

**FABRICACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA CORTAR  
CAJAS DE CARTÓN CON PLC**

**NEYLA JULIANA FUENTES ALARCÓN  
JORGE ENRIQUE HODGES POSADA**  
Estudiantes de Ingeniería Electrónica

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA  
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
2010**

**FABRICACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA CORTAR  
CAJAS DE CARTÓN CON PLC**

**NEYLA JULIANA FUENTES ALARCÓN**  
**JORGE ENRIQUE HODGES POSADA**  
Estudiantes de Ingeniería Electrónica

Tesis de grado presentada como requisito para optar el título de Ingeniero  
Electrónico

DIRECTOR DEL PROYECTO:

**JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN**  
Ingeniero Electricista  
M.Sc en Potencia Eléctrica

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN**  
**SECCIONAL BUCARAMANGA**  
**2010**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma de Presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

Bucaramanga, 31 de Mayo de 2010

**Bucaramanga, 31 de Mayo de 2010**

A ti Señor por el amor, por las oportunidades que me has brindado y por este gran sueño que se hizo realidad, no importando lo complicado que es este camino.

A mis Padres, Jairo Fuentes Pinzón y Martha E Alarcón Beltrán, que con su apoyo, oraciones, ayuda y paciencia estuvieron siempre a mi lado.

A Jairo Andrés que con su carisma siempre estuvo apoyándome.

A Edward Espinosa por su amor, paciencia, alegría y por todos los consejos recibidos. Te Amo.

A mis amigos, Tata, Lili, Majo, Ber, Pedro, Beto, Jaime, por todos esos buenos momentos que compartimos.

A Luz Dary por los consejos y oraciones que todos los días me dieron fuerza para seguir adelante.

Neyla Juliana Fuentes Alarcón.

**Bucaramanga, 31 de Mayo de 2010**

A Dios por acompañarme en todos los momentos de mi vida, por darme salud y fortaleza en aquellos momentos en los cuales sentí flaquear.

A mis padres Ricardo Alonso Hodges Gómez y Juana Marcela Posada López, y a mis nonos Jorge Enrique Posada Vega y Gladys Amanda López, por todo el apoyo que me han brindado, porque sin ellos jamás hubiese alcanzado esta meta.

A mi hermano Andrés Ricardo Hodges Posada por acompañarme siempre en mi carrera, por cuidarme y apoyarme en todo momento. A mi hermanita María Fernanda Hodges Posada, por ser ese motor en mi vida.

A mis amigos Jaime Zárate García y John Emir Hernández Cala por sus conocimientos brindados para la realización de esta tesis, y a mi “*parcerita*” del alma Morita Mercedes Lozano Areiza por estar conmigo siempre.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma hicieron parte de esta gran meta.

Jorge Enrique Hodges Posada.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A nuestro director de proyecto, MSc. Juan Carlos Villamizar por su esfuerzo, entrega, dedicación permanente y por todo su conocimiento entregado para el desarrollo de nuestro propósito.

A Luis Peña por su apoyo y colaboración en la elaboración de la parte mecánica, por solucionar gran parte de los inconvenientes.

A todas las personas que de una u otra forma ayudaron a la realización de este proyecto. Gratitudes a todos ustedes.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                           | Pág. |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| OBJETIVOS.....                                                            | 2    |
| 1. MÁQUINAS PARA CORTAR CAJAS DE CARTÓN .....                             | 3    |
| 2. CONTROLADOR TWIDO TELEMECANIQUE - PLC.....                             | 6    |
| 2.1. CARACTERÍSTICAS .....                                                | 7    |
| 2.2. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN .....                                       | 9    |
| 2.2.1. Lenguajes de Programación Gráficos .....                           | 10   |
| 2.2.2. Programación por Lista de Instrucciones o Texto Estructurado ..... | 11   |
| 3. ELEMENTOS ACTUADORES Y DE INSTRUMENTACIÓN .....                        | 12   |
| 3.1. ELECTROVÁLVULAS .....                                                | 12   |
| 3.2. CILINDROS NEUMÁTICOS .....                                           | 14   |
| 3.3. MOTORES DE DC .....                                                  | 16   |
| 3.3.1. Funcionamiento del motor de corriente continua.....                | 17   |
| 3.3.2. Motores de DC con encoder.....                                     | 20   |
| 3.4. SENSORES MAGNÉTICOS.....                                             | 23   |
| 4. INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA .....                                          | 25   |
| 4.1. HARDWARE.....                                                        | 26   |
| 4.2. SOFTWARE VIJEO-DESIGNER .....                                        | 27   |
| 5. PROTOTIPO DESARROLLADO .....                                           | 28   |
| 5.1. HARDWARE.....                                                        | 29   |
| 5.1.1. Panel de Conexiones .....                                          | 29   |
| 5.1.2. Circuito Control Entradas PLC .....                                | 31   |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 5.1.3. Motor Encoder .....                      | 32 |
| 5.1.4. Cilindros .....                          | 33 |
| 5.1.5. Electroválvulas .....                    | 34 |
| 5.2. SOFTWARE .....                             | 36 |
| 5.2.1. Contadores de Alta Velocidad, (VFC)..... | 40 |
| 5.2.2. Programa PLC Twido .....                 | 41 |
| 5.2.3. Interfaz Vijeo-Designer .....            | 43 |
| 5.3. DIAGRAMA DE BLOQUES .....                  | 51 |
| CONCLUSIONES .....                              | 52 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                               | 53 |

## LISTA DE TABLAS

**Pág.**

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Electroválvulas [10].....                     | 13 |
| Tabla 2. Cilindros Neumáticos [10]. ....               | 15 |
| Tabla 3. Partes del Rotor [16] .....                   | 18 |
| Tabla 4. Partes del Estator [18].....                  | 19 |
| Tabla 5. Generalidades Panel de Conexiones [5].....    | 30 |
| Tabla 6. Especificaciones motor con Encoder. [5] ..... | 32 |
| Tabla 7. Cilindro MI16X100-S-CA [23].....              | 33 |
| Tabla 8. Válvula 4V120-06 [24].....                    | 36 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                           | Pág. |
|-----------------------------------------------------------|------|
| Figura 1. Máquina Troqueladora. [2] .....                 | 4    |
| Figura 2. Controladores Programables. [4] .....           | 6    |
| Figura 3. Lenguaje Grafcet .....                          | 10   |
| Figura 4. Plano de Funciones .....                        | 10   |
| Figura 5. Diagrama de Contactos .....                     | 11   |
| Figura 6. Motor Eléctrico .....                           | 17   |
| Figura 7. Motor Eléctrico DC [14] .....                   | 18   |
| Figura 8. Detector de Sentido de Giro. [10] .....         | 21   |
| Figura 9. Salida con Pulso y Estado [10] .....            | 22   |
| Figura 10. Salida con Pulsos [10] .....                   | 22   |
| Figura 11. Salida con Desfase [10] .....                  | 23   |
| Figura 12. Sensor Magnético [9] .....                     | 24   |
| Figura 13. Pantallas [20] .....                           | 26   |
| Figura 14. Prototipo Desarrollado. [5] .....              | 28   |
| Figura 15. Prototipo Desarrollado [5] .....               | 29   |
| Figura 16. Panel de Conexiones [5] .....                  | 30   |
| Figura 17. Circuito Control Entradas PLC [5] .....        | 31   |
| Figura 18. Encoder .....                                  | 32   |
| Figura 19. Cilindro doble efecto MI16X100-S-CA [23] ..... | 33   |
| Figura 20. Diagrama Electroválvula 5/3. [10] .....        | 34   |
| Figura 21. Electroválvula 5/3 [24] .....                  | 35   |
| Figura 22. Diagrama Electroválvula 5/2 [10] .....         | 35   |
| Figura 23. Electroválvula 5/2 [24] .....                  | 36   |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Figura 24. Pantalla Principal Twido [5] .....                  | 37 |
| Figura 25. Información del Proyecto [5] .....                  | 37 |
| Figura 26. Ubicación del Icono Describe [5] .....              | 38 |
| Figura 27. Clases de PLC's [5] .....                           | 38 |
| Figura 28. Configuración Comunicación Ethernet. [5] .....      | 39 |
| Figura 29. Configuraciones para Ethernet [5] .....             | 39 |
| Figura 30. Ubicación del Icono Program [5] .....               | 39 |
| Figura 31. Contador de Alta Velocidad en Twido [5] .....       | 40 |
| Figura 32. Contador de Alta Velocidad sin Programar [5] .....  | 41 |
| Figura 33. Diseño de la Caja [5] .....                         | 41 |
| Figura 34. Diagrama de Bloques [5] .....                       | 43 |
| Figura 35. Pantalla de Introducción a Vijeo-Designer [5] ..... | 44 |
| Figura 36. Nombre del Proyecto [5] .....                       | 45 |
| Figura 37. Configuración del Destino [5] .....                 | 45 |
| Figura 38. Configuración de la IP [5] .....                    | 46 |
| Figura 39. Equipos de Red y Fabricante [5] .....               | 46 |
| Figura 40. Panel de Trabajo [5] .....                          | 47 |
| Figura 41. Nueva Variable [5] .....                            | 47 |
| Figura 42. Configuración del Piloto [5] .....                  | 48 |
| Figura 43. Guía Tamaño de la Caja [5] .....                    | 49 |
| Figura 44. Tamaño Partes de la Caja [5] .....                  | 49 |
| Figura 45. Inicializaciones [5] .....                          | 50 |
| Figura 46. Pantalla Datos Incorrectos [5] .....                | 50 |
| Figura 47. Diagrama de Bloques del Proceso [5] .....           | 51 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                        | Pág. |
|----------------------------------------|------|
| ANEXO A. MANUAL DE OPERACIÓN.....      | 57   |
| ANEXO B. PLANO P&ID DE LA MÁQUINA..... | 65   |
| ANEXO C. DIAGRAMA DE CONEXIONES.....   | 66   |
| ANEXO D. PROGRAMA TWIDO SUITE .....    | 67   |

