, un interruptor de dos estados de manera que el operario no tenga acceso directo con la parte interna del mismo y así evitar futuros accidentes por desconexión de cables de transmisión de datos. De igual manera que el interruptor anterior, este posee dos estados que sirven para la alimentación y corte de alimentación del mismo.

Los botones (4), están encargados de realizar el movimiento del motor DC en dirección izquierda y derecha respectivamente. Es muy importante mencionar que estos botones de movimiento, únicamente funcionan en la parte manual de la operación de la troqueladora, pues es en este modo que se realiza la calibración de la máquina para finalmente producir la cantidad de pines ingresados.

De esta manera, al seleccionar con el interruptor (3) el modo de operación manual, se envía una señal para que el motor no arranque de inmediato, sino que espere hasta que uno de los botones sea presionado. Para lograr esto, fue necesario habilitar la entrada (I7) del PLC el cual da inicio al proceso manual. Cabe mencionar que en esta entrada se encuentra conectada tanto el botón de dirección izquierda como el de derecha. Se debe hacer la observación que las entradas del PLC entran en funcionamiento, cuando estas detectan una

señal de entrada (estado alto) y las cuales deben de ser igual al valor de la alimentación del mismo, en este caso 120VAC. De esta manera, al presionar ya sea el botón de dirección izquierda o derecha, la entrada del PLC recibirá la señal de movimiento de motor, sin embargo será en la parte de la salida del PLC donde se llevará a cabo el juego de polaridad del motor.

Se usó un relé de doble polo doble tiro, de manera que si este es presionado en su modo normal del trabajo (dirección izquierda), el relé se mantendrá en su posición original y la polaridad del motor se mantendrá. Por otra parte, si el botón en dirección derecha es presionado, automáticamente el relé cambiará de posición, realizando así una inversión en la polaridad del voltaje de entrada, el cual a su vez causará el cambio de dirección del motor DC. El relé se encuentra conectado directamente a la fuente de voltaje y su salida al motor DC.

La razón principal de realizar este tipo de cambio por medio de un relé, se debe a que si se hubiera realizado de manera independiente, es decir, los botones controlan directamente la dirección del motor, hubiera sido necesaria la implementación de una entrada y salida adicional del PLC, además de tener en cuenta que ambas salidas deberían estar conectadas al mismo motor DC, lo cual podría ocasionar un corto en caso de que ambos botones fueran presionados al mismo tiempo. Por esta razón, se decidió manejar únicamente la salida del PLC por medio de un relé, el cual permite tener mayor control sobre el motor, evitando posibles accidentes por accionamientos indebidos.

Finalmente se tiene el interruptor (6), el cual es un interruptor con un accionamiento mecánico, el cual permite enclavar este dispositivo una vez que haya sido presionado, y desenclavarlo cuando se rote hacia la derecha. La razón de colocar este dispositivo, se dio por razones de seguridad y/o falla en el proceso de producción de pines. Este accionamiento se encuentra conectado en la entrada (I5) del PLC. De manera que si este es accionado, inmediatamente se cortara la alimentación de todos los procesos a realizar, así como también el proceso interno del PLC se reiniciara a su estado original. Cabe mencionar que este no posee una salida directa del PLC, sino que se lleva a cabo una desconexión interna en base a la programación defensiva del PLC.

**3. Funcionamiento de la parte interna del tablero de control.** Las conexiones, descripciones y funcionamiento de los elementos electrónicos y eléctricos descritos anteriormente conforman únicamente la parte externa del tablero del control de la troqueladora. A continuación se describirá el resto de dispositivos utilizados para este proceso.

Figura 28. Parte interior del tablero de control



Para la salida (Q1) se tendrá la conexión directa con un relé, que permitirá realizar el cambio de dirección del motor en modo manual, mientras que para el modo automático, este se encuentra polarizado de manera que el motor rote en dirección izquierda desde el inicio del proceso. Así, la salida de este relé se encontrara en conexión directa con el motor DC. Es muy importante mencionar que para este proceso se consideró el uso de tres motores diferentes: Motor Paso a Paso, Servomotor, Motor DC.

El motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de

avanzar una serie de grados dependiendo de sus entradas de control. Cabe mencionar que este motor presenta la ventaja de tener alta precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento. De igual manera cabe destacar el torque que este tipo de motor presenta, el cual depende de sus características mecánicas así como de la carga (12).

Este motor fue considerado como la primera opción para realizar el movimiento de los rodillos por el cual pasa el alambre ya rectificado. Sin embargo, existieron varias razones por las cuales se descartó el uso de este motor. Una de las principales, fue la velocidad del trabajo y es que este motor presentaba movimientos demasiado lentos para la tarea que este debía realizar, además de tomar en cuenta la futura conexión de cada una de las bobinas para realizar el movimiento esperado. Se consideró descartar a este motor, dado que se implementaría un sensor de posición de alambre, el cual anularía su función de alta precisión.

Posteriormente se decidió investigar acerca del servomotor, un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición. Es importante mencionar que el servomotor se encuentra conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Los servomotores tienen la capacidad de llegar normalmente a ángulos de 180 grados y en algunos casos 210 grados (13).

Al igual que el anterior, se decidió descartar este motor debido a que para la operación del proceso de corte de alambre no es necesario ubicar el motor en alguna posición indicada y mantenerse estable. Además de tomar en cuenta que el ángulo máximo de rotación es de 210 grados y este deberá regresar a su posición en 0 grados, logrando así que el alambre ya posicionado retroceda hasta un ángulo 0. De manera que el proceso sería igualmente lento que con el motor paso a paso.

Finalmente se decidió investigar acerca del motor DC, este es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica principalmente mediante el movimiento rotatorio. Este a diferencia de los motores anteriores, presenta facilidad de control de posición, paro y velocidad, el cual lo hace ideal para procesos de control y automatización. Así también cabe

destacar que la principal característica de este motor es la posibilidad del regular la velocidad (14).

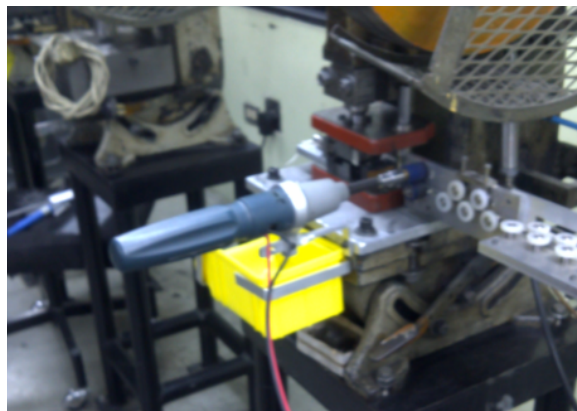
Dado a que este motor presenta mayor versatilidad que los anteriores, se decidió utilizar un motor DC para el proceso de corte de alambre. Como una de sus principales características es la del control de velocidad, se llevaron a cabo pruebas preliminares para determinar la velocidad correcta a la que funcionaba de manera eficiente todo el proceso.

Tabla 4. Prueba realizadas para determinar velocidad de trabajo de proceso

Tiempo (segundos)	Voltaje aplicado (volts)	Número de pines terminados	Número de pines atascados
180	1	60	1
180	3	64	1
180	5	66	4
180	7	66	7

Se decidió optar por aplicar un voltaje de 3 voltios al motor DC, ya que al realizar 5 pruebas similares se determinó que la velocidad que se desarrolla con ese potencial era la adecuada para el proceso, así como también el número de pines atascados fuera la menor cantidad posible. Además se debe de tomar en cuenta que el proceso de fabricación de un pin, tiene una duración de 2.7 segundos por lo que la variación de la velocidad del motor afecta mayormente en el atascamiento de pines.

Figura 29. Motor DC implementado en proceso de automatización.



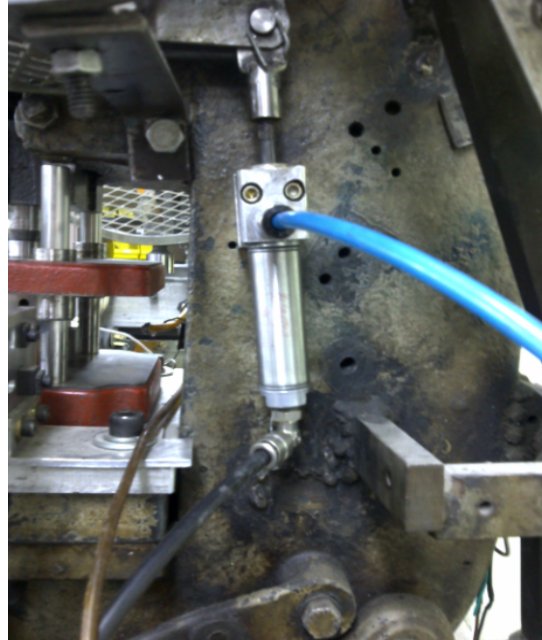
La salida (Q2) tiene como objetivo principal, el movimiento del cabezal de la troqueladora, la cual permitirá realizar el trabajo de sujeción, aplanado y corte del alambre. Para esto fue necesario determinar qué tipo de electroválvula y cilindro serían los más adecuados para este tipo de trabajo. Primero se tomó en cuenta que se requiere de un máximo control en las posiciones del cabezal, ya que si este permanece demasiado tiempo desenclavado, el mismo cabezal comienza a oscilar y por consiguientes los pines no obtienen el acabado final requerido.

Se consideró como primera opción una electroválvula 2/2 (2 vías y 2 posiciones) con un cilindro de simple efecto. Cuando se activara la salida (Q3), se activaría la electroválvula 2/2, permitiendo el paso del aire a través del mismo, logrando que el vástago se desplace. Una vez llegado a su posición final, por el orificio de fuga se provoca el retorno del vástago. Sin embargo después de realizar diversas pruebas, se pudo observar que con estos elementos, no se lograba el control esperado en cuanto al regreso del vástago para volver a enclavar el cabezal

Para lograr un mayor control del cabezal se procedió a utilizar una electroválvula de 5/2 (5 vías y 2 posiciones) y un cilindro de doble efecto. De esta manera al ser activada la electroválvula, esta permitirá el paso del aire a través de ella, logrando así que el cilindro colocado en la estructura del cabezal de la troqueladora se desenclave y este realice el proceso predefinido. Se debe mencionar que al utilizar este tipo de electroválvula, permitió que hubiera un mayor control en las dos posiciones del vástago. Para este caso en específico fue muy importante tomar en cuenta el regreso del vástago, para así evitar la oscilación del mismo.

Después de haber realizado varias pruebas y haber controlado los tiempos de las dos posiciones del vástago, se determinó que estos elementos eran los adecuados para el proceso.

Figura 30. Cilindro para el control del cabezal de la troqueladora.



La salida (Q3) se encuentra conectada directamente a una electroválvula, la cual a través de un surtidor de aire, permitirá que el alambre ahora convertido en pin, sea desplazado de su posición inicial a una caja de recolección de pines finales. Para esto fue necesario tomar en cuenta que el uso principal de esta electroválvula será únicamente para el paso del aire y por esta razón que se decidió utilizar una electroválvula de paso, el cual se encuentra cerrado (no hay paso de aire) en su posición inicial. Una vez que este detecte una señal emitida a través del PLC, se procederá a abrir la electroválvula dejando así que el aire fluya a través del surtidor. Cabe resaltar que para lograr que los pines cayeran en la caja de recolección fue necesario calibrar la presión de aire que pasa a través de la electroválvula.

Figura 31. Surtidor de aire para remoción de los pines.



La salida (Q4) como ya se había mencionado anteriormente, se encuentra conectada directamente a una pantalla de despliegue de conteo de pines. Este recibirá flancos positivos a través de la salida del PLC y contará las veces que reciba esta señal. Esta señal de referencia indica cada vez que uno de los pines ha sido terminado, o dicho en otras palabras, cada vez que el proceso se haya completado.

La salida (Q5) se encuentra conectada directamente a un contador programable. Al igual que el elemento conectado en (Q4), este recibirá flancos positivos para llevar a cabo el conteo de pines. Sin embargo, se debe hacer la observación que este dispositivo presenta un teclado externo para realizar el ingreso del número de pines a fabricar. Este valor programado se ira decreciendo cada vez que reciba un flanco positivo. Una vez que el contador llegue al valor de cero, se parará el proceso de producción automática.

La razón principal de utilizar dos despliegues en pantalla individuales, se da porque el primero (Q4) lleva el conteo de la producción diaria de pines, mientras que el segundo permite

realizar el ingreso de pines a producir y este no llevará registro de la producción total diaria, únicamente de los pines producidos en ese momento.

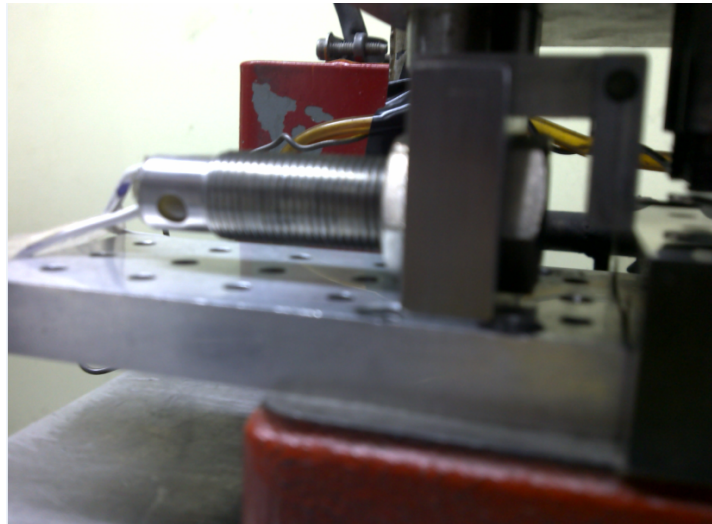
Las salidas (Q6) y (Q7) se encontrarán conectadas a una luz de emergencia y bocina de emergencia respectivamente. Ambas se encontrarán deshabilitados en todo momento, hasta que la condición de falla en el proceso sea activada. Para que esta condición se cumpla, es necesario que uno de los pines ya terminados se encuentre atascado en la parte final del proceso.

Para poder indicar que el pin se encuentra atascado, fue necesario utilizar al sensor nuevamente como referencia. De manera que si este aún se encuentra presionado, mandará una señal para la detención del proceso, así como ambas señales para la activación de las alarmas descritas anteriormente. Se debe destacar que las alarmas no se apagaran sino hasta que el pin atascado sea removido de esa posición. Una vez removido, las alarmas procederán a apagarse y se continuará con el proceso de manera normal.

Las entradas (I1) e (I2), se encuentran conectadas en serie de manera que ambas contienen la misma señal de entrada del sensor. La razón de utilizar dos entradas con la misma variable de medición, se debe a la selección del módulo de trabajo (Automático o Manual). En ambos casos, para la calibración inicial de la máquina, como para la producción en serie, fue requerido el mismo sistema de control.

Para detección del alambre, fue necesario llevar a cabo la implementación de un sensor al final del proceso. Para esto, se tomó en consideración el uso de sensores inductivos, los cuales son una clase de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Estos son de gran utilidad ya que para aplicaciones de posicionamiento, estos detectan la presencia o ausencia de objetos metálicos. Como es conocido, el sensor inductivo presentará una amplitud de oscilación al máximo cuando el objeto a detectar se encuentra ausente. Mientras que si el objeto a detectar, se encuentra en la zona de detección se producirán corrientes y habrá una transferencia de energía.

Figura 32. Sensor inductivo implementado al inicio de la automatización.

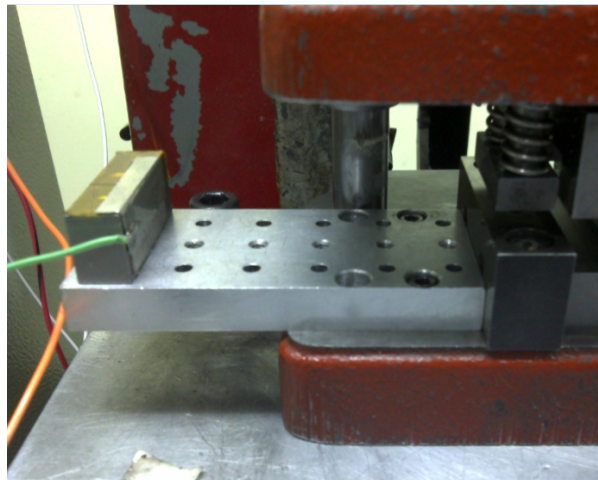


Idealmente este sensor sería seleccionado para el proceso a llevar a cabo, sin embargo fue necesario realizar adecuaciones a este sistema para que detectara el pin, ya que dado el grosor del pin, este sensor no fue capaz de reconocerlo. Para esto se ideó una pieza adicional que funcionara como un balancín, de manera que cuando el pin se acerque al sensor, este moviera el balancín logrando que el sensor inductivo llegue a la zona de detección y este proceda a enviar la señal para continuar con el proceso.

Después de haber realizado numerosas pruebas, se pudo observar que para pines que se encuentra en el rango de calibres 24 -16 AWG, este sensor trabaja de la manera esperada, logrando que los pines finales tengan el acabado correcto. Sin embargo al trabajar con calibres de menor grosor (30-26 AWG), se pudo observar que los pines finales presentaban una ligera curvatura en cuanto al acabado final. Se realizaron varias pruebas para determinar si el error de este proceso se llevaba a cabo en el módulo de rectificación del alambre o en el módulo de corte del pin. Finalmente se llegó a la conclusión que dado el poco grosor del alambre, este se doblaba al momento de empujar el balancín.

Debido a esto, se decidió buscar una manera alternativa para solucionar este problema, ya que el proceso debe de funcionar para calibres en el rango de 30 – 16 AWG. Se buscó una solución alternativa, la cual consiste en el uso de un relé para el control de detección de pines. Este módulo consiste en la conexión de una de las terminales del relé a la fuente de alimentación, mientras que la otra terminal se encontrará conectada al centro de un bloque metálico que estará aislado en todos sus extremos. Así mismo se debió conectar a tierra una de las poleas que permite el paso del alambre, de manera que el alambre sea una conexión directa a tierra. Así, cuando el alambre llegue al final del proceso y este toque la parte del bloque que no se encuentre aislado, permitirá que el relé realice un cambio en posición cerrando el circuito y permitiendo así el envío de una señal de detección del alambre al PLC.

Figura 33. Sensor final implementado en proceso de automatización.



Se realizaron numerosas pruebas con diferentes calibres de alambre para determinar si el fallo continuaba. Finalmente se debe destacar que este último módulo implementado fue una mejor opción que la anterior, ya que con esto no se necesita de una fuerza mecánica adicional para indicar al sensor que el alambre ha llegado a su posición final, como se observó con el sensor inductivo. Este módulo permite que con el menor toque del alambre al bloque metálico se proceda a cerrar el circuito y por consecuencia se envíe una señal al PLC para que se proceda a realizar el proceso de corte del alambre. A continuación se mostraran las siguientes tablas con el resumen de las conexiones de las entradas y salidas implementadas en el PLC.

Tabla 5. Descripción de entradas implementadas en el PLC.

Entradas	Función
I1	Sensor detección de alambre 1
I2	Sensor detección de alambre 2
I3	Proceso automático
I4	Proceso manual
I5	STOP emergencia
I6	STOP por falla de proceso
I7	Movimiento motor derecha/izquierda

Tabla 6. Descripción de salidas implementadas en el PLC.

Salidas	Función
Q1	Salida para funcionamiento de motor automático/manual
Q2	Salida para electroválvula 5/2 y accionamiento de cilindro doble efecto
Q3	Salida para electroválvula 3/2 y accionar surtidor de aire
Q4	Salida para despliegue en pantalla de conteo de pines
Q5	Salida para disminuir el conteo de pines programados
Q6	Salida para alarma1 (Tipo visual)
Q7	Salida para alarma2 (Tipo auditiva)

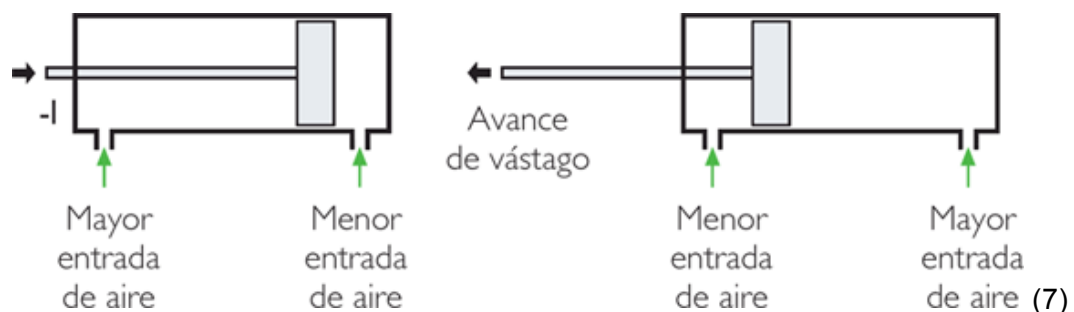
### C. SECCIÓN 3

1. **Descripción general (modulo neumático).** Como ya se ha descrito en la sección anterior, el proceso de automatización de la troqueladora cuenta con dos salidas para realizar procesos específicamente neumáticos. Uno de ellos se localiza en la salida (Q2) del PLC, teniendo como función principal el enclavamiento y/o desenclavamiento del cabezal de la troqueladora, el cual se lleva a cabo por medio de la implementación de un cilindro. Además, se decidió implementar una electroválvula con paso de aire localizada en la salida (Q3), que tiene como función principal la remoción de los pines, por medio de la inyección de aire luego de haber sido aplanados y cortados.

Para el diseño de este módulo, se decidió en primera instancia realizar la instalación de un cilindro de doble efecto, en la parte más cercana a la llave de desenclavamiento del cabezal. Para realizar la instalación definitiva se debieron llevar a cabo varias pruebas y análisis del funcionamiento de este cilindro. Ya que la estructura presenta una debilidad en cuanto al tiempo de desenclavamiento del cabezal, dado a que si este pasa un tiempo considerable desenclavado, este procederá a realizar movimientos oscilatorios en el cabezal, afectado de forma directa en la parte de sujeción, aplanado y corte del alambre, haciendo que el alambre quede deformado por los movimientos aleatorios ocurridos.

La razón de utilizar un cilindro en esta parte de la estructura se debe a que la energía del aire comprimido, el cual al ser introducido en la cámara de aire del cilindro, se producirá un movimiento lineal del tipo vaivén. Sin embargo, al considerar el problema descrito anteriormente, se decidió implementar un cilindro de doble efecto, el cual no solo dispone de las cualidades descritas, sino que también presenta una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno del vástago. La razón principal del uso de este cilindro de doble efecto, se da porque se debe tener pleno y absoluto control del vástago al momento que este regrese a su posición inicial.

Figura 34. Funcionamiento del cilindro de doble efecto.



Por otra parte también se debió considerar el manejo de este tipo de cilindro, por lo que se decidió utilizar una electroválvula 5/2. La razón principal del uso de este tipo de

electroválvula radica en el funcionamiento de la misma, como su nombre lo menciona, esta cuenta con cinco vías (distribuidas entre entradas y salidas) y dos posiciones, para el cual este elemento resulta una característica a favor. Mediante el uso del PLC, se puede definir como la posición original, el mantener enclavado el cabezal de la troqueladora.

Este mantendrá su posición hasta que una señal adicional brindada por el sensor, permita que el cabezal pase a su segunda posición por medio del desenclavamiento del cabezal de la troqueladora, a través del cambio de posición de la electroválvula. Es decir, cuando la electroválvula detecte una señal, esta procederá a cambiar su posición original, por la segunda posición, logrando así un movimiento controlado en el vástago. Sin embargo, se debe mencionar que el control del regreso del vástago se realiza con mayor precisión, ya que a través de la programación del PLC, se pueden definir los tiempos de espera, antes de proseguir con la siguiente posición.

Figura 35. Funcionamiento de la electroválvula 5/2.

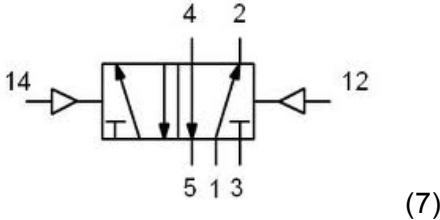
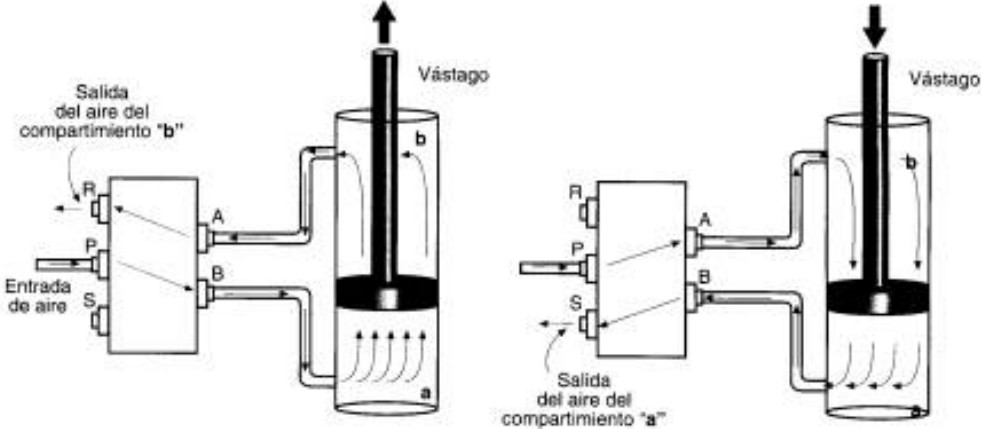


Figura 36. Funcionamiento de electroválvula 5/2 con cilindro de doble efecto.

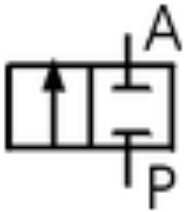


(7)

La segunda parte del módulo neumático consiste en un proceso de remoción de los pines ya terminados a través de una electroválvula que permita o interrumpa el paso del aire. Cuando el proceso de fabricación de un solo pin sea finalizado, se lanzará aire, de manera que la presión de este, pueda remover de su posición original el pin y posteriormente este sea lanzado a una caja de recolección colocada a 15cm del módulo de corte.

Para la realización de esta tarea fue necesario contar con una electroválvula 2/2 (2 vías y dos posiciones), normalmente cerrada.

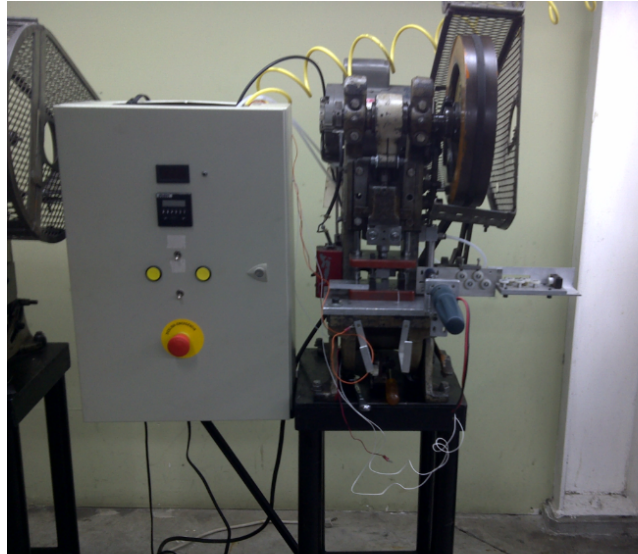
Figura 37. Funcionamiento de electroválvula 2/2.