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** FABRICACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA  
PARA CORTAR CAJAS DE CARTÓN CON PLC

**AUTOR(ES):** NEYLA JULIANA FUENTES ALARCÓN  
JORGE ENRIQUE HODGES POSADA

**FACULTAD:** FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DIRECTOR(A):** JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

### **RESUMEN**

Este proyecto esboza el diseño, la construcción y descripción del proceso de automatización de una máquina para cortar cajas de cartón, igualmente la manera práctica, segura y eficiente en su modo de operación; dirigida a la comunidad estudiantil de la Universidad Pontificia Bolivariana y a todos aquellos que en primera instancia deseen manipular dispositivos referentes al manejo y/o control de máquinas eléctricas en la asignatura de Automatización de Procesos Industriales.

Esta máquina está compuesta por una caja de madera, tiene dos rodillos que se mueven por medio de un motor de corriente continua; sobre el cartón se encuentra un encoder que lleva las dimensiones de la caja. Estas dimensiones se pueden cambiar desde una pantalla táctil que a su vez está conectada al PLC por medio de una red Modbus TCP/IP. Para realizar los cortes se ha colocado una cuchilla de acero que tiene dos profundidades, una para hacer los cortes de las pestañas y otro para el corte final de la caja.

**PALABRAS CLAVE:** PLC, Twido, Ethernet, Elementos Finales, Control, Software.

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **ABSTRACT OF THESIS PROJECT**

**TITLE:** MANUFACTURING AND AUTOMATION OF A MACHINE  
FOR CUTTING BOXES WITH PLC

**AUTHOR(S):** NEYLA JULIANA FUENTES ALARCÓN  
JORGE ENRIQUE HODGES POSADA

**DEPARTAMENT:** ELECTRONIC ENGINEERING

**DIRECTOR:** JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCÓN

### **ABSTRACT**

This project outlines the design, construction and description of the process of a machine automation to cut cardboard boxes, also the way to practical, safe, and efficient in its mode of operation, aimed at student Pontificia Bolivariana University community and those who primarily want to manipulate concerning management and/or control of electric machines in the course of process industrial automation devices.

This machine consists of a wooden box, has two rollers moved by means of a DC motor; on the cardboard is an encoder that takes the box dimensions. These dimensions can be changed from a touch screen which in turn is connected to the PLC in a Modbus TCP/IP network. To make the cuts has been placed a blade of steel that has two depths, one to make sections of the tabs and another for the final cut of the box.

**KEYWORDS:** PLC, Twido, Ethernet, Final Elements, Control, Software

**V° B° THESIS DIRECTOR**

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad gran parte los procesos industriales requieren innumerables aspectos con aplicaciones de carácter electrónico, y aún así muchos de estos procesos no se encuentran automatizados, porque teniendo las herramientas, estos no cuentan con el personal adecuado para llevar a cabo dicho proceso, como también el elevado costo que requiere automatizarlo.

Existen muchos procesos que necesitan de sistemas de embalaje, ya sea en cartón, madera, plástico, vidrio, etc. En este proyecto se investigó sobre sistemas de embalaje en cartón, cómo se puede fabricar y cortar las cajas implementando el uso de un PLC. Se da una visión global de cómo medir las partes de la caja, cómo cortar las pestañas, hacer las marcas y cortes de los dobleces.

Actualmente, los estudiantes de la facultad se ven limitados a imaginarse la realidad de un proceso industrial, simulando mediante el tablero del laboratorio de máquinas eléctricas y/o el uso de software dirigido a este tipo de procesos. Este módulo creado brinda la posibilidad al estudiante de encontrarse con un proceso real y así experimentar las diferentes características de control, instrumentación y automatización de una forma eficaz.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar y construir una máquina que permite cortar y marcar cajas de cartón, controlada por un PLC y monitoreada por medio de un software de supervisión.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar información acerca de procesos automatizados que sirven para elaborar cajas de cartón, con el fin de obtener la fundamentación necesaria para el diseño y fabricación del módulo.
- Diseñar y elaborar un prototipo que entregue al operador un molde de una caja de cartón con fácil maleabilidad para su posterior formación y pegado.
- Implementar un software de supervisión para el monitoreo de las variables del proceso.

## 1. MÁQUINAS PARA CORTAR CAJAS DE CARTÓN

Para realizar el diseño de cajas de cartón una parte elemental es el cortado y doblado del cartón según la forma deseada. Esto se obtiene a través de las máquinas *Troqueladoras*. Estas son máquinas robotizadas de alta destreza que son programadas para conseguir el corte perfecto del cartón y el posterior doblado. [1]

Los troqueles son módulos de acero con el cual se acuña un material. Los aparatos que realizan los troquelados son máquinas que se pueden encontrar en las empresas de imprenta y sirven para cortar de modo perfecto los materiales empleados como materia prima. La pieza de troquel es un modelo, en donde gracias al golpe sobre el papel se obtiene un corte perfecto, esto, debido a sus bordes afilados se logra hacer del corte un proceso rápido y de fina terminación. El troquelado garantiza un producto final con las dimensiones exactas al original, produciendo en altas cantidades todo lo que sea corte.

El troquel consiste en:

- Una base de una matriz con mayor resistencia o dureza que las cuchillas o estampa de elaboración de la pieza.
- Las regletas cortadoras o hendedoras. Sus funciones son las siguientes:

*Cortar:* para perfilar la silueta exterior.

*Hender:* para fabricar pliegues.

*Perforar:* con el fin de crear un pre-cortado que permita un fácil rasgado.

*Semicortar:* para realizar un corte parcial que no llegue a traspasar la plancha.

- Bloques de goma que se colocan junto a las cuchillas y cuya función es la de separar por presión el recorte sobrante.

La figura 1 muestra las partes principales de una máquina troqueladora. Dentro de lo más destacable se encuentra el cartón (materia prima) para realizar la caja, los rodillos por donde pasa el cartón y el troquel que realiza la segmentación y corte de los moldes finales.

**Figura 1. Máquina Troqueladora. [2]**



Existen dos tipos básicos de troqueles:

1. **Troquel plano:** Su perfil es plano y la base contra la que actúa es metálica. Su movimiento es perpendicular a la plancha para la precisión en el corte.
2. **Troquel rotativo:** El troquel es cilíndrico y la base opuesta está hecha con un material flexible. El movimiento es continuo y el registro de corte es de menor precisión. Ello es debido a que la incidencia de las cuchillas sobre la plancha se realiza de forma oblicua a la misma.

Existen muchas máquinas que llevan a cabo este troquelado, por ejemplo la máquina digital láser emplea técnicas de troquelados de última generación que, además de cortar materiales perfectamente, combina los cortes de micro perforado para las zonas a plegar.

Los pasos que se siguen en la fabricación de cajas es el corte de la plancha, el siguiente proceso es la impresión, para así finalmente armarla y pegarla. El proceso para fabricar cajas no es simple y las máquinas de troquelados son fundamentales. Con ésta, el trabajo es más rápido y alcanza una terminación óptima para la presentación ante el cliente. [3]

## 2. CONTROLADOR TWIDO TELEMECANIQUE - PLC

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

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.

Los controladores programables Twido de Telemecanique son dispositivos para pequeños automatismos, diseñados para instalaciones simples y máquinas pequeñas y compactas; el autómatas programable Twido presenta capacidad para proveer diseños compactos, simples y flexibles.

**Figura 2. Controladores Programables. [4]**



## **2.1. CARACTERÍSTICAS**

El autómatas Twido está disponible en los dos modelos siguientes:

- Bases compactas. Disponibles con 10, 16, 24 ó 40 E/S.
- Bases modulares. Disponibles con 20 ó 40 E/S.

Las E/S adicionales pueden agregarse a las bases mediante los módulos de ampliación de E/S. Éstas son:

- 15 módulos de E/S binarias o tipo de relé de ampliación.
- 10 módulos de E/S analógicas de ampliación.

Pueden agregarse otras opciones que aparecen a continuación:

- Cables de programación.
- Cables de E/S binarias.
- Sistemas pre-cableados Telefast con interfaz de E/S.

Las bases Twido disponen de un puerto serie o de un segundo puerto opcional, que se utiliza para servicios en tiempo real o de administración de sistemas.

Con los autómatas Twido pueden utilizarse cuatro tipos de comunicaciones:

- Conexión del bus AS-Interface
- Conexión al bus de campo CAN-Open
- Conexión de red Ethernet
- Conexión por módem

Los servicios en tiempo real proporcionan funciones de distribución de datos para intercambiar datos con dispositivos de E/S, así como funciones de mensajería para comunicarse con dispositivos externos. Los servicios de administración de sistemas controlan y configuran la base por medio del software *TwidoSuite*. Cada puerto serie se utiliza para cualquiera de estos servicios, pero sólo el puerto serie 1 es válido para comunicarse con TwidoSuite.

Para poder utilizar estos servicios, existen tres protocolos disponibles en cada base:

- Conexión remota
- Modbus
- ASCII

Además, las bases compactas proporcionan un puerto de comunicación RJ45 Ethernet integrado que permite llevar a cabo todas las tareas de comunicación en tiempo real y de administración del sistema a través de la red.

Las comunicaciones Ethernet implementan el protocolo Modbus TCP/IP. [4]

**Comunicación Ethernet:** La utilización de la red Ethernet aporta grandes ventajas frente a los buses de comunicación. Es compatible con las redes informáticas que ya están instaladas a nivel de gestión. Es rápida, flexible y robusta a nivel industrial. Es un estándar universal que no pertenece a ninguna compañía. El material necesario para la instalación de la red es económico y de fiabilidad probada. La implementación de protocolos TCP/IP permite la fácil incorporación de nuevos protocolos y su integración en internet.

Los objetivos originales de Ethernet son simplicidad, bajo costo, compatibilidad, direccionamiento flexible, equidad, progreso, bajo retardo, estabilidad, mantenimiento y arquitectura en capas.

Los objetivos anteriormente mencionados son consistentes, por tal motivo se han convertido en los requerimientos básicos para el desarrollo y uso de redes LAN. [6].

## **2.2. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN**

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operaciones, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas, apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolo que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

La realización de un programa que permita controlar el manejo del PLC depende de muchas características, entre ellas se encuentra el lenguaje que el software maneje para el montaje o escritura de dicho programa.

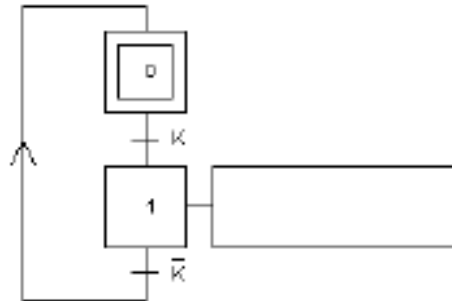
Los dos tipos principales de lenguajes que se manejan para la programación de un PLC son:

- Lenguajes de programación gráficos
- Lenguajes de programación textuales

### 2.2.1. Lenguajes de Programación Gráficos

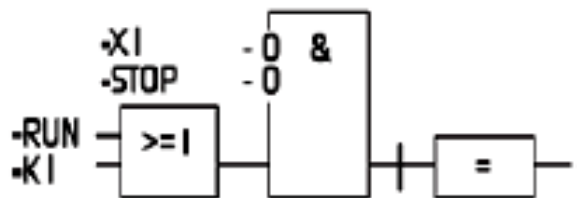
**Funciones secuenciales o Grafcet:** Consiste en una secuencia de etapas (acciones a realizar) y transiciones (condiciones que se deben cumplir para ir desarrollando acciones).

**Figura 3. Lenguaje Grafcet**



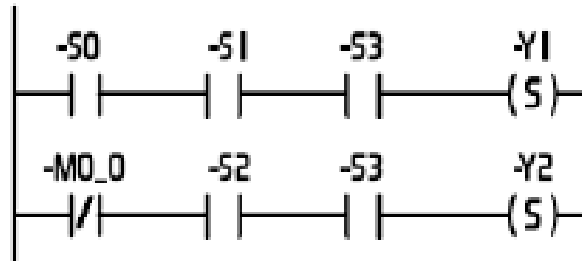
**Plano de Funciones:** Representación gráfica orientada hacia las puertas lógicas AND, OR y sus combinaciones. Las funciones individuales se representan con un símbolo, donde a su lado izquierdo se ubican las entradas y en el derecho las salidas.

**Figura 4. Plano de Funciones**



**Diagrama de contactos o plano de funciones:** Es la representación gráfica que tiene cierta analogía a los esquemas de contactos según la norma Nema (USA). Existe una semejanza con los circuitos de control con lógica cableada.

**Figura 5. Diagrama de Contactos**



### **2.2.2. Programación por Lista de Instrucciones o Texto Estructurado**

**Lista de instrucciones:** instrucciones booleanas, utilizan para su representación letras y números.

```
LD %I0001
AND %I0002
OR %I0003
OUT %Q0031
```

**Texto estructurado:** Lenguaje Booleano de alto nivel y estructurado, incluye las sentencias de selección (IF-THEN-ELSE) y de interacción (FOR, WHILE Y REPEAT)

```
LD [%MW1>100]
ST %Q0.3
AND [%MW2<%MW3]
ST %Q0.2
LD %I0.2
OR [%MW3>=%MW4]
ST %Q0.4
```

### **3. ELEMENTOS ACTUADORES Y DE INSTRUMENTACIÓN**

Son componentes que se encuentran ensamblados para el desarrollo de movimientos, calentamientos, etc. Se pueden seleccionar y definir en tres grupos:

- Actuadores eléctricos:

Utilizan la energía eléctrica como fuente de trabajo entre estos se tienen: las electroválvulas, motores eléctricos de velocidad variable y velocidad fija, resistencias de calentamiento, cabeza de corte por láser.

- Actuadores hidráulicos:

Son aquellos que utilizan agua como fuente de energía y se emplean para controlar velocidades lentas y precisas.

- Actuadores neumáticos:

Instrumentos que emplean el aire comprimido como su fuente de energía, estos accionadores son principalmente cilindros.

- Pre-accionadores:

Son aquellos dispositivos que activan y dirigen a los accionadores. Lo son: electroválvulas, variadores de velocidad, contactores, finales de carrera.

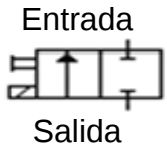
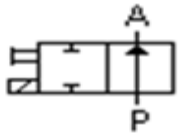
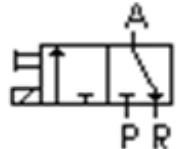
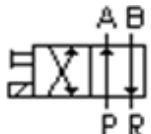
#### **3.1.ELECTROVÁLVULAS**

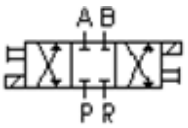
Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas son elementos que mandan o regulan la activación, desactivación y la dirección de presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o por un motor compresor. Estas válvulas se

utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. A su vez son elegidas para mandos de accionamientos eléctricos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de desconexión.

Las válvulas de control neumático son sistemas que bloquean, liberan o desvían el flujo de aire de un sistema neumático por medio de una señal que generalmente es de tipo eléctrico, razón por la cual también son denominadas electroválvulas.