(7)

Adicionalmente de debe mencionar el uso de válvulas para el control de la presión, así como válvulas de distribución de la fuente principal de aire.

Figura 38. Instalación final de elementos neumáticos.



**2. Funcionamiento del módulo neumático en la automatización.** A continuación se brindara información más detalla acerca de la selección de los elementos descritos anteriormente, así como el funcionamiento de cada uno de ellos. Todos los elementos descritos en esta parte, pertenecen a la compañía FESTO. Para la selección del cilindro de doble efecto, se tomaron en cuenta las siguientes características:

- ❖ El cilindro a ser utilizado presenta una estructura estándar con un vástago de 10mm, los cuales corresponden a las normas ISO 6432.
- ❖ Este dispositivo presenta una camisa de del cilindro de acero inoxidable, con una culata inferior de aleación de forja de aluminio.
- ❖ Presenta un montaje directo en la parte de la culata superior.
- ❖ Culata superior corta con conexión transversal de la fuente de aire comprimido.

Figura 39. Cilindro de doble efecto a ser implementado en la troqueladora.



Además, es importante mencionar que este dispositivo cuenta con una amortiguación tipo P. Es decir, el actuador está provisto de un elemento elástico amortiguante de material sintético. Se decidió elegir este tipo de amortiguamiento, principalmente porque en este proceso se trabaja con masas pequeñas, a velocidades relativamente bajas y bajas energías de impacto. De esta manera, con las características mencionadas anteriormente, se procedió a seleccionar el dimensionamiento adecuado del cilindro, en función del espacio designado en la estructura de la troqueladora.

Figura 40. Dimensionamiento y características de cilindro doble efecto.

Funcionamiento	Ejecución	Diámetro del émbolo [mm]	Carrera [mm]	Carrera específica <sup>1)</sup> [mm]	Vástago					
					Doble S2	Prolongado K8	Rosca exterior			Rosca interior K3
							Prolongado K2	Corta K6	Especial K5	
<b>Montaje directo</b>										
DSNU-MH 										
		8, 10	-	1 ... 100						
		12, 16	-	1 ... 200	-	■	■	■	■	■
		20	-	1 ... 320						
		25	-	1 ... 500						
DSNU-MH: Cilindro redondo con diámetro del émbolo 32 ... 63										

(7)


Por otra parte, para poder realizar el control del cilindro de doble efecto, se consideró el uso de una electroválvula 5/2. Este dispositivo presenta una alta fiabilidad de funcionamiento y está dedicada para el uso de actuadores rotativos, actuadores lineales de simple y doble efecto, así como para actuadores de pistón. A continuación se muestran las características técnicas de la electroválvula seleccionada.

Figura 41. Electroválvula 5/2 a ser implementada en la troqueladora.



(8)

Figura 42. Descripción de características técnicas de electroválvula 5/2.

Características técnicas	
<b>Diámetro</b>	DN 6,0
<b>Materiales</b>	
Cuerpo	Poliamida (reforzada con fibra de vidrio)
Conexiones roscadas:	latón (inox bajo pedido)
Juntas:	NBR y PUR
<b>Fluidos</b>	Aire comprimido lubricado o sin lubricar, aire de instrumentación, nitrógeno
<b>Temperatura:</b> -ambiente	-10 °C a +55 °C
-fluido	-10 °C a +50 °C
<b>Tiempos de respuesta <sup>(1)</sup></b>	Apertura: 75 ms Cierre: 115 ms
<b>Conexiones</b>	
Alimentación P y escapes	G1/4 (conexiones 1,3,5)
Salidas	Namur (conexiones 2,4)
<b>Factor de funcionamiento</b>	100% funcionamiento continuo
<b>Conexión eléctrica</b>	Conector según DIN43650 forma A (atención a la polaridad)
<b>Protección</b>	IP65 con conector
<b>Instalación <sup>(2)</sup></b>	Electroválvula suministrada en función 5/2. Se suministra una placa adicional para conversión en función 3/2.
<b>Posición de montaje:</b>	Indistinta, preferentemente con bobina hacia arriba.
Certificación:  II 2 G Eex ia IIC T5,T6	PTB 01 ATEX 2101

(8)

Este componente presenta un accionamiento eléctrico, permitiendo así que las dos posiciones de esta electroválvula se lleven a cabo por medio del paso de aire, es decir, de manera neumática.

Se buscaron las especificaciones y dimensionamiento para la electroválvula 2/2. Esta debe ser normalmente cerrada, de manera que cuando esta se active, la bobina abra la válvula piloto, permitiendo así el paso del fluido a presión que abre la válvula principal. A continuación se muestran los datos técnicos de la electroválvula implementada.

Figura 43. Descripción de características técnicas de electroválvula 2/2.

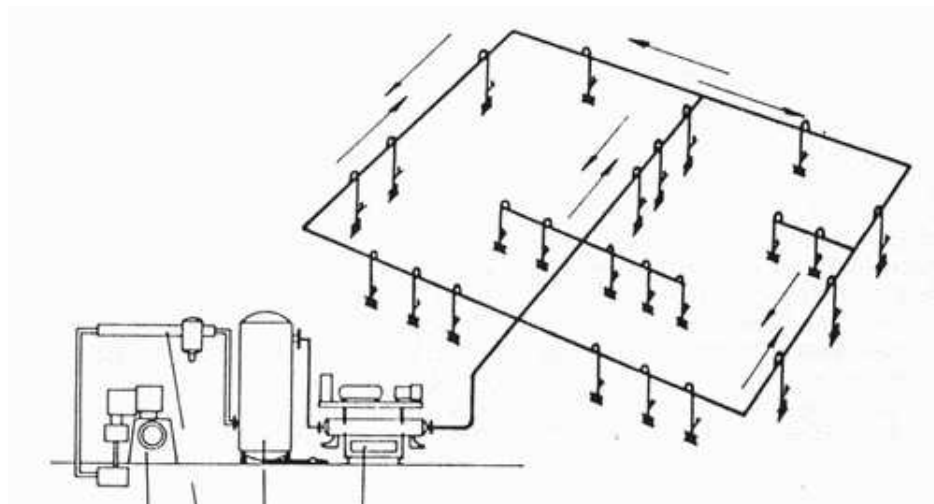
<b>Datos técnicos</b>	
<b>Material del cuerpo</b>	Latón (DIN 50930-6)
<b>Cubierta del cuerpo</b>	Noryl
<b>Material de juntas</b>	NBR, EPDM, FKM
<b>Fluidos</b>	
NBR	gases y fluidos neutros (aire comprimido, gases técnicos neutros, agua, aceite hidráulico, aceites sin aditivos)
EPDM	fluidos sin grasa y sin aceite (agua caliente, aguas alcalinas para limpieza)
FKM	aire caliente, aceites calientes, aceites con aditivos.
<b>Temperatura fluido</b>	
NBR	0 a +70°C
EPDM	-10 a +70°C
FKM	0 a +70°C
<b>Temperatura ambiente</b>	Máx +55°C
<b>Conexiones</b>	G3/8" a G1"
<b>Voltajes</b>	24 V CC 24, 110, 230 V / 50-60 Hz
<b>Consumos</b>	4 W
<b>Arranque</b>	9 VA AC, 4 W CC
<b>Mantenimiento</b>	6 VA AC, 4 W CC
<b>Tolerancia de tensión</b>	+/- 10%
<b>Ciclo funcionamiento</b>	100% continua
<b>Conector eléctrico</b>	Patillas conexión en un lateral según DIN 43650, Forma B (estándar industrial)
<b>Instalación</b>	Según convenga, con preferencia con bobina hacia arriba
<b>Peso</b>	Según tamaño, ver cuadro dimensiones
<b>Clase de protección</b>	IP65 con conector

(9)

Una vez seleccionados los elementos a implementar en el proceso de la automatización de la troqueladora, se procedió a analizar cinco puntos importantes para la realización del circuito neumático a implementar. El primero consistió en la localización de la fuente de aire comprimido dentro de la fábrica.

La fábrica COAST/ACM, dentro de sus instalaciones presenta una red de aire comprimido para trabajar diversos procesos. Esta red presenta una presión total de 7 bar, la cual se distribuye alrededor de los procesos principales. De esta manera fue necesario conectar un dispositivo en T, para la división de aire comprimido de una de las fuentes y hacer la extensión respectiva para lograr la conexión con la entrada principal de aire para el módulo de neumática.

Figura 44. Ejemplo de disposición de una red de aire comprimido.

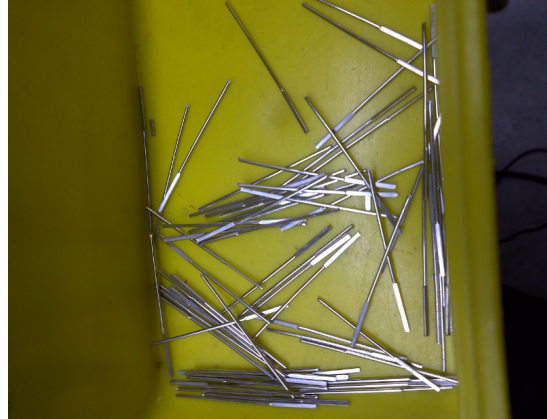


(7)

Una vez obtenida la respectiva conducción de aire, se procedió a realizar la conexión entre las mangueras de paso de aire y las electroválvulas implementadas. Para el caso de la electroválvula 2/2, se decidió poner una manguera en una de las vías, de manera que cuando la electroválvula reciba una señal eléctrica, esta proceda a liberar una cierta cantidad de aire, regulada por el tiempo programado. Así también se debe resaltar que esta electroválvula posee en la esquina inferior izquierda, un ajuste de presión y caudal de aire que pasa a través de las vías de la electroválvula. Este procedimiento resultó determinante para la remoción de

los pines y por esta razón se debieron realizar varias pruebas experimentales para determinar el ajuste correcto del paso de aire y lograr así que, los pines ya terminados caigan en la caja de recolección.

Figura 45. Proceso final de recolección de pines.



Por otra parte, se debió hacer conexiones adicionales para la electroválvula 5/2, ya que este dispositivo controlara al cilindro de doble efecto, por lo que 2 de las 5 vías se conectaron al cilindro, logrando así un movimiento controlado en ambos sentidos. De igual manera que en el caso anterior fue necesario controlar la presión y el caudal del aire que pasa a través de las vías de la electroválvula.

Finalmente, al tener todos los componentes neumáticos conectados, se procedió a realizar una prueba del funcionamiento del módulo neumático, para así continuar con el modulo final de programación, el cual se encargará de unir la sección mecánica, eléctrica y neumática del proceso de fabricación de pines.

## D. SECCIÓN 4

1. **Descripción general (módulo de control).** Este es el módulo principal y más importante en la automatización de la troqueladora, ya que este módulo será el encargado de trabajar en base a la información recibida por los sensores y a partir de ella realizar un análisis interno lógico y ordenar que las salidas actúen sobre los accionadores de la instalación. De esta manera, para lograr el control necesario sobre las variables de entrada y salida del proceso, se utilizó un PLC LOGO! de Siemens.

Para que el PLC LOGO! cumpla con su función de control, es necesario llevar a cabo la programación adecuada con la información acerca de los procesos que se quiere secuenciar y así lograr cumplir operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos a los accionadores. Además es importante destacar que resulta muy útil el módulo de programación, ya que es posible la introducción, creación y modificación de variables o funciones del programa sin costo adicional. Además de tomar en cuenta que este PLC presenta un tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, el cual en muchos casos evita el uso de dispositivos electromecánicos como los relés.

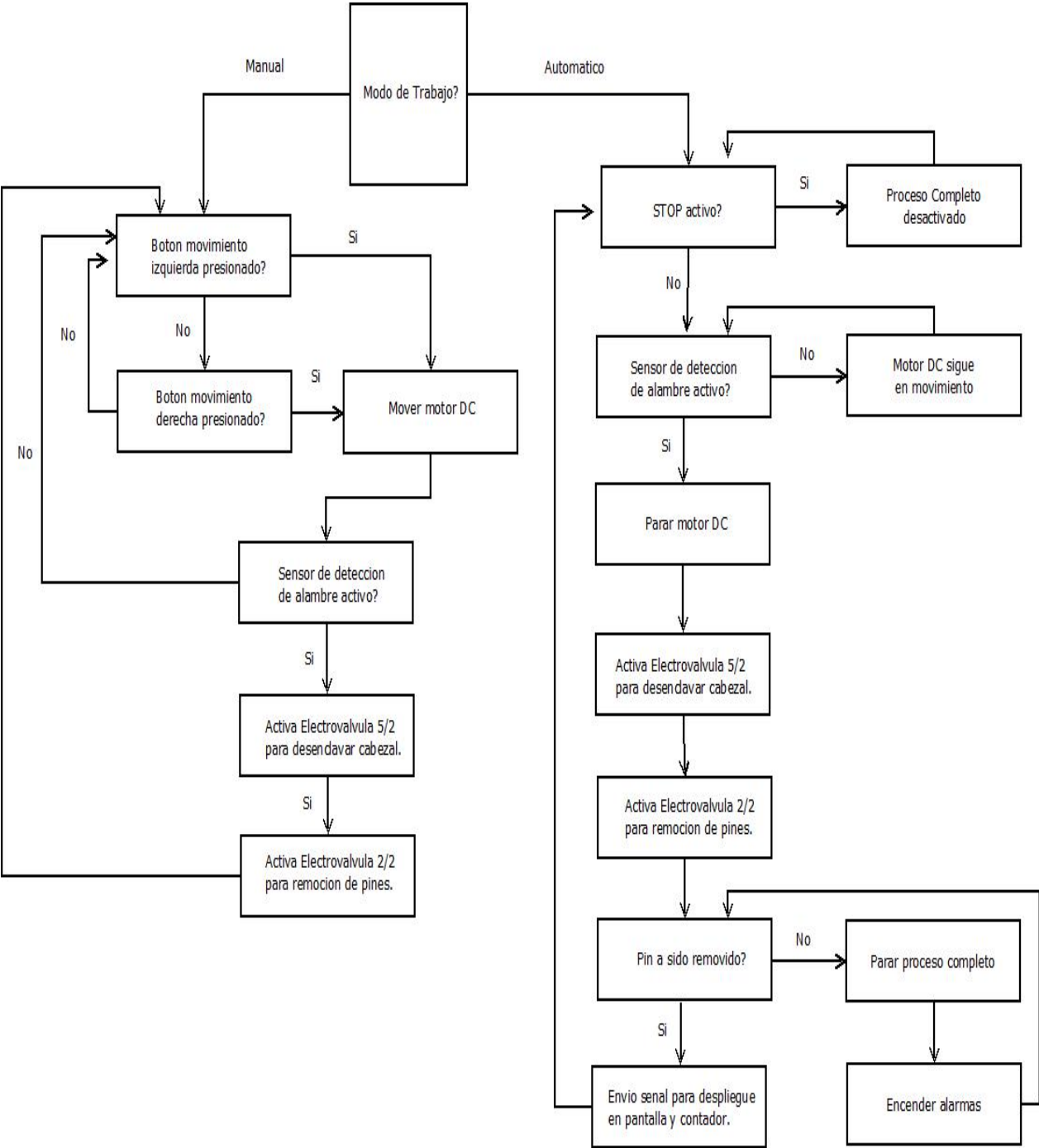
Para este proceso se tomaron en cuenta 7 variables de entrada, entre las cuales se puede destacar el sensor de detección de alambre, interruptores de posicionamiento manual o automático, contadores, paros de emergencia externo, paro de emergencia por sensor y botones para movimiento de motor DC. Por otra parte, para los actuadores se consideraron las variables de salida como el motor DC, Electroválvula 2/2, Electroválvula 5/2, despliegues de pantalla, contadores, avisos de emergencia. Con la descripción anterior se puede asegurar que el control del proceso que se llevara por medio de la implementación del PLC LOGO! Contará con 14 canales Entrada/Salida implementados en el PLC. Como ya es conocido, este PLC presenta en su estructura 8 entradas y 4 salidas, por lo que fue necesario adaptarle una extensión con las mismas características para poder realizar en control del proceso.