**Tabla 1. Electroválvulas [10]**

| Electroválvula                                 | Descripción                                                                                                                                                                                                                                              | Figura                                                                                |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Electroválvula 2/2 normalmente cerrada</b>  | Si no hay señal eléctrica en la bobina, no hay presión en la salida. Si se energiza la bobina el embolo sube y la presión aplicada a se ve reflejada en la salida. Al desaparecer el pulso en la bobina, la electroválvula vuelve a su estado de reposo. |  |
| <b>Electroválvula 2/2 normalmente abierta.</b> | Cuando está en reposo, la presión P se encuentra disponible en A. Si se activa la electroválvula, la presión P se bloqueará y no habrá presión disponible en A. Lo que hace que el cilindro deje de moverse.                                             |  |
| <b>Electroválvula 3/2</b>                      | Tiene tres terminales de conexión, uno para la entrada de presión P, uno para la salida al cilindro A y otro terminal para la recuperar el fluido R.                                                                                                     |  |
| <b>Electroválvula 4/2.</b>                     | Este tipo de electroválvula se usa para accionar cilindros de doble efecto con una sola unidad.                                                                                                                                                          |  |

|                                                           |                                                                                                                                             |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Electroválvula 4/2 con impulso eléctrico bilateral</b> | La electroválvula está en su estado de reposo y las dos salidas A y B se encuentran bloqueadas dejando el cilindro en un estado de memoria. |  |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

### 3.2. CILINDROS NEUMÁTICOS

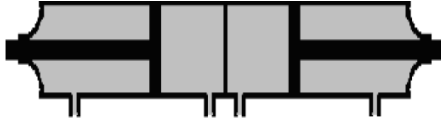
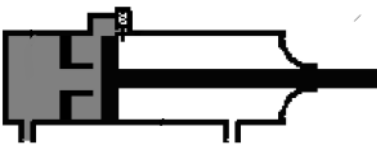
Los actuadores neumáticos transforman la energía en trabajo. Se tienen pocos actuadores neumáticos pero estos son de gran utilidad cuando solo se cuenta con cilindros y motores. Se pueden tener cilindros hidráulicos de simple efecto, doble efecto y algunos cilindros especiales. La utilización de cilindros neumáticos en vez de usar motores eléctricos es que los primeros generan movimientos rectilíneos mientras que los segundos generan movimientos circulares y a su vez no son confiables para recorridos pequeños. Si se quiere generar un movimiento rectilíneo en un motor eléctrico se necesitan un reductor de velocidad y cambiador de movimiento rotatorio a lineal como un tornillo de cadenas, cremalleras o cables. Estos son poco prácticos si los recorridos que se hacen son cortos. La energía del aire o aceite comprimido se transforma, por medio de cilindros, en un movimiento lineal de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro. Los elementos de control son las electroválvulas que de acuerdo a un electroimán y el estado mecánico de una válvula pueden mover los cilindros neumáticos y así cambiar el estado de una máquina para doblar, empujar, subir etc.

El cilindro de aire comprimido es por lo general el elemento productor de trabajo en un equipo neumático. Estos son actuadores lineales neumáticos que transforman la energía estática en un trabajo mecánico. Su misión es generar un movimiento rectilíneo, subdividido en carrera de avance y retroceso. Estos cilindros se accionan por medio de una electroválvula (si esta no se activa el cilindro no trabaja).

El cilindro también puede ejercer misiones de regulación y mando dentro de sus funciones de trabajo, pudiendo realizar ambas de manera simultánea según su aplicación.

**Tabla 2. Cilindros Neumáticos [10].**

| <b>Cilindro</b>                               | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                             | <b>Figura</b>                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cilindros de simple efecto de membrana</b> | Tienen una sola conexión de entrada de aire. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. El vástago retorna por el efecto de un resorte incorporado.                                                                                    |                                                                                                                                        |
| <b>Cilindros de simple efecto de émbolo.</b>  | El aire comprimido actúa sobre una de las caras del émbolo, por lo que solo produce trabajo en un sentido. La carrera de retorno, es siempre el recorrido en vacío, se lleva a cabo mediante un resorte que actúa sobre el vástago del émbolo. | <br>Estado de reposo<br><br>Estado de activación |
| <b>Cilindros de doble efecto</b>              | Posee dos tomas de aire comprimido situado en ambos lados del émbolo. La fuerza ejercida por el aire comprimido somete al émbolo, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos.                                                  |                                                                                                                                      |
| <b>Cilindros con amortiguación Interna</b>    | Antes de alcanzar la posición final, un émbolo amortiguador corta la salida directa                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                           |

|                                   |                                                                                                                                                                                                |                                                                                       |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | del aire al exterior, se dispone de una sección de escape muy pequeña y el émbolo se desliza lentamente hasta su posición final.                                                               |    |
| <b>Cilindros de doble vástago</b> | Tiene un vástago corrido hacia ambos lados. La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante.                                      |    |
| <b>Cilindro tándem</b>            | Está constituido por dos cilindros de doble efecto. Al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene en el vástago una fuerza de casi el doble de la de un cilindro normal. |    |
| <b>Cilindro multiposicional</b>   | Está constituido por dos o más cilindros de doble efecto. Según el émbolo al que se aplique presión, actúa uno u otro cilindro.                                                                |  |
| <b>Cilindro de Impacto</b>        | Es conveniente para obtener energía cinética, de valor elevado. Se puede obtener una gran energía de impacto elevando la velocidad.                                                            |  |

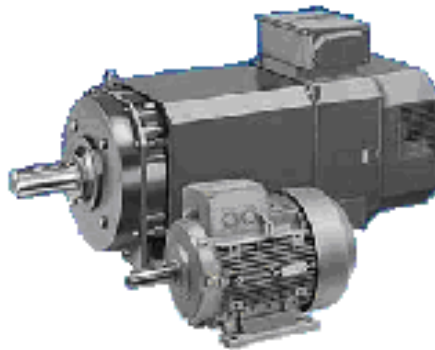
### 3.3. MOTORES DE DC

El motor de corriente continua es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica, fundándose en el movimiento rotatorio; sin embargo también es

posible conseguir una tracción lineal de acuerdo a posibles configuraciones que se efectúan para ciertas aplicaciones. Los motores de corriente continua se han posicionado como elementos fundamentales y versátiles en la industria, ya que su modo de operación es práctico, permitiendo facilidad en el control de posición y velocidad en las diferentes aplicaciones para las cuales son empleados.

Comercialmente se encuentran motores de corriente continua de distintos tamaños, formas y potencias, pero todos se basan en el mismo principio de funcionamiento. Una muestra de estos motores es el mostrado en la figura 7. [11]

**Figura 6. Motor Eléctrico**

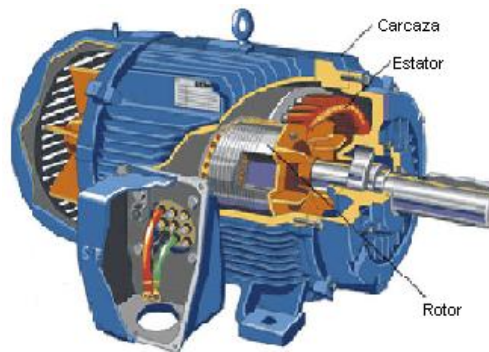


### **3.3.1. Funcionamiento del motor de corriente continua**

Accionar un motor de corriente continua es muy simple, solo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes. Para invertir el sentido de giro basta con invertir la polaridad de alimentación y el motor comenzará a girar en sentido opuesto. Estos simplemente giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite; finalmente conviene aplicar un frenado al motor. [13]

Como se muestra en la figura 7 los motores de corriente continua se encuentran compuestos de dos partes fundamentales: *el rotor y el estator*.

**Figura 7. Motor Eléctrico DC [14]**



### **El rotor**

Se constituye la parte móvil del motor y es el elemento que proporciona el torque al mover la carga. A su vez, el *rotor* se encuentra conformado por otras unidades: [15]

**Tabla 3. Partes del Rotor [16]**

| Partes del rotor | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eje del rotor    | Imparte la respectiva rotación al núcleo, devanado y al colector. A través del eje del rotor surge la energía mecánica producida en el interior del motor.                                                                                                                                          |
| Núcleo           | Forma una trayectoria magnética entre los polos para que el flujo magnético del devanado circule. Las capas laminadas tienen por objeto reducir las corrientes parásitas en el núcleo. El acero tiene la capacidad de mantener bajas las pérdidas por histéresis que tiene todo circuito magnético. |
| Devanado         | Se encuentra constituido de bobinas aisladas entre sí y entre el núcleo de la armadura. Estas bobinas se hallan distribuidas uniformemente en las ranuras, y están conectadas eléctricamente con el colector. En ésta unidad se van a generar                                                       |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | torques en el caso de funcionar como motor y las tensiones en el caso de actuar como generador.                                                                                                                                                                               |
| <b>Colector</b>   | El objetivo primordial del conmutador es recibir la tensión producida por el devanado inducido, transfiriéndola al circuito por medio de las escobillas, asegurando que las espiras reciban la polaridad adecuada.                                                            |
| <b>Escobillas</b> | Están ubicadas en el estator pero siempre están en contacto con el rotor. Debido que el rotor siempre se encontrará en movimiento, y que a ésta unidad debe llegar una corriente para efectuar el torque, se debe asegurar la llegada de corriente a través de las escobillas |

### El estator

Se define como la parte fija del motor. La funcionalidad de esta unidad es suministrar el flujo magnético que yacerá por el bobinado del rotor para producir su movimiento giratorio. El estator básicamente está constituido por las siguientes partes: [17]