Figura 46. PLC y Extensión utilizada en el control de producción de pines.



**2. Funcionamiento del módulo de control en la automatización.** Por esta razón, para lograr el manejo adecuado del proceso de producción de pines fue necesario realizar un diagrama de flujo del proceso a llevar a cabo, antes de programar el PLC.

Figura 47. Diagrama de flujo del control de sistema.



Con el diagrama de flujo anterior se procedió a realizar su respectiva programación, la cual se dividió en siete módulos:

1. Módulo de control automático.
2. Módulo de control manual.
3. Módulo de determinación de modo de trabajo.
4. Módulo de paro (Emergencia) / paro (Programado).
5. Módulo de selección de salidas.
6. Módulo de despliegue en pantalla externa y contador programado.
7. Módulo de aviso de falla en proceso.

A continuación se describirá el funcionamiento de cada uno de los módulos mencionados anteriormente.

**3. Módulo de Control Automático.** El módulo de control automático presenta en todas las líneas de carga, una conexión directa con las marcas (M12) y (M9). La marca (M12, normalmente cerrado) tiene como función principal la desconexión de todos los elementos en caso de alguna emergencia. Esta marca puede ser activada de forma manual, o por medio de un sensor. Por otra parte la marca (M9, normalmente abierto) tiene como función, la continuidad del paso de la línea de carga. Es decir, si se llega a seleccionar el modo de trabajo automático, esta marca permitirá la continuidad en la línea.

Para el inicio de la proceso, el PLC se encuentra programado para iniciar a partir de una señal enviada a través del sensor de detección de alambre. Así, se implementó la entrada (I1) del PLC, sin embargo se tuvo que tomar en consideración, movimientos adicionales del pin una vez que ya comenzó su proceso, para que este no vuelva a activar el proceso nuevamente. Por esta razón se decidió implementar internamente el uso de un relé de barrido con características que se explicaran más adelante.

De esta manera, al activarse el relé de barrido se procede a activar una marca interna del sensor (M1), indicando así que el alambre ha sido detectado por el sensor. En esta misma línea de proceso se encuentra una marca (M3) la cual está encargada de desconectar la línea

de proceso una vez que se lleve a cabo la última instrucción del módulo automático. En la siguiente instrucción se podrá notar una desconexión directa de la marca (M13) para el paro directo del motor DC. Más adelante se explicara la relación de la M13 con la salida del PLC que va directo al motor DC, ya que esta parte también se encuentra interconectada con el modulo manual.

Una vez activada la marca (M1), se procede a activar un temporizador de 0.5 segundos, de manera que cuando se detenga el movimiento del motor, se esperó el tiempo indicado antes de proceder a desenclavar el cabezal de la troqueladora. Para esta última parte se utilizó la marca (M14) como referencia interna para la salida que ira conectada a la electroválvula 5/2. Así, se implementó otro temporizador adicional para indicar el tiempo que el cabezal permanecerá desenclavado, para este último proceso se tiene un tiempo de 0.4 segundos. Con esta misma referencia se procedió a activar nuevamente un temporizador de 0.8 segundos, el cual al finalizar su tiempo programado procederá a activar la marca (M15) que tendrá está relacionada con la electroválvula 2/2, que permite el paso de aire para lograr la remoción del pin. Una vez finalizado este tiempo, se procederá a activar una marca adicional, la cual permitirá que todas las marcas anteriores vuelvan a su estado inicial.

4. **Módulo de control manual.** Para la parte del módulo manual se procedió a utilizar como referencia principal la entrada (I2) del PLC, la cual está conectada directamente al sensor para la detección del alambre. A diferencia del módulo anterior, este presenta una entrada adicional (I7), la cual está encargada de recibir los pulsos provenientes de un pulsador, que brindara el movimiento del motor DC. El movimiento del motor DC entonces viene determinado directamente por el operario.

Así cuando el sensor se encuentre presionado, se activará la marca M4, el cual activará un temporizador de 0.5 segundos de retardo para que se active la marca interna de salida que conectará a la electroválvula 5/2, la marca implementada para este elemento es la M17. Una vez completado esto, se procederá a activar un segundo temporizador, el cual

servirá para el regreso del vástago al cilindro. Este temporizador presenta un tiempo de retardo de 0.4 segundos, con esta misma referencia se procederá a activar una marca M18 para que se dé orden para la activación de la electroválvula 2/2 que se encargará del soplado de aire. Finalmente se utiliza un temporizador de 1.2 segundos, el cual tiene como función principal el regreso de todas las marcas su estado inicial.

**5. Módulo determinación de modo de trabajo.** Para la determinación del modo de operación del proceso de fabricación de pines se tiene como entrada dos referencias (I3) e (I4), de manera que sean activados en el panel de control por medio de la implementación de un interruptor. Dado que la programación se trabajó con dos contactos cruzados, es imposible que los dos funcionen de forma simultánea. Así cada uno de los módulos de trabajo presenta sus marcas correspondientes, para este caso la marca M9 hace referencia al módulo automático, mientras que la marca M10 hace referencia al módulo manual. Como se habrá podido observar, en los módulos anteriores se utilizan estas mismas marcas, de manera que este módulo está dedicado únicamente a la selección del modo de trabajo.

**6. Módulo de paro de (Emergencia) / Paro (Programado).** Para la programación de este módulo, únicamente fue necesario contar con dos variables de entrada del PLC, de manera que una de ellas sea el paro manual, realizado por medio de un pulsador con enclavamiento mecánico y la otra se realice a través del sensor, el cual al final del proceso de fabricación de un pin, indicará si después de aplicado flujo de aire este permaneció en la misma posición o fue removido a la caja de recolección. Cabe mencionar que ambas entradas se encuentran colocadas de manera que si alguna de las dos se cumple, se llevara a cabo el paro completo del sistema y este regresara a su proceso normal, hasta que el pulsador sea desenclavado o el pin sea removido. La marca M12 utilizada para este módulo se encontrará en todas las líneas de alimentación del programa.

7. **Módulo de selección de salidas.** Este módulo tiene como función principal, la recopilación de las marcas utilizadas durante el proceso manual y automático, ya que ambas comparten variables como la salida del motor, salida para activación de electroválvula 5/2 y salida para activación de electroválvula 2/2. De esta manera cada una de las salidas físicas del PLC implementadas en este módulo, cuentan con la activación de la misma a través del módulo manual o el módulo automático, es decir, ambos módulos con sus respectivas marcas, comparten la misma salida.

8. **Módulo despliegue en pantalla externa y contador programado.** Este módulo a diferencia de los anteriores, se llevará a cabo una vez que se haya terminado el proceso de soplado (última etapa). De manera que cada vez que se finalice el proceso de producción de un solo pin, se procederá a enviar señales de activación a dos salidas del PLC, las cuales se encargarán de incrementar el contador en el despliegue de pantalla y de manera simultánea disminuir el valor a producir en el contador externo. De igual manera, que en uno de los módulos anteriores fue indispensable el uso de un relé de barrido, dado los falsos contactos en el sensor.

9. **Módulo aviso de falla en el proceso.** Como ya se había comentado en secciones anteriores, se consideró necesaria la implementación de alarmas lumínica y sonora para informar de un posible fallo en la producción de pines. Para lograr esto fue necesario colocar en serie marcas relacionadas con las salidas físicas importantes (Motor DC, Electroválvula 5/2 y Electroválvula 2/2), de manera que si durante el proceso alguna de las marcas presentaban un cambio, las alarmas entran en funcionamiento de manera instantánea.

Se debe hacer la observación que la programación del PLC se llevó a cabo por medio de la interfaz LOGO!Soft Comfort. Este programa permite realizar una programación de tipo escalera el cual se transferirá al PLC por medio del uso del cable de transferencia de datos. En la sección de Apéndice se presentará la programación utilizada para el control del PLC.

Finalmente se llevaron a cabo las pruebas finales en las cuales se lleva a cabo la comparación de eficiencia de producción de ambos procesos: A través de proceso automatizado versus la producción implementando tres operarios. A continuación se muestra las tablas correspondientes.

Tabla 7. Comparación de producción de pines y costos de materia prima.

Tiempo (hora)	Producción a través de proceso automatizado (utilizando un voltaje de 3 volts)			Producción llevada a cabo por medio de tres operarios.		
	Pines terminados	Pines atascados (residuo)	Costo materia prima desperdiciada (Quetzales)	Pines terminados	Pines dañados (residuo)	Costo materia prima desperdiciada (Quetzales)
1	1280	8	20.64	431	10	25.80
2	2560	12	30.96	842	16	41.28
3	3840	15	38.7	1233	21	54.18

Tabla 8. Porcentajes comparativos de procesos de producción y diferencia en ahorro.

Porcentaje comparativo entre producción automatizada versus producción a través de 3 operarios.				
Tiempo (hora)	Rendimiento de proceso automatizado en pines terminados (%)	Rendimiento de proceso automatizado en pines dañados (%)	Ahorro en materia prima desperdiciada (Quetzales)	Velocidad comparativa de producción
1	196.98	20	5.16	2.96
2	204.03	25	10.32	3.04
3	211.43	28.57	15.48	3.12

## VII. CONCLUSIONES

1. Se diseñó un proceso automatizado con mayor eficiencia para la producción de pines de aluminio, triplicando su velocidad de manufactura.
2. La producción automatizada de pines de aluminio aumentó en un promedio de 200% sobre la producción llevada a cabo por medio de tres operarios.
3. El procesos automatizado de fabricación de pines, permitió disminuir la cantidad de pines dañados en un promedio de 24.5%.
4. Se redujo la cantidad inicial de personas necesarias en la producción de pines de aluminio a un operario.
5. Los costos de fabricación de pines de aluminio fueron reducidos, tomando en consideración el ahorro significativo en materia prima.
6. La producción de los componentes electrónicos se vio beneficiada debido al aumento de fabricación de pines de aluminio.
7. El sistema automatizado permite llevar un mejor control de la producción de pines, así como de la materia prima desperdiciada a través de un sistema electrónico.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar procesos de calibración antes de cada inicio de producción, dado el deslizamiento que puede presentar el alambre.
2. Para un mejor control de producción de pines de aluminio, se recomienda la implementación de un set point (punto de ajuste) de velocidad de fabricación.
3. Para lograr un mejor sistema de control, es necesario la implementación de un método alimentador que permita tener un control a lazo cerrado.
4. Se recomienda la instalación de pantallas protectoras transparentes en la parte de sujeción, corte y aplanado para evitar la inserción de objetos externos.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

1. **Canto, Carlos E.** Facultad de Ciencias UASPL. *Presentaciones Sensor Inductivo*. [En línea] 13 de Noviembre de 2008. [Citado el: 12 de Octubre de 2011.]  
[http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES\\_PLC\\_PDF\\_S/24\\_SENSORES\\_INDUCTIVOS.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENSORES_INDUCTIVOS.PDF).
2. **Co., Guangya Machinery.** <http://www.guangyamachinery.es/1-die-cutting.html>. *Zhegyan Guangya Machinery Co. LTD*. [En línea] 3 de Mayo de 2008. [Citado el: 12 de Octubre de 2011.]
3. **Dietz, Albert G.H.** *Plastico para Ingenieros y Constructores*. Barcelona : Editorial Reverte, S.A., 1973. 1era Edicion.
4. **Moreno, Ivan Escalona.** Sistema Automatizados de Control. *Trabajo 13 - Electrovalvulas*. [En línea] Septiembre de 2009. [Citado el: 12 de Octubre de 2011.] <http://www.monografias.com/trabajos13/valvu/valvu.shtml#bi>.
5. **Nietsch, Neumatica.** Cilindro de Simple Efecto. *Sitio Nietsch*. [En línea] Febrero de 2007. [Citado el: 12 de Octubre de 2011.]  
<http://sitioniche.nichese.com/cilindros-simples.html>.
6. **Potermic.** Guia para seleccion de electrovalvulas. *Electrovalvulas CEME*. [En línea] Marzo de 2010. [Citado el: 14 de Septiembre de 2011.]  
[http://www.sfcalefaccion.com/pdfcatalogos/DIVISION\\_5%20electrovalvulas%20ceme.pdf](http://www.sfcalefaccion.com/pdfcatalogos/DIVISION_5%20electrovalvulas%20ceme.pdf).
7. **Ramos M.A y de Marin, M.R.** *Ingenieria de los materiales plasticos*. Madrid : Editorial Diaz de los Santos, 2001. 2da Edicion.