**Tabla 4. Partes del Estator [18]**

| <b>Partes del Estator</b> | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Armazón</b>            | Dentro de sus funciones se encuentra el servir como soporte y proporcionar una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor y del imán permanente, de esta forma asegura completar el circuito magnético. |
| <b>Devanado de Campo</b>  | Se compone por uno o más devanados y dependiendo de la cantidad de estos y la disposición del motor adopta un nombre y un comportamiento diferente. Crea el campo magnético para que exista inducción de tensión |

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | o un torque adecuado.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Devanado de Compensación</b> | En estos circula la corriente de armadura que compensará las modificaciones del campo magnético. Cuando los motores trabajan con cargas grandes se produce una corriente de armadura proporcional, esta corriente empieza a afectar el campo magnético producido por los polos del estator y lo deforman. Para ello se hace necesario construir los polos de compensación, evitando que el motor pierda sus características. |
| <b>Borneras de Conexión</b>     | Permiten la conexión eléctrica entre la fuente de alimentación externa con los devanados en el interior del motor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

### 3.3.2. Motores de DC con encoder

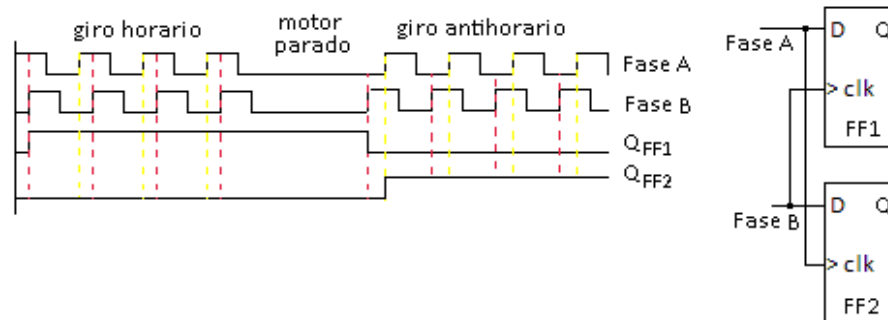
El encoder es un dispositivo que se usa para realizar el posicionamiento de máquinas rotativas. Es de construcción sencilla, se necesita un disco ranurado y un sensor foto eléctrico tipo barrera. Cuando la ranura del disco está frente al sensor no hay conducción de luz, cuando esta frente a un orificio si hay conducción de luz. Esta conducciones de luz se convierten en estados de voltaje alto y bajo.

Existen dos clases de encoder. Un encoder que solo puede detectar el movimiento del motor en un solo sentido de giro, no se puede detectar el sentido de rotación, en el caso de error no se puede decrementar la posición y el error cometido en cada posicionamiento puede influir en el siguiente.

El otro encoder tiene dos fototransistores y LEDs, estos deben estar desfasados entre sí para poder detectar el sentido de giro del motor. Cuando el motor gira en sentido horario la secuencia de salida de los dos sensores se ve en la parte

superior de la gráfica y cuando gira en sentido anti horario se puede detectar otra secuencia.

**Figura 8. Detector de Sentido de Giro. [10]**



El circuito funciona de la siguiente manera: para cada una de las fases hay un flip-flop tipo D que se activa con un flanco ascendente, al presentarse este flanco el dato que está en D aparece en la salida Q. La fase A del encoder se conecta a la entrada D del FF1 y a la entrada del reloj del FF2; esto implica que cada vez que haya un flanco ascendente en la fase A el dato que está en B está disponible en el FF2. En el FF1 cuando el motor gira en sentido horario la salida está siempre en uno y cuando gira en sentido anti horario hay siempre un cero. Lo mismo sucede con FF2 solo que la salida es complementaria con respecto a A. De esa manera se puede distinguir cuando el motor gira en un sentido u otro.

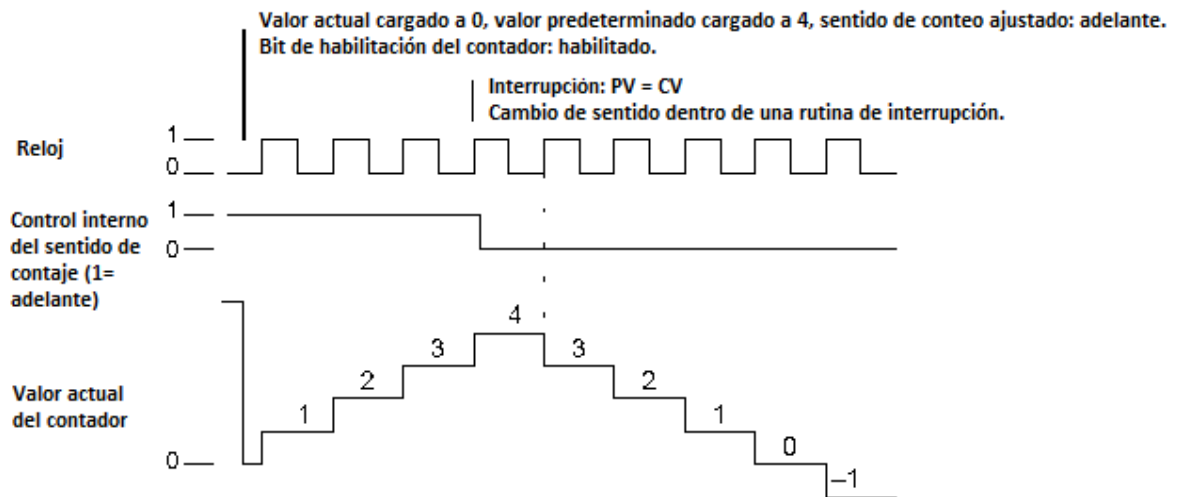
### **Tipos de Salidas de Pulsos en los Encoder**

Existen encoder que además dan el número de pulsos que dan en un sentido, antes de comprar un encoder se debe saber cómo envía la información de salida para que sea usada en el PLC; los tipos de salida pueden ser:

- Salida con pulso y estado.
- Salida con pulsos.
- Salida con desfase.

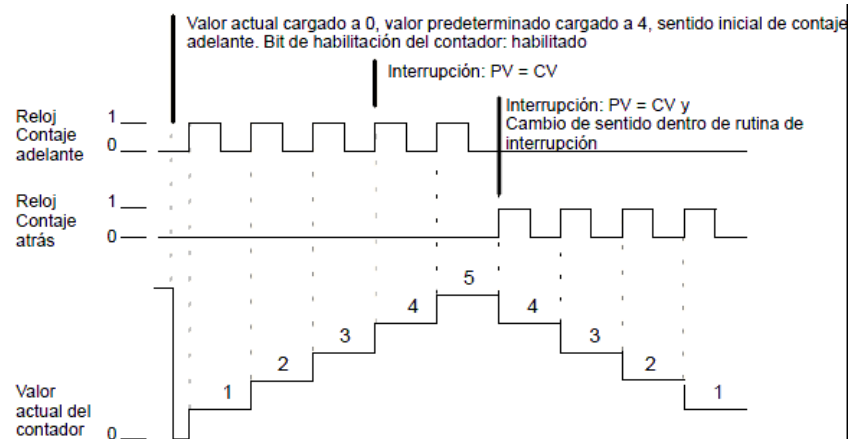
**Salida con Pulso y Estado:** Este encoder tiene dos salidas una para los pulsos y otra para el sentido de giro. Si el estado está en alto y hay salida de pulsos, el motor gira en sentido horario. Si el estado está en bajo y hay salida de pulsos, el motor gira en sentido anti horario. Si no hay salida de pulsos el motor está detenido.

**Figura 9. Salida con Pulso y Estado [10]**



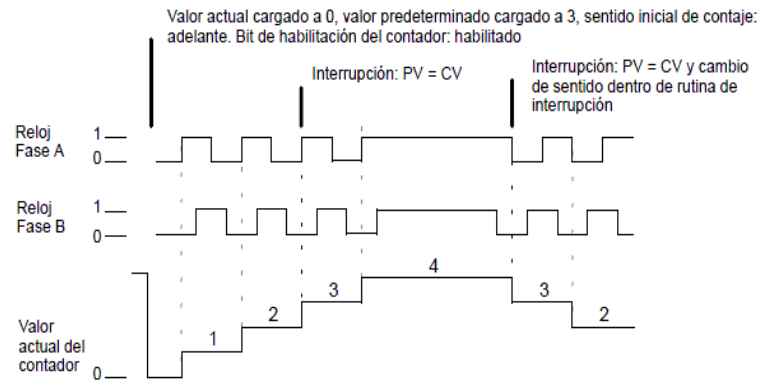
**Salida con Pulsos:** El sentido lo da la salida por donde salen los pulsos, si los pulsos salen por la salida uno el motor gira en sentido horario y los pulsos dicen cuantos grados se ha movido el motor. Lo mismo sucede con la otra salida.