8. **Tirado, Sergio.** [www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf](http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf). *TodoRobot*. [En línea] Agosto de 2009. [Citado el: 12 de Octubre de 2011.]
9. **TodoRobot.** *Tutorial Motores Paso a Paso*. Argentina : s.n., 2010.
10. Tutorial Motor DC. *Tutoriales TodoRobot*. [En línea] 12 de Septiembre de 2010. [Citado el: 13 de Octubre de 2011.]  
<http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf>.
11. *Tutorial sobre servomotores*. Argentina : s.n., 2010.
12. **Unicrom.** Unicrom - Funcionamiento de Rele. *El rele*. [En línea] Enero de 2009. [Citado el: 12 de Octubre de 2011.] [http://www.unicrom.com/Tut\\_relay.asp](http://www.unicrom.com/Tut_relay.asp).
13. **URBACO.** Manual Introduccion a LOGO! [aut. libro] URBACO Systems. *Caracteristicas Tecnicas PLC*. Francia : s.n., 2008.
14. **Valero, Fundacion Sal.** Actuadores Neumaticos - Unidad Didactica 3. *Scribd*. [En línea] SEAS, Noviembre de 2008. [Citado el: 13 de Octubre de 2011.]  
<http://www.scribd.com/doc/49890901/5/CILINDROS-DE-SIMPLE-EFECTO>.

## X. APÉNDICE

A continuación se muestra la descripción de cada uno de los elementos más representativos, utilizados para programar el PLC LOGO!.

### Contacto normalmente abierto



Descripción
Los contactos normalmente abiertos, al igual que los contactos normalmente cerrados y los contactos analógicos representan los bornes de entrada de un LOGO!.
Cuando posicione el contacto en el esquema de conexiones, se abrirá una ventana. En función del LOGO! utilizado puede especificar en esta ventana de qué entrada se trata.

### Contacto normalmente cerrado



Descripción
Cuando se posicione el contacto en el esquema de conexiones, se abrirá una ventana. En función del LOGO! utilizado se puede especificar en este cuadro de diálogo de qué entrada se trata. Las teclas de cursor también están disponibles como entradas, al igual que las teclas de función del TD, si dispone de un módulo TD LOGO!. Para la entrada también se puede seleccionar un nivel fijo.

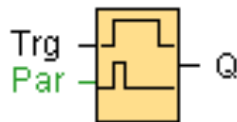
## Bobina de relé



### Descripción

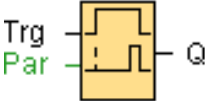
Las bobinas de relé, al igual que las salidas invertidas y las salidas analógicas representan los bornes de salida de un LOGO!.

## Relé de barrido (salida de impulsos)



Conexión	Descripción
Entrada <b>Trg</b>	Por medio de la entrada Trg (Trigger) se inicia el tiempo para el relé de barrido.
Parámetros	<b>T:</b> Tiempo tras el que se desactiva la salida (el estado de señal de ésta cambia de 1 a 0). <b>Remanencia</b> activada (ON) = el estado se guarda de forma remanente.
Salida <b>Q</b>	Q se activa con Trg y permanece activada hasta que transcurre T, siempre que Trg sea 1. Si Trg se pone a 0 antes de que transcurra T, la salida también se pondrá a 0.

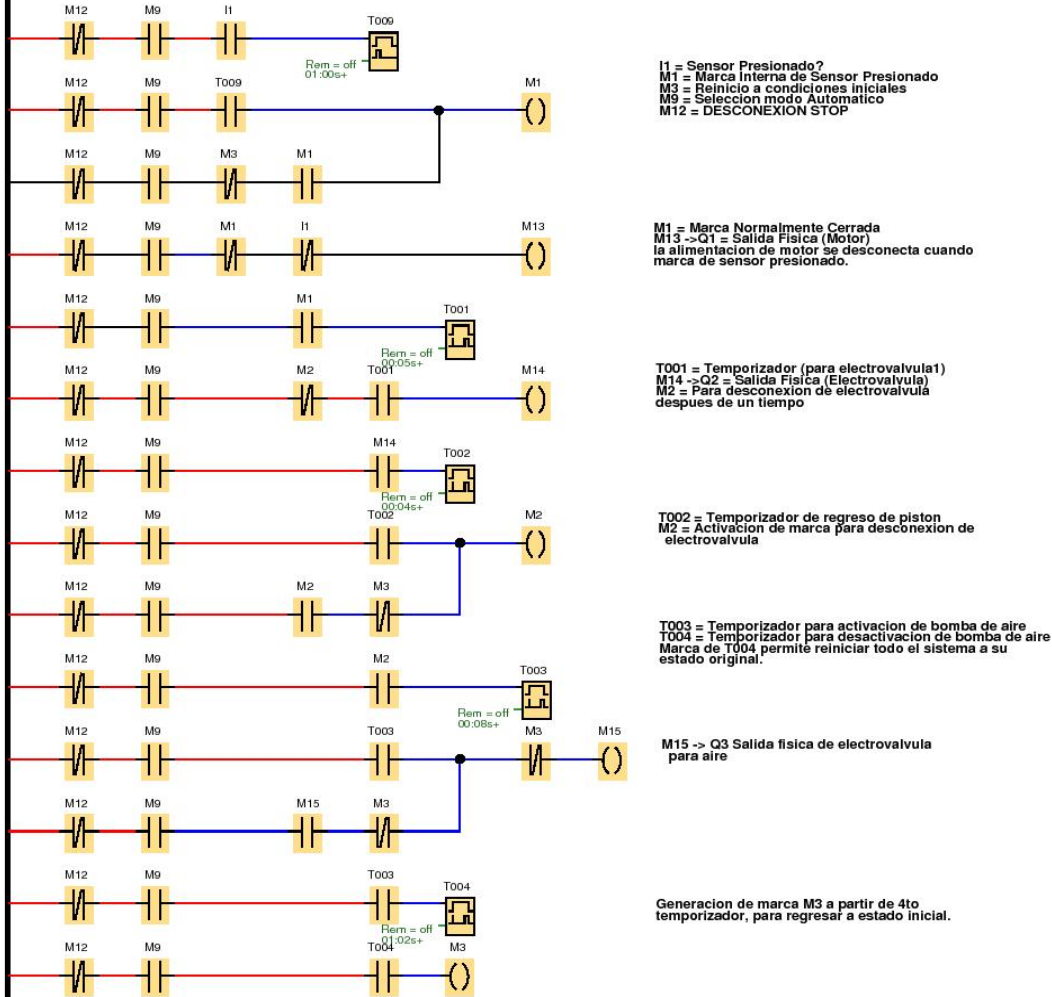
**Retardo a la conexión**



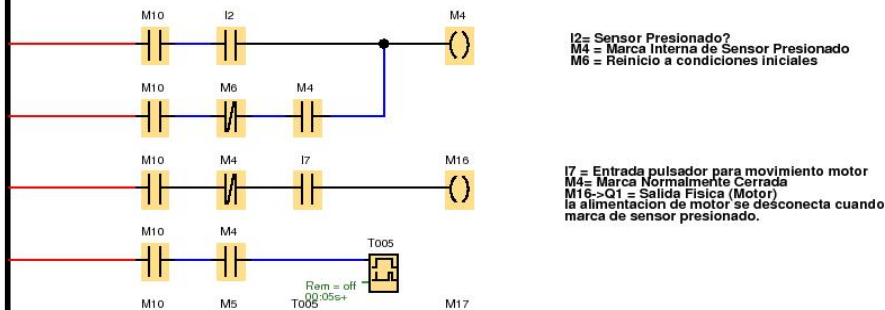
Conexión	Descripción
Entrada <b>Trg</b>	Por medio de la entrada Trg (Trigger) se inicia el tiempo para el retardo a la conexión.
Parámetros	<b>T</b> Tiempo de retardo tras el que se activa la salida (el estado de señal de ésta cambia de 0 a 1). <b>Remanencia</b> activada (ON) = el estado se guarda de forma remanente.
Salida <b>Q</b>	Transcurrido el tiempo parametrizado T, se activa Q si la entrada Trg sigue activada.

A continuación se adjunta el código implementado para lograr el control del proceso de fabricación de pines:

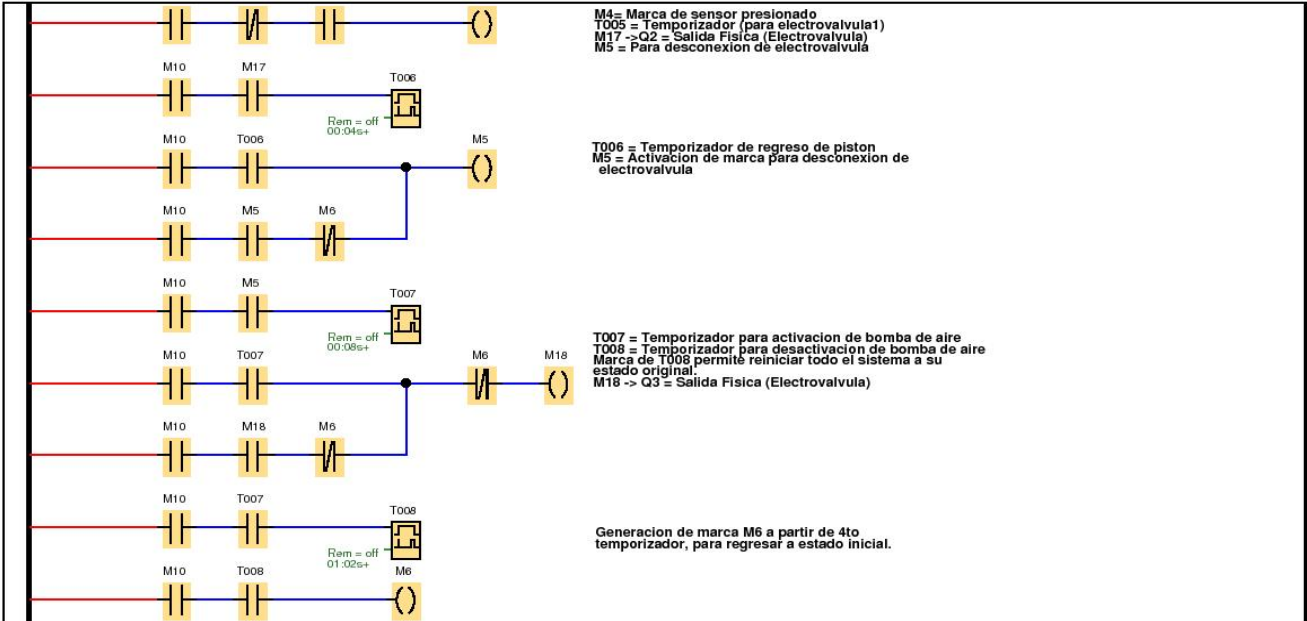
# MÓDULO AUTOMÁTICO



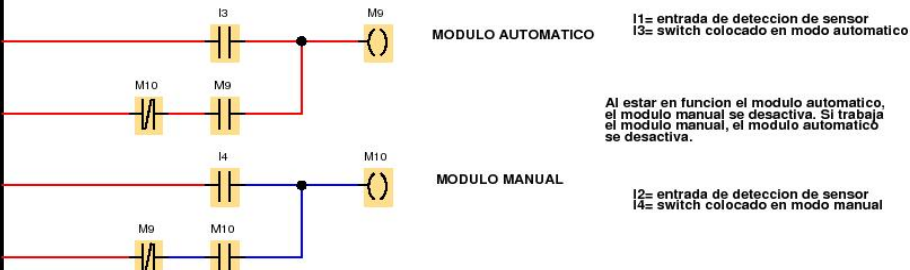
# MÓDULO MANUAL



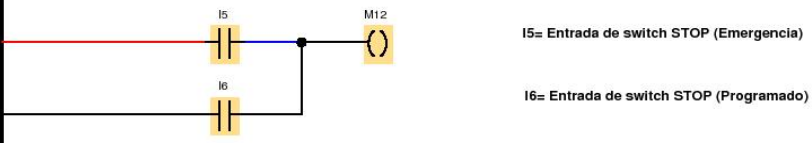
Autor:	Stephanie	Proyecto:		Cliente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	11:14/10/10/11 12:38	archivo:	Proyecto2.lid	Página:	1 / 6