**Figura 10. Salida con Pulsos [10]**



**Salida con Desfase:** Si el motor gira en sentido horario primero se presenta un flanco positivo en la salida A y después se presenta en la salida B. Si gira en sentido anti horario el flanco positivo se presenta primero en la fase B y luego en la A. [10]

**Figura 11. Salida con Desfase [10]**



### 3.4. SENSORES MAGNÉTICOS

Los sensores se definen como dispositivos sensibles al movimiento, calor, luz, presión, energía eléctrica, magnética u otro tipo de energía. La finalidad de un sensor es dar una salida eléctrica que corresponda con una determinada magnitud aplicada a su entrada.

Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otra. Un transductor puede incluir un sensor para medir una determinada variable. Los sensores también se conocen como transductores, pero se prefiere la palabra sensor para el dispositivo de medición inicial; debido a que el transductor representa un dispositivo que convierte cualquier forma de señal a otra. Se puede decir que todos los sensores son transductores, pero no todos los transductores son sensores.

Los sensores magnéticos para cilindros, que se emplean para detectar la posición de los pistones en los cilindros neumáticos, se montan directamente sobre la carcasa del cilindro y permiten detectar de modo fiable, a través de la pared de la carcasa (hecha de aluminio, latón o acero inoxidable), un anillo magnético situado en el pistón y accionar una señal de conmutación. Son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación.

Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto. Usando los conductores magnéticos, el campo magnético se puede transmitir sobre mayores distancias para poder llevarse la señal de áreas de alta temperatura. Los sensores magnéticos tienen una amplia gama de usos. Por ejemplo:

- Detección del objeto a través del plástico.
- Detección del objeto en medios agresivos a través de las paredes protectoras.
- Detección del objeto en áreas de alta temperatura.
- Reconocimiento de la codificación usando los imanes [8].

**Figura 12. Sensor Magnético [9]**



## **4. INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA**

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI ("Human Machine Interface") es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

La interfaz HMI se encuentra ligada al computador a través de software HMI de monitorización y/o control de supervisión. A través de tarjetas o dispositivos E/S se conducen las señales del proceso hacia la computadora, PLC's, PAC's (Controlador de Automatización Programable), RTU (Unidades Remotas de I/O) y variadores de velocidad de motores. Es necesario que cada uno de estos dispositivos cuente con un módulo de comunicación que maneje HMI.

La interfaz HMI surgió esencialmente debido a la necesidad de estandarizar la forma de controlar y monitorizar múltiples sistemas remotos, PLC's y otros mecanismos de control. A diferencia de otros dispositivos, como los PLC's, la interfaz HMI permite presentar de manera específica la información al operador.

Un HMI puede contener vínculos con bases de datos y permiten proporcionar tendencias, datos de diagnóstico, manejo de información, cronograma de procedimientos de mantenimiento, información logística, esquemas detallados para sensores o máquinas, incluso sistemas detallados con manuales de funcionamiento y/o guía de resolución de problemas.

En la actualidad los sistemas SCADA se encuentran integrados con sistemas HMI y de igual manera disponen de protocolos de comunicación con los PLC's. Numerosos paquetes de HMI/SCADA de terceros ofrecen compatibilidad

incorporada con la mayoría de PLC's, incluyendo la entrada al mercado de ingenieros mecánicos, electricistas y técnicos para configurar estas interfaces por sí mismos, sin la necesidad de un programa hecho a medida escrito por un desarrollador de software. [19]

En el mercado se encuentran diferentes clases de pantallas, algunas de ellas se muestran en la figura 13.

**Figura 13. Pantallas [20]**



#### **4.1. HARDWARE**

Es un tipo especial de pantalla que permite la entrada de datos y órdenes a los dispositivos que se encuentren asociados a ella por medio de toques, ya sea a través de los dedos, por un lápiz u otras herramientas similares; este tipo de dispositivos no son solo de tipo industrial, en la actualidad se encuentran en diferentes equipos tales como teléfonos celulares, monitores de computadoras, etc. También permite visualizar los datos introducidos previamente en los sistemas en los que trabaja.

Existen diferentes tipos de pantallas dependiendo de sus características: TFT de 65.536 colores, STN de 4.096 colores o monocromáticas de 8/16 niveles de gris. Manejan numerosos puertos de comunicación (líneas en serie, Ethernet, tarjetas CANOPEN, PROFIBUS, etc.). Permiten la instalación de memorias flash hasta de 1Gb. [21]

## **4.2. SOFTWARE VIJEO-DESIGNER**

Vijeo-Designer es un software de creación de proyectos de interfaz máquina humana desarrollado por Schneider Electric.

Los proyectos HMI creados en Vijeo-Designer se pueden ejecutar en un gran número de computadores, plataformas y de entornos. Con Vijeo-Designer, se puede crear visualizaciones de pantallas avanzadas con gráficos funcionales y animaciones que cumplan todos los requisitos, desde el más simple al más complejo, reduciendo al mínimo los tiempos en programación. [22]

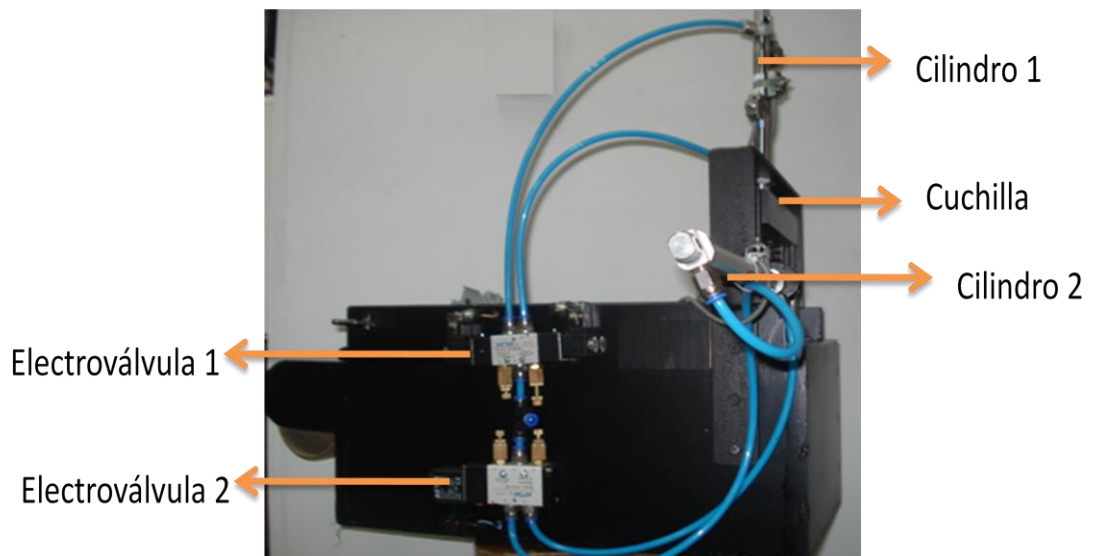
Vijeo-Designer es una aplicación con la que el usuario puede crear paneles de operadores y configurar parámetros operativos para dispositivos de la interfaz Hombre-Máquina HMI para Windows, el cual proporciona todas las funcionalidades necesarias de un sistema SCADA para la supervisión y adquisición de datos en los procesos industriales. Estas pantallas diálogo Hombre-Máquina desempeñan funciones de diálogo, tales como:

- Visualizar datos provenientes del automatismo.
- Modificar parámetros del automatismo.
- Mandar el automatismo mediante comandos todo o nada, empleando las teclas.

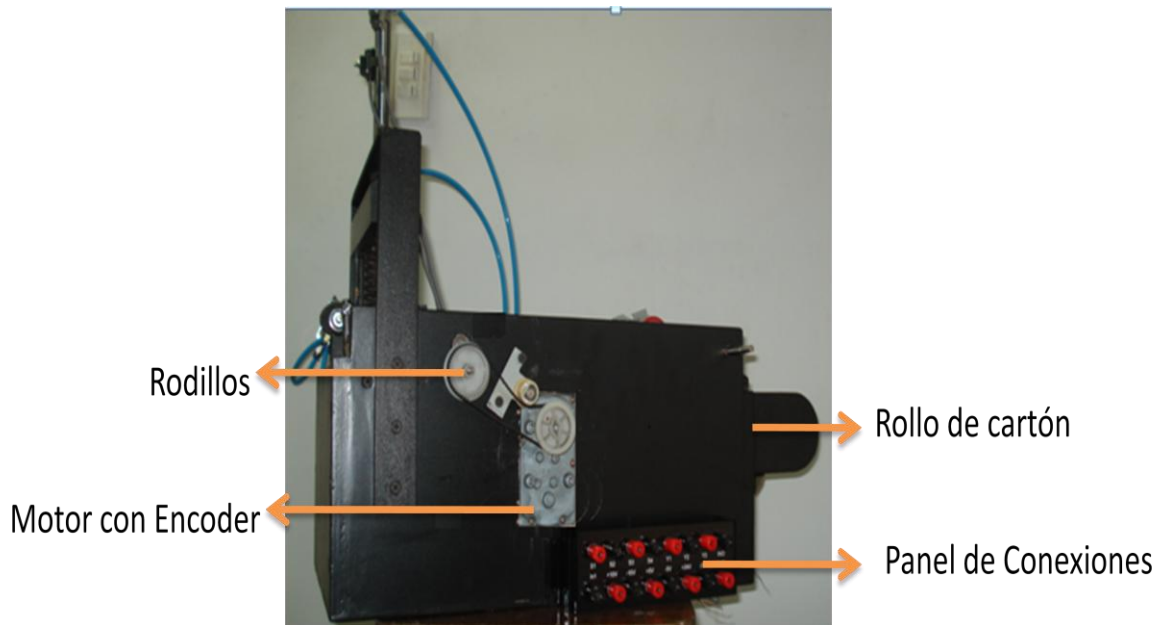
## 5. PROTOTIPO DESARROLLADO

El modelo construido permite cortar y marcar cajas de cartón, controlado a través de un PLC y a su vez es monitoreado por un software de supervisión. Este sistema se encuentra compuesto en dos partes elementales: la primera es el *hardware* que se conforma por los elementos finales de control, motor encoder, circuito driver para el control del motor, sensores magnéticos, pantalla HMI y un módulo PLC; la segunda parte fundamental es el *software* que en se encuentra desarrollado por TwidoSuite de Telemecanique y la supervisión por Vijeo-Designer.

**Figura 14. Prototipo Desarrollado. [5]**



**Figura 15. Prototipo Desarrollado [5]**



## **5.1. HARDWARE**

El conjunto del *hardware* que conforma la máquina para realizar cajas de cartón se puede separar en seis subsistemas elementales:

- Panel de Conexiones
- Circuito Control Entradas PLC
- Circuito Control Bidireccional del Motor Encoder
- Motor Encoder
- Cilindros
- Electroválvulas

### **5.1.1. Panel de Conexiones**

A continuación se describe el panel de conexiones implementado en el cual se muestran cada una de las entradas y salidas del módulo. Este panel permite un reconocimiento práctico al momento de realizar las conexiones con el PLC.

**Figura 16. Panel de Conexiones [5]**



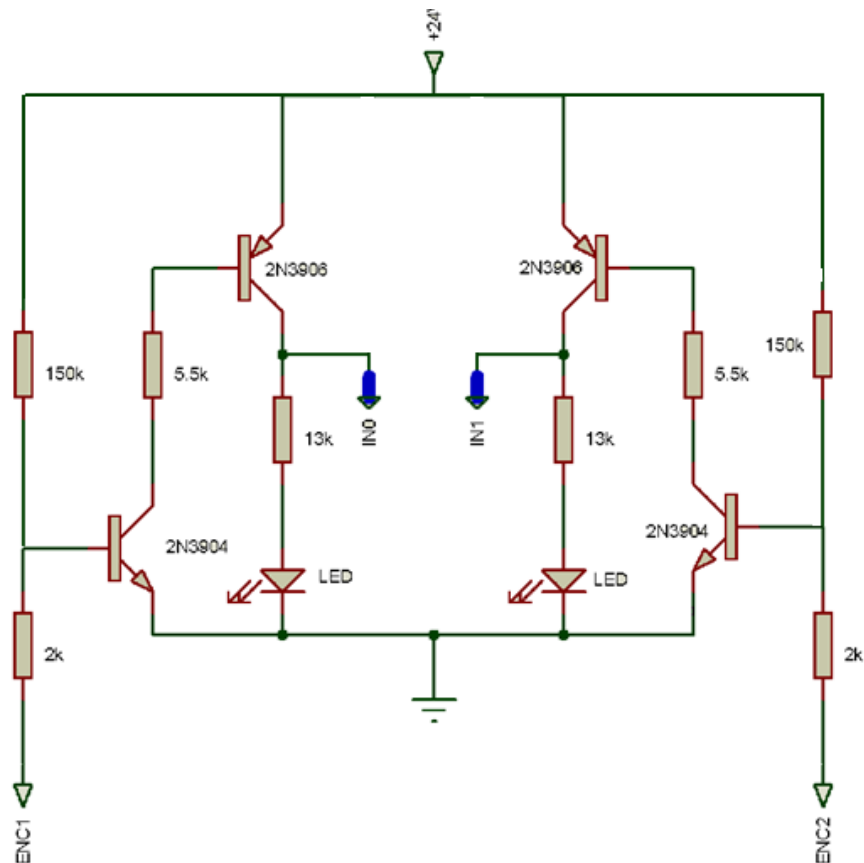
**Tabla 5. Generalidades Panel de Conexiones [5]**

|      |                                         |
|------|-----------------------------------------|
| S1   | S1: Sensor 1, cilindro 1                |
| S2   | S2: Sensor 2, cilindro 1                |
| S3   | S3: Sensor 3, cilindro 1                |
| S4   | S4: Sensor 4, cilindro 2                |
| Y1   | Electroválvula 1, cilindro 1            |
| Y2   | Electroválvula 2, cilindro 1            |
| Y3   | Electroválvula 3, cilindro 2            |
| +10V | 10V Circuito control de giro            |
| -10V | Referencia fuente 10V                   |
| +5V  | 5V Fuente encoder                       |
| -5V  | Referencia fuente 5V                    |
| IN0  | Entrada 0 del PLC                       |
| IN1  | Entrada 1 del PLC                       |
| +24V | Fuente PLC y común conexión de sensores |
| -24V | Referencia                              |
| GND  | Común electroválvulas, 2FU              |

### 5.1.2. Circuito Control Entradas PLC

Este circuito permite reforzar la tensión de los pulsos de las salidas del motor encoder, direccionándolas a su vez a las entradas del PLC, para determinar el número de pulsos y de esta manera sincronizarlos con el rango prefijado en el VFC, indicando, determinado caso, si está por encima o por debajo de los límites permitidos en el diseño.

Figura 17. Circuito Control Entradas PLC [5]

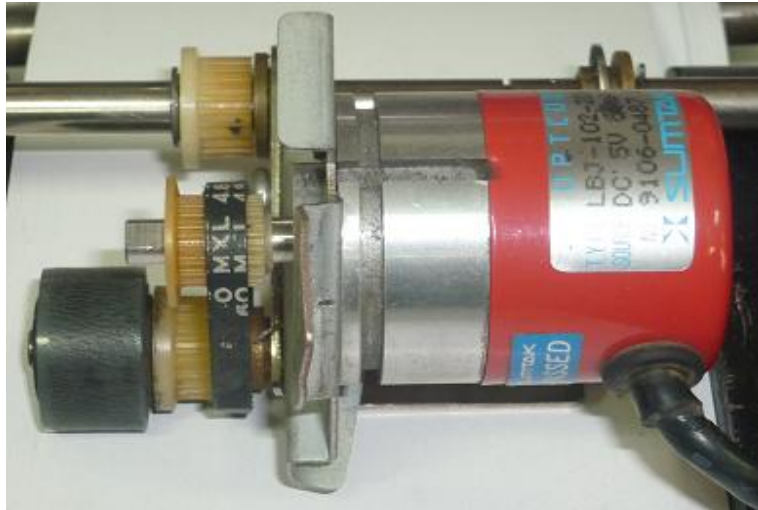


La señal de pulsos rectangulares que suministran las salidas del encoder tiene un nivel de +5V y están dirigidas a las bases de los transistores npn. La configuración de colector abierto permite aumentar la ganancia del sistema, elevando la señal de tensión a un valor de +24V, suministrado por la fuente externa. Esta señal es enviada a las entradas del PLC para su respectiva valoración dentro del programa.

### 5.1.3. Motor Encoder

Se utilizó un motor DC con encoder marca HITACHI.

**Figura 18. Encoder**



**Tabla 6. Especificaciones motor con Encoder. [5]**

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| <b>Tipo</b>               | <b>D04A321E</b>   |
| <b>Voltaje</b>            | <b>24V</b>        |
| <b>Potencia de salida</b> | <b>21W</b>        |
| <b>Pulsos/vuelta</b>      | <b>100 pulsos</b> |

En base a las especificaciones técnicas, el encoder que genera cien pulsos en una vuelta del motor, con este valor se evaluó que cantidad de cartón avanzaba (en centímetros), dependiendo el valor dado en la pantalla se le daba al contador la cantidad de pulsos necesarios para el tamaño de cada pestaña de la caja.