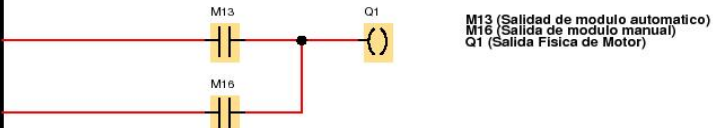
## MÓDULO SWITCHEO



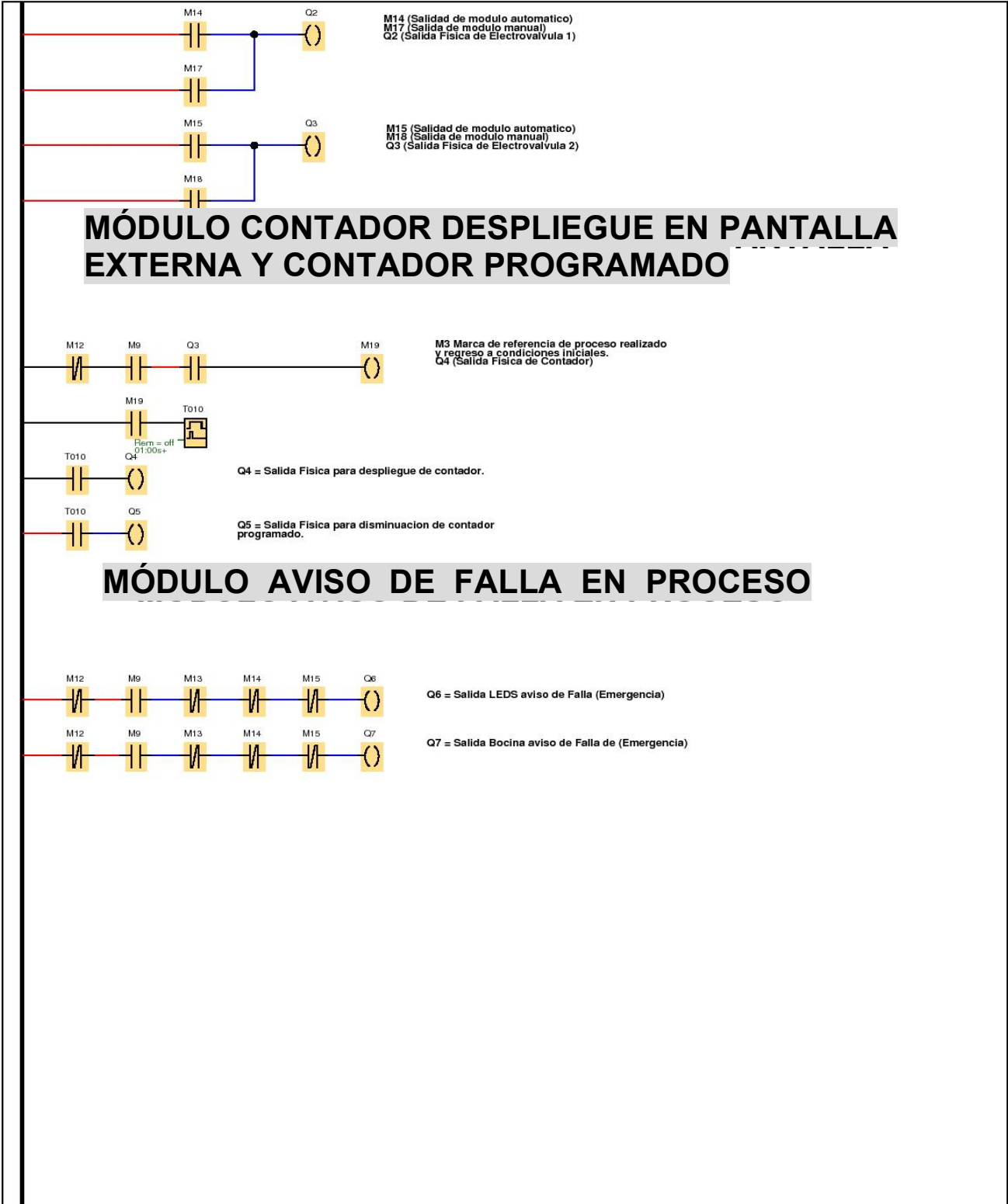
## MÓDULO STOP (Emergencia)/ STOP (Programado)



## MÓDULO SELECCIÓN DE SALIDAS

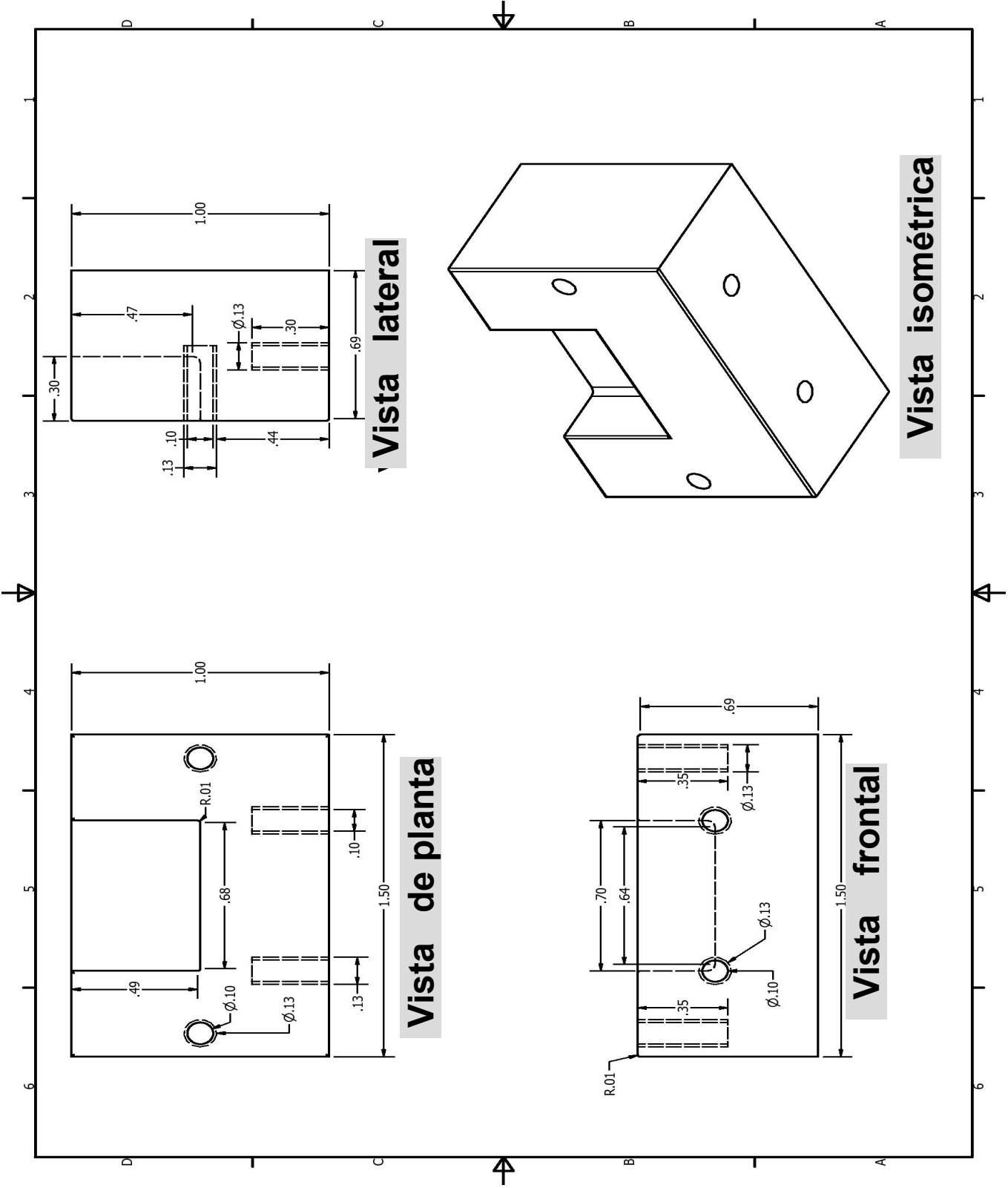


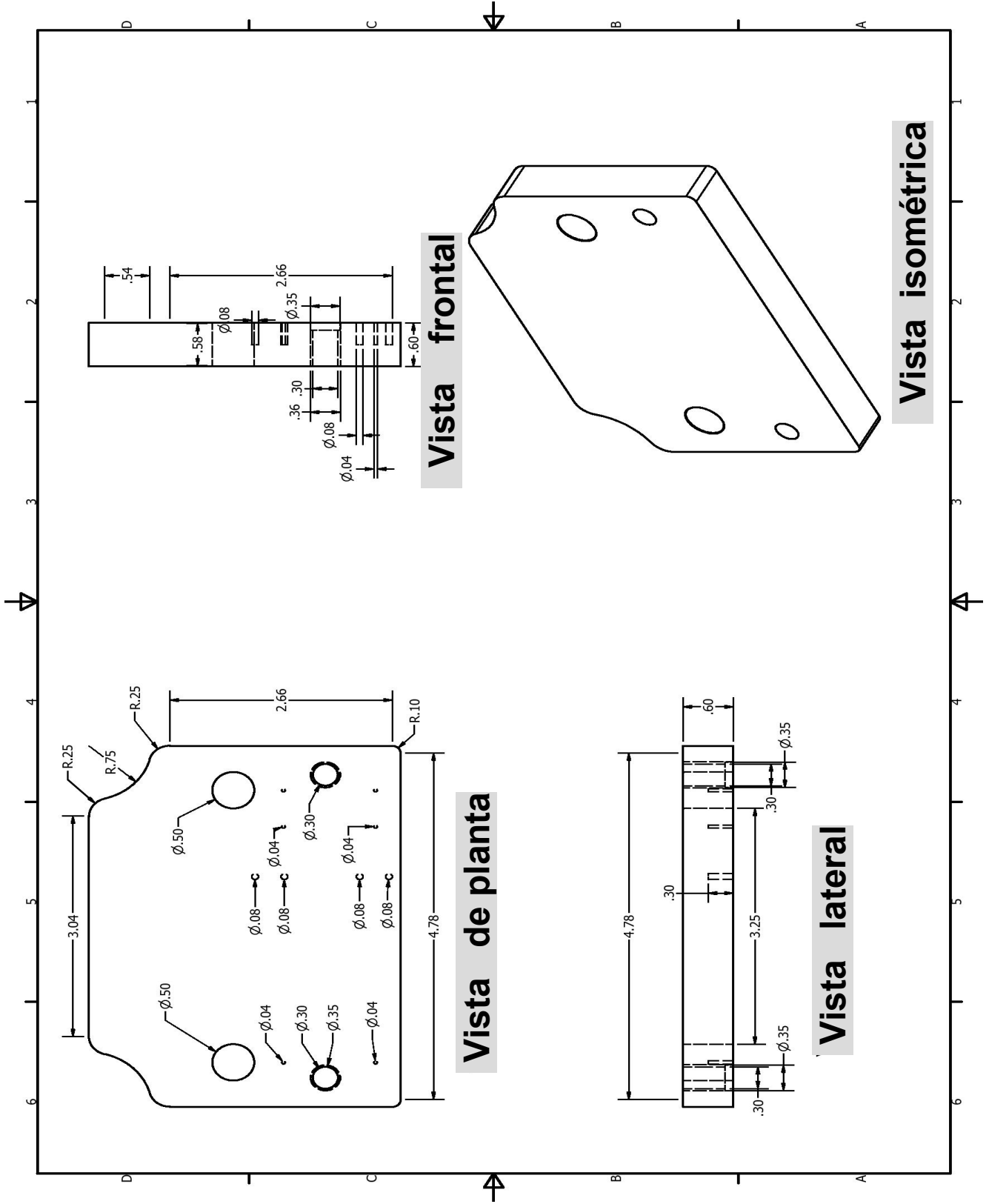
Autor:	Stephanie	Proyecto:		Cliente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	11/14/10/11 12:38	archivo:	Proyecto2.ild	Página:	2 / 6



Autor:	Stephanie	Proyecto:		Cliente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Fecha de creación/mod	11/11/11 11:14:10/10/10/11 12:38	archivo:	Proyecto2.ild	Página:	3 / 6

A continuación se muestran los planos de las piezas implementadas para el módulo de sujeción, aplanado y corte, usando una escala de 2:1 y siendo pulgadas sus unidades dimensionales.



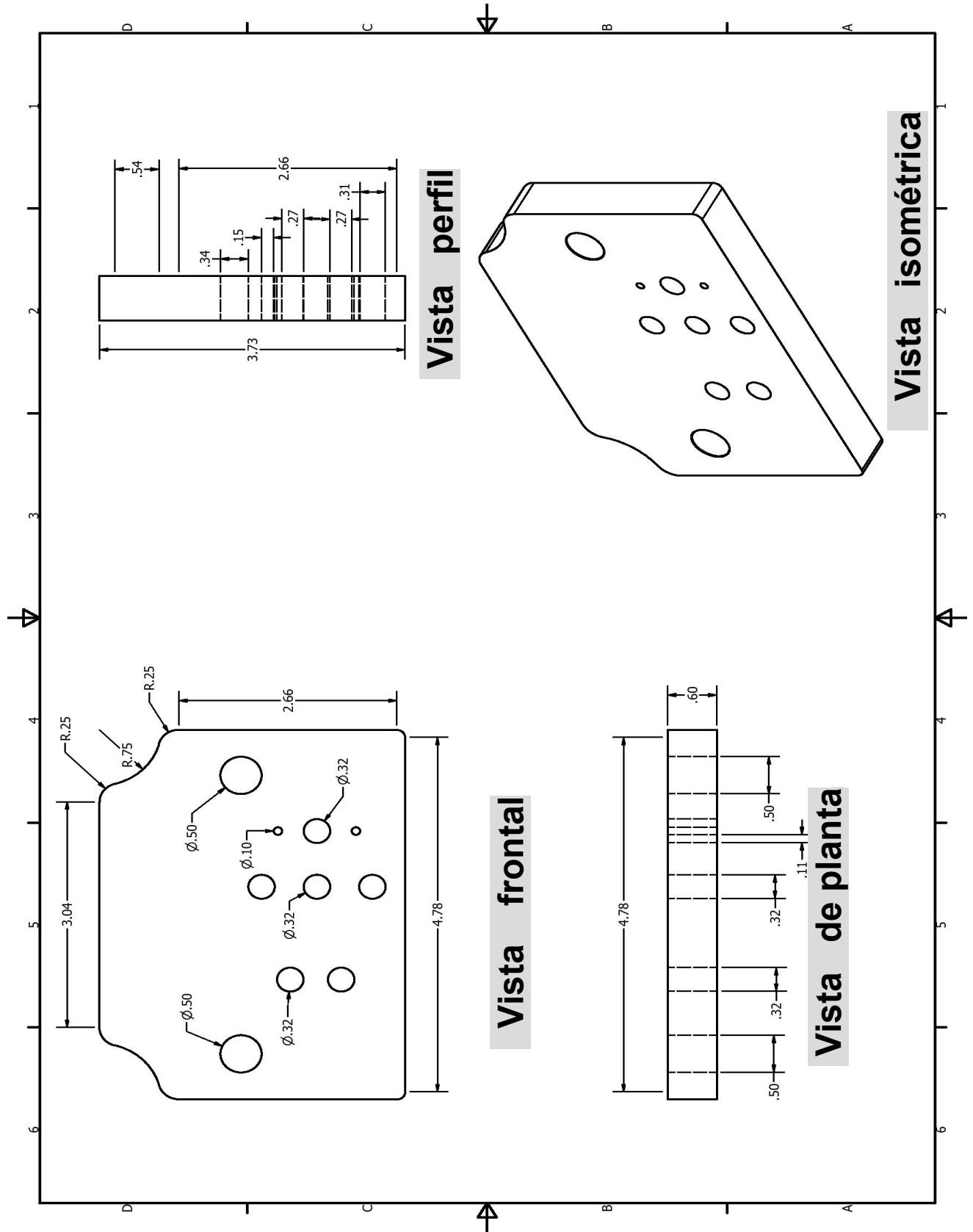


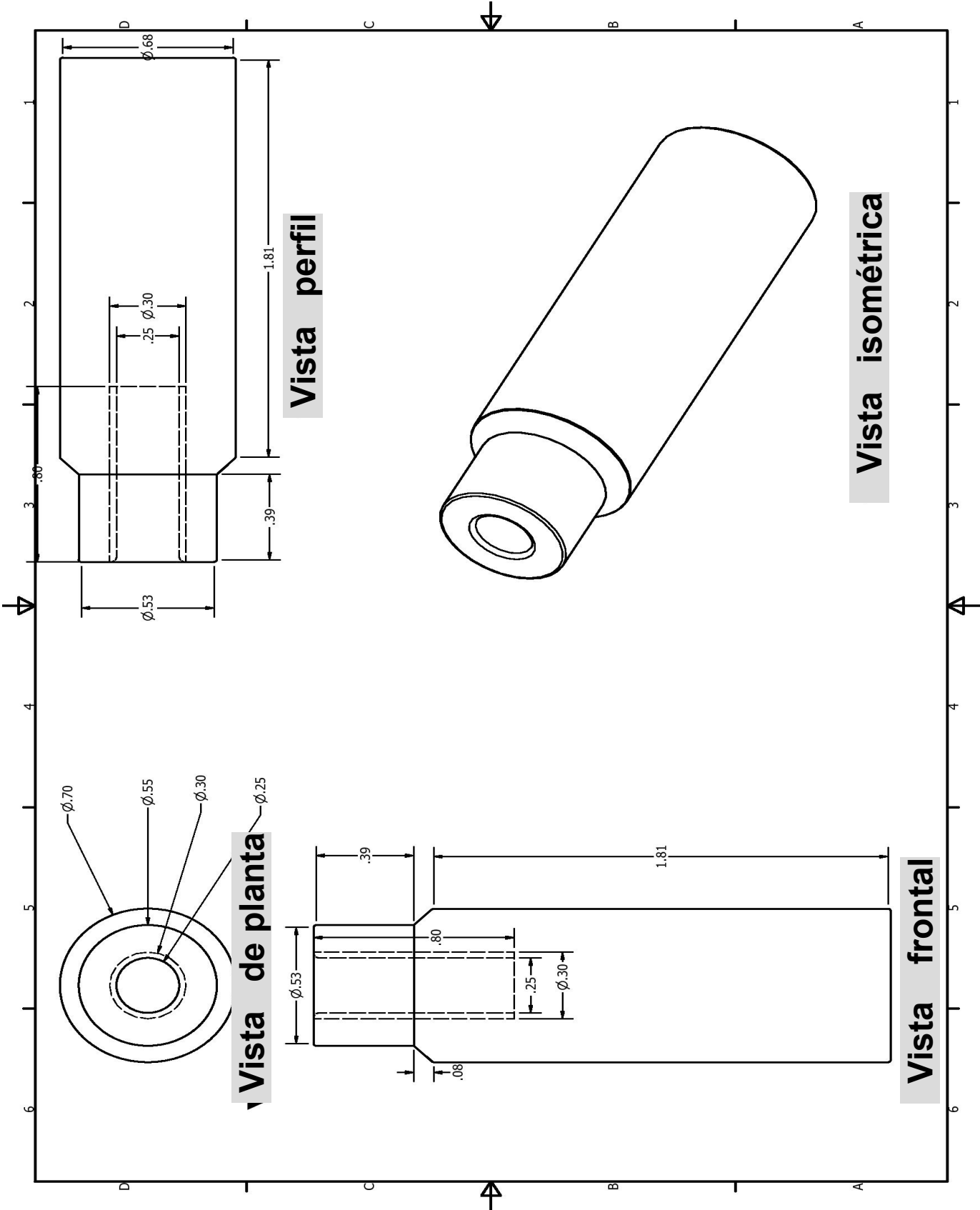
**Vista isométrica**

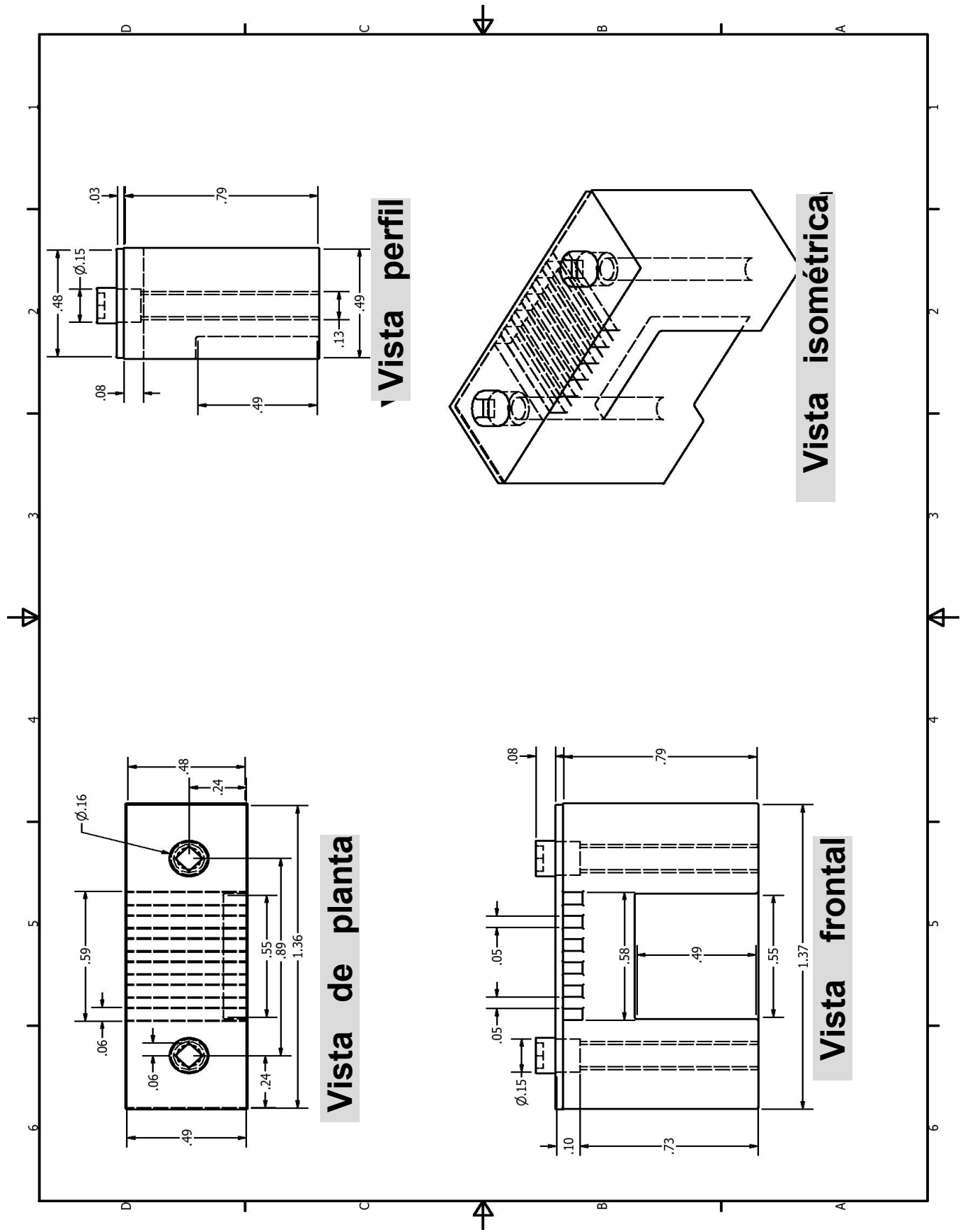
**Vista frontal**

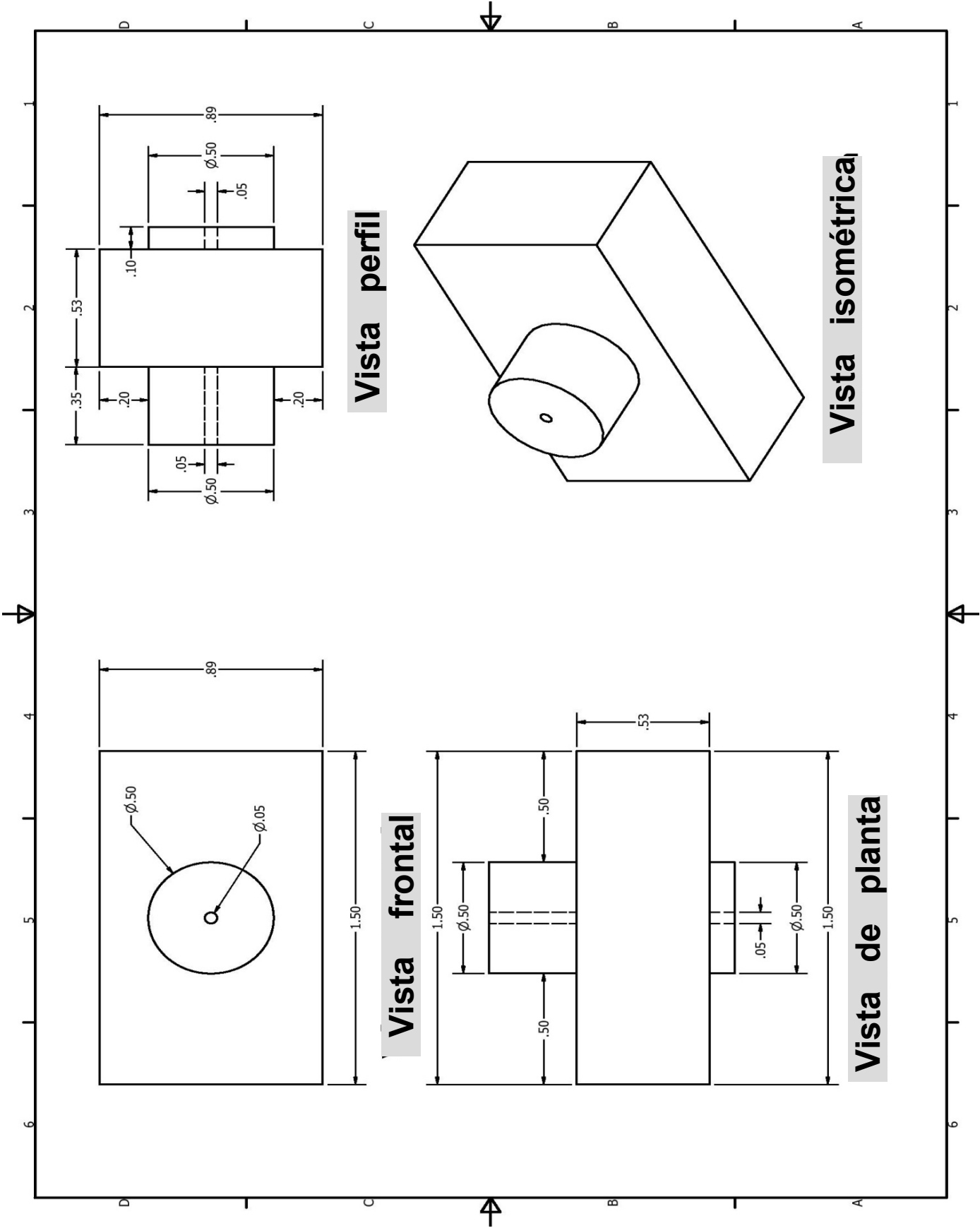
**Vista de planta**

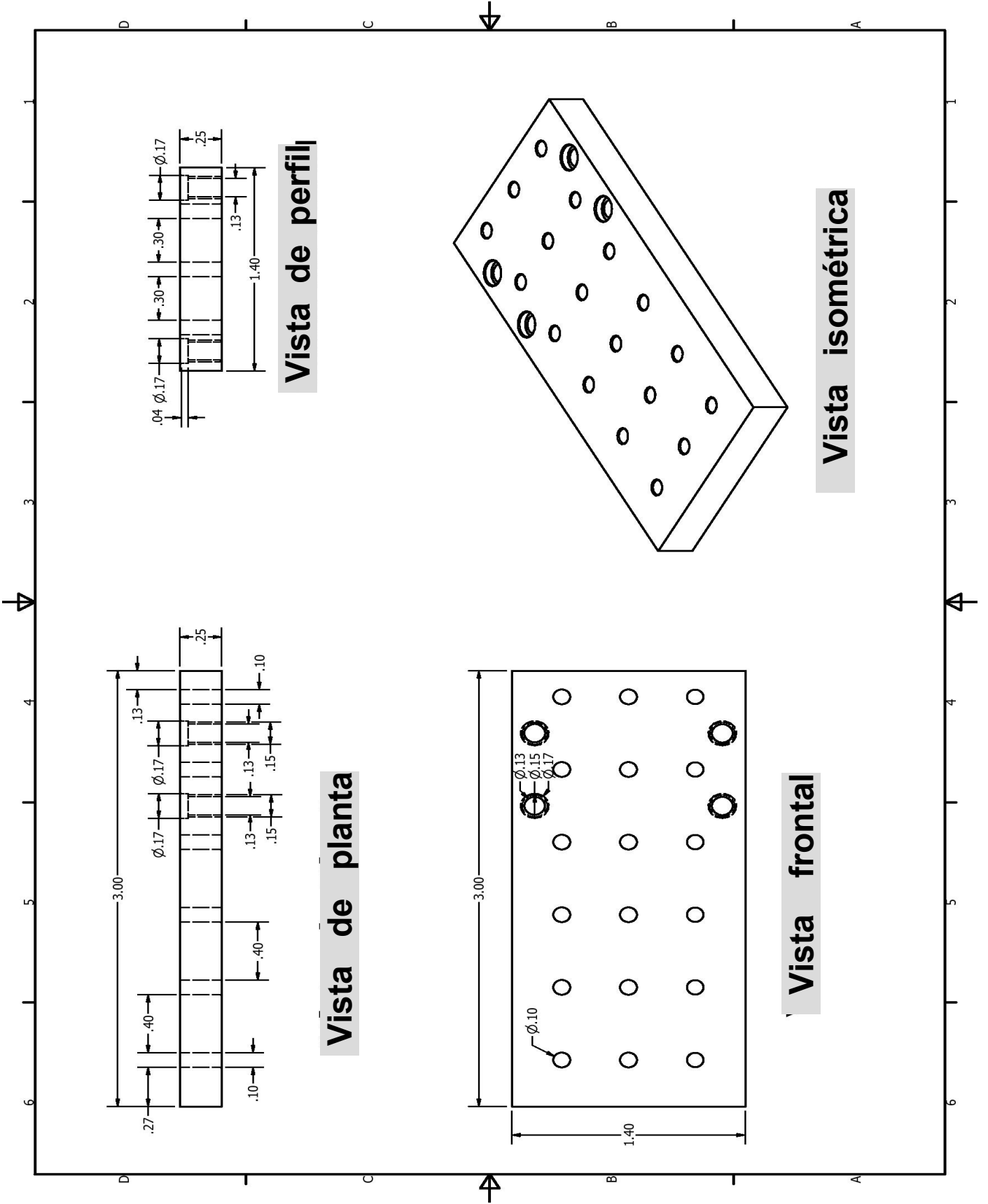
**Vista lateral**

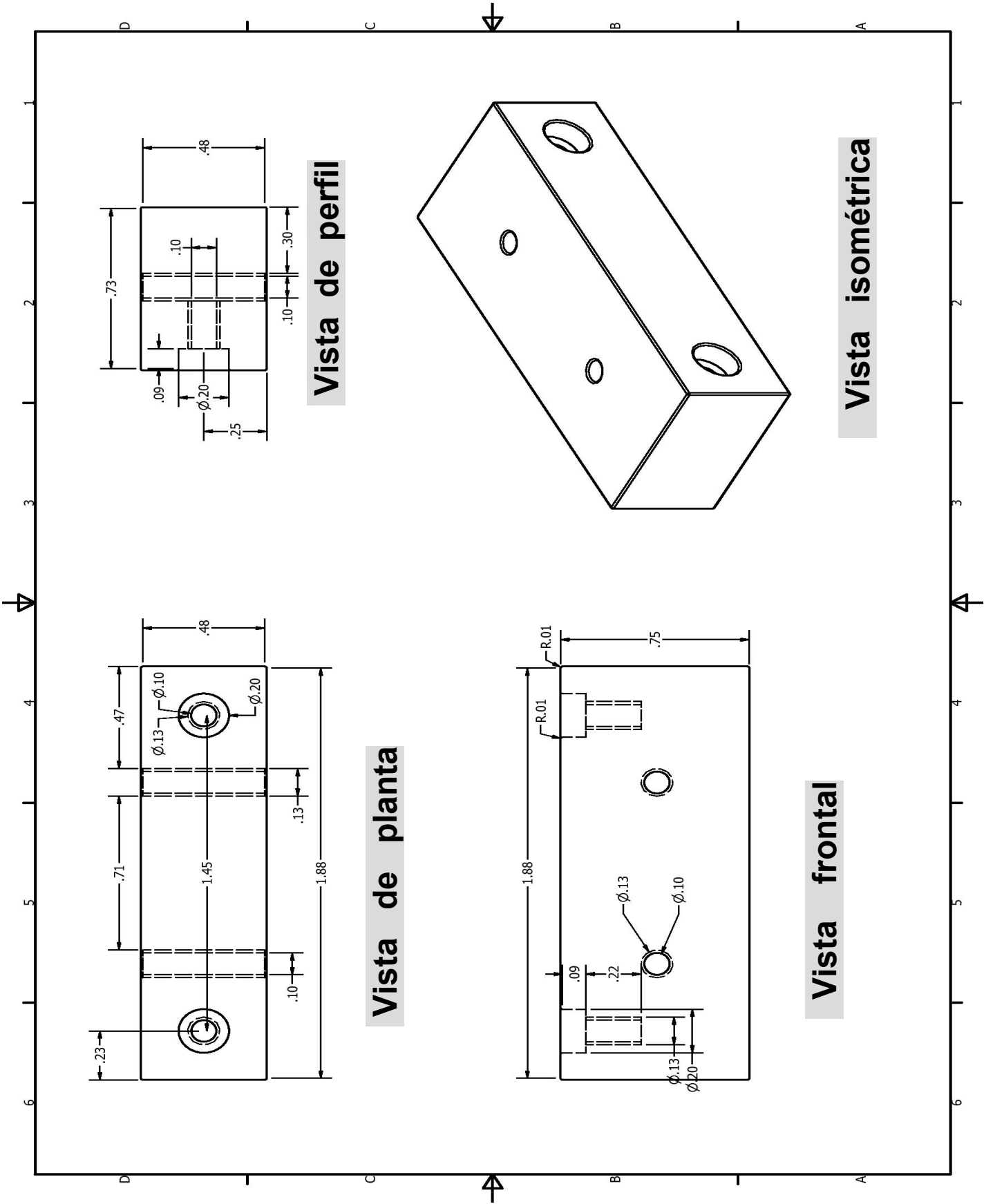










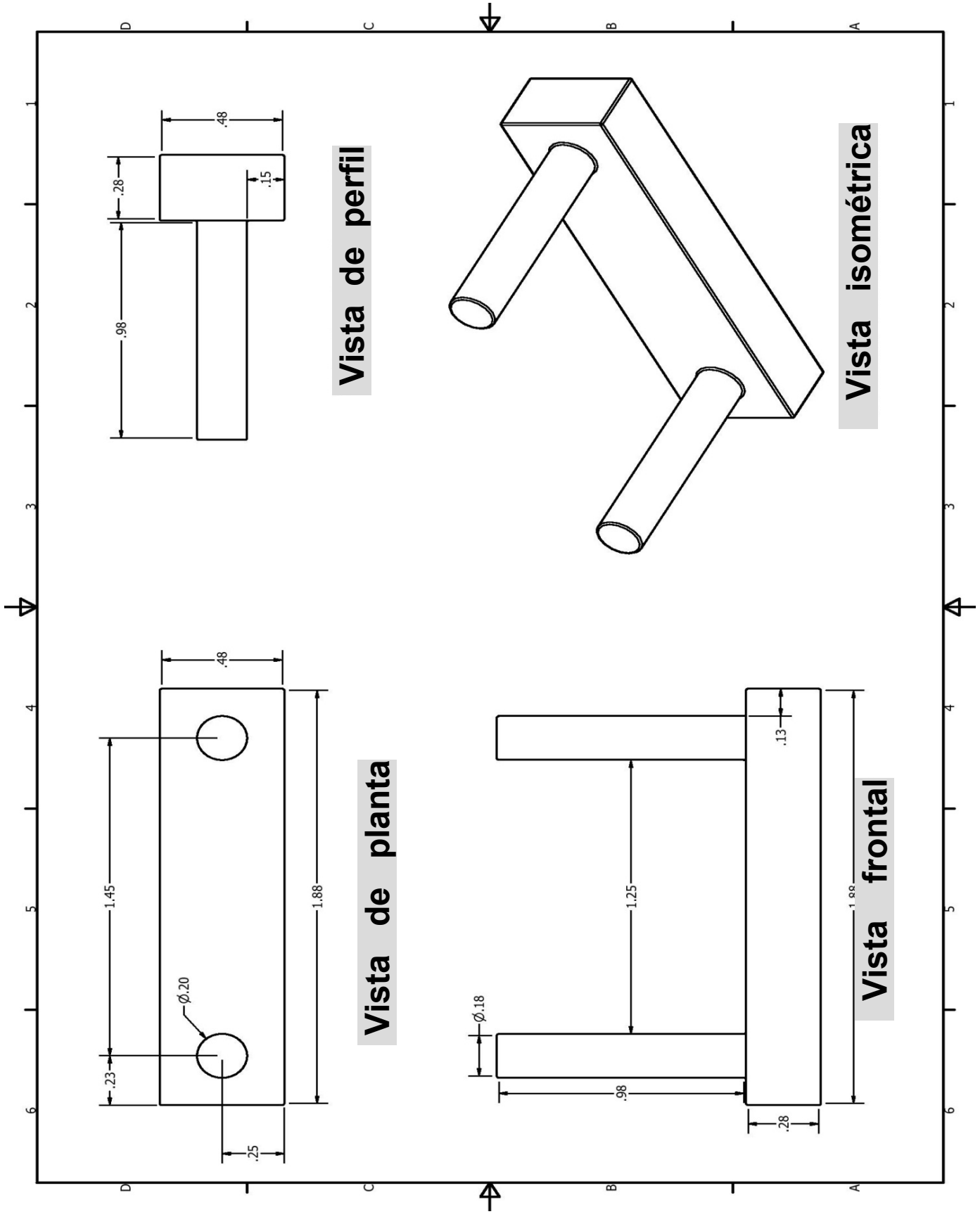


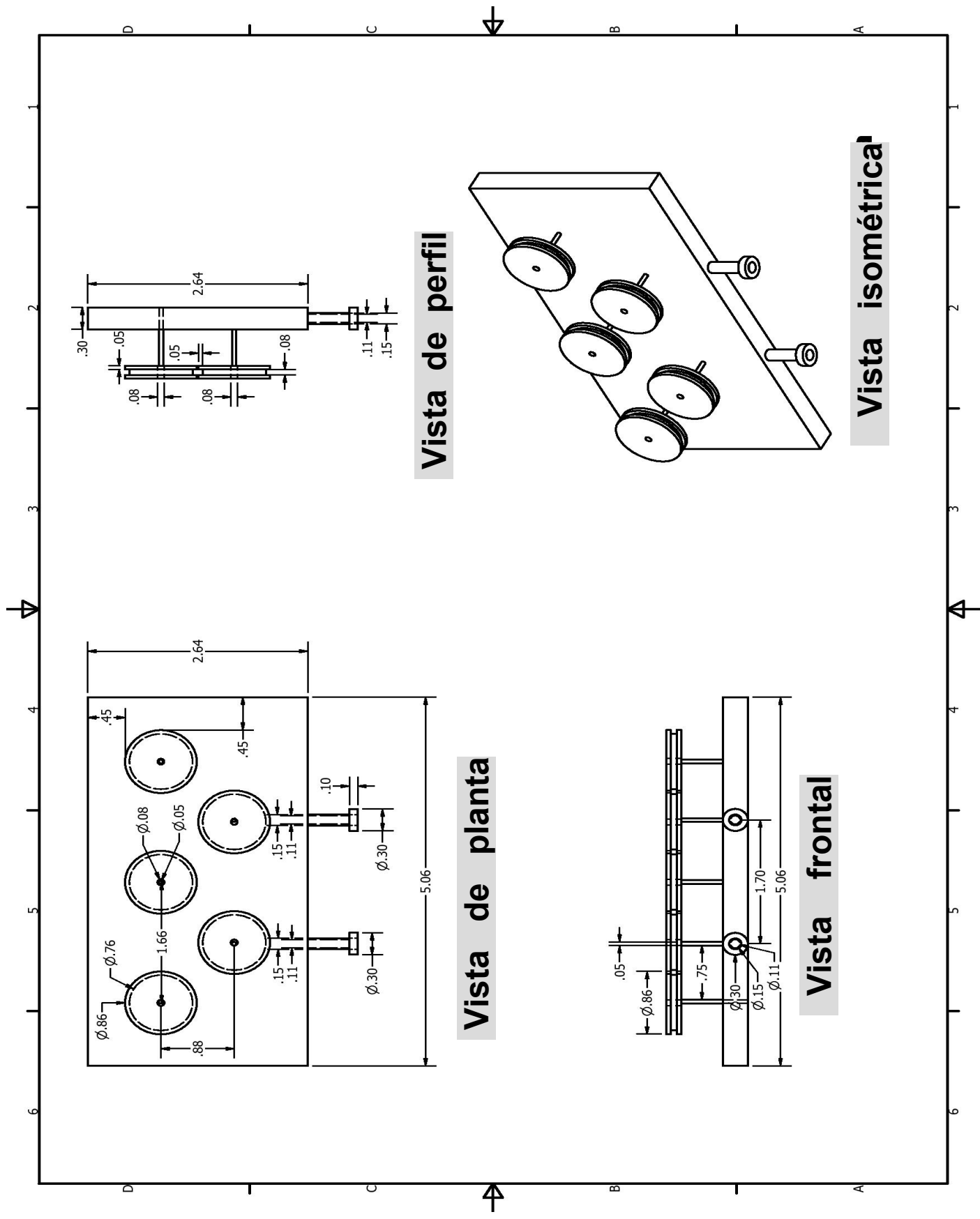
Vista de planta

Vista de perfil

Vista frontal

Vista isométrica





Vista de perfil

Vista isométrica

Vista de planta

Vista frontal