#### 5.1.4. Cilindros

Para este proyecto se utilizan dos cilindros de doble efecto, uno de estos cilindros es el encargado de bajar la cuchilla para realizar los cortes de las pestañas y el corte final de la caja, la posición para el corte se controla a través de 3 sensores magnéticos, que son los encargados de definir hasta donde baja el embolo del cilindro y así determinar el corte a realizar.

El otro cilindro es para el patín que es el que realiza la marca para hacer los dobleces de la caja.

Los cilindros de doble efecto, poseen camisa en acero inoxidable y anillo magnético Standard, no requieren lubricación, y son resistentes a la corrosión. [23]

**Figura 19. Cilindro doble efecto MI16X100-S-CA [23]**



**Tabla 7. Cilindro MI16X100-S-CA [23]**

|                             |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| <b>Presión de operación</b> | <b>1-9 Kg/cm2 (15-130 PSI)</b> |
| <b>Temperatura</b>          | <b>0-70 °C (0-158 °F)</b>      |
| <b>Rango de Velocidad</b>   | <b>50-800 mm/s</b>             |
| <b>Anillo Magnético</b>     | <b>Standar</b>                 |

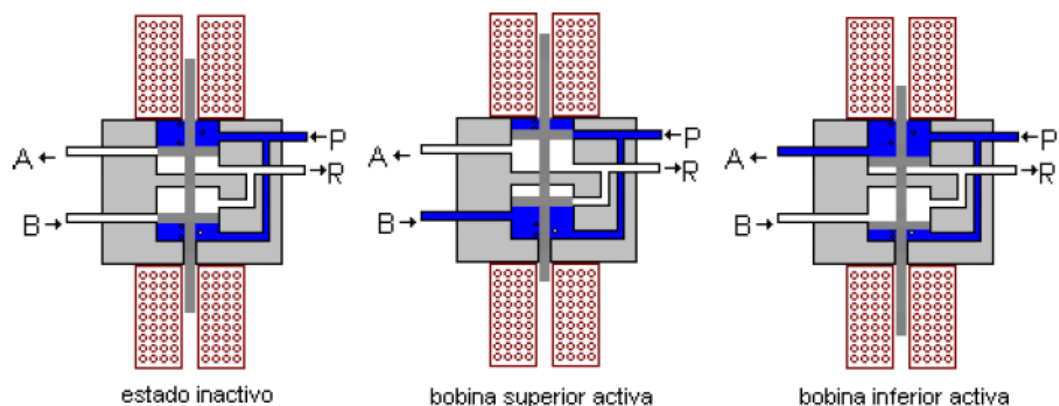
### 5.1.5. Electroválvulas

El proyecto está constituido por dos electroválvulas. Para el cilindro número uno se utiliza una electroválvula 5/3 con impulso eléctrico bilateral porque se necesita que el cilindro tenga dos posiciones, una posición es cuando se realizan las pestañas y la otra cuando se hace el corte final de la caja.

La electroválvula numero dos es de 5/2 que es la que se utiliza para el cilindro número dos para realizar la marca de la pestaña.

La electroválvula 5/3 con impulso eléctrico bilateral, está en su estado de reposo y las dos salidas A y B se encuentran bloqueadas dejando el cilindro en un estado de memoria. Cuando se aplica corriente a la bobina superior, el Terminal B queda expuesto a la presión P, y el Terminal A queda expuesto al tanque de almacenamiento haciendo que el cilindro avance. Si se energiza la bobina inferior el terminal A queda expuesto a la presión P y el terminal B queda conectado al tanque de almacenamiento haciendo que el cilindro retroceda. [10]

**Figura 20. Diagrama Electroválvula 5/3. [10]**



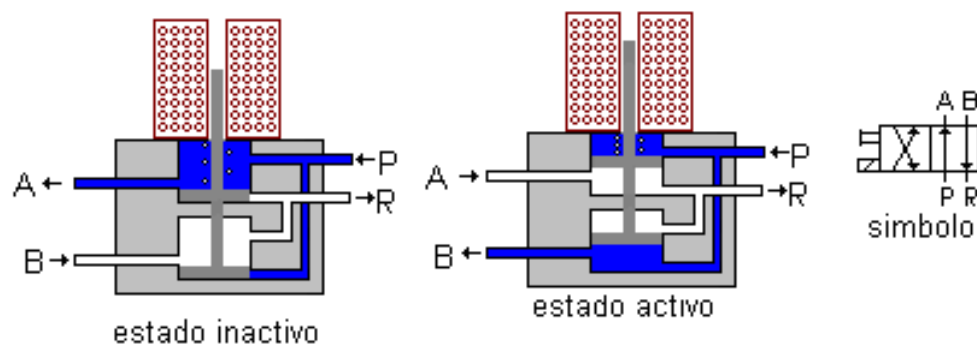
**Figura 21. Electroválvula 5/3 [24]**



En la electroválvula 5/2, el terminal de salida se encuentra conectado a la presión P, el elemento que está conectado a este terminal puede realizar un trabajo. Por otro lado el terminal B se encuentra conectado al tanque de almacenamiento dejando que el fluido se almacene allí.

Cuando se activa la bobina el terminal A se encuentra conectado al tanque de almacenamiento y el terminal B se encuentra conectado a la presión P. Lo que hace que el cilindro retroceda. [10]

**Figura 22. Diagrama Electroválvula 5/2 [10]**



**Figura 23. Electroválvula 5/2 [24]**



**Tabla 8. Válvula 4V120-06 [24]**

| Operación              | Piloto Interno                        |
|------------------------|---------------------------------------|
| Área del orificio (CV) | 10 mm <sup>2</sup> (0.56)             |
| Presión de Operación   | 1.5-8 Kg/cm <sup>2</sup> (21-114 PSI) |
| Máxima Presión         | 10.5 Kg/cm <sup>2</sup> (150 PSI)     |
| Temperatura            | 5-60 °C (41-140 °F)                   |
| Corriente Alterna      | 50/60 Hz                              |
| Variación de Voltaje   | +/- 10%                               |
| Consumo de potencia    | AC: 3VA DC: 2.5W                      |
| Máxima Frecuencia      | 5 ciclos/seg.                         |
| Tiempo de respuesta    | 0.05 seg.                             |

## 5.2. SOFTWARE

El software empleado en el desarrollo del proyecto es TWIDOSUITE de TELEMECANIQUE suministrado por SCHNEIDER ELECTRIC.

Se debe abrir el programa TWIDOSUITE para iniciar el desarrollo del programa.

La siguiente figura muestra la ventana de inicio.

**Figura 24. Pantalla Principal Twido [5]**



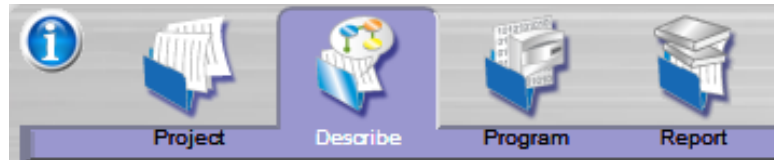
Se elige la opción “Programming” Mode, seguidamente aparece otra ventana la cual permite crear un nuevo proyecto.

**Figura 25. Información del Proyecto [5]**

| Project information |                                                                                         |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| File information    |                                                                                         |
| Project             | <input type="text" value="cilindros1"/>                                                 |
| Directory           | <input type="text" value="C:\Program Files\Schneider Electric\TwidoSuite\My projects"/> |
| Project information |                                                                                         |
| Author              | <input type="text"/>                                                                    |
| Department          | <input type="text"/>                                                                    |
| Index               | <input type="text"/>                                                                    |
| Industrial Property | <input type="text"/>                                                                    |
| Comment             | <input type="text"/>                                                                    |
| Description         | <input type="text"/>                                                                    |
| Image               | <input type="text"/>                                                                    |

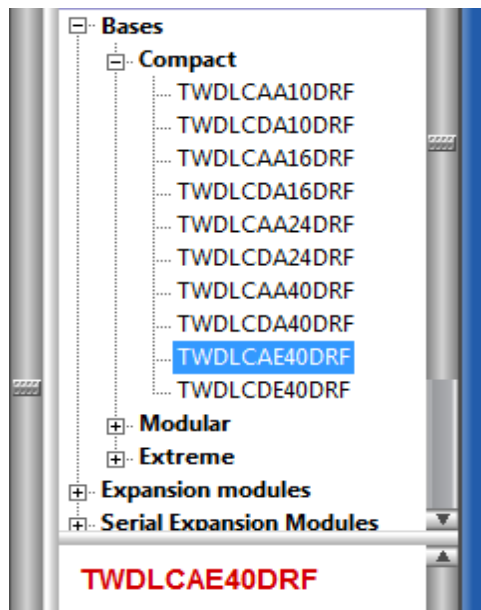
Luego de haber creado un nuevo proyecto, en la opción “Describe”.

**Figura 26. Ubicación del Icono Describe [5]**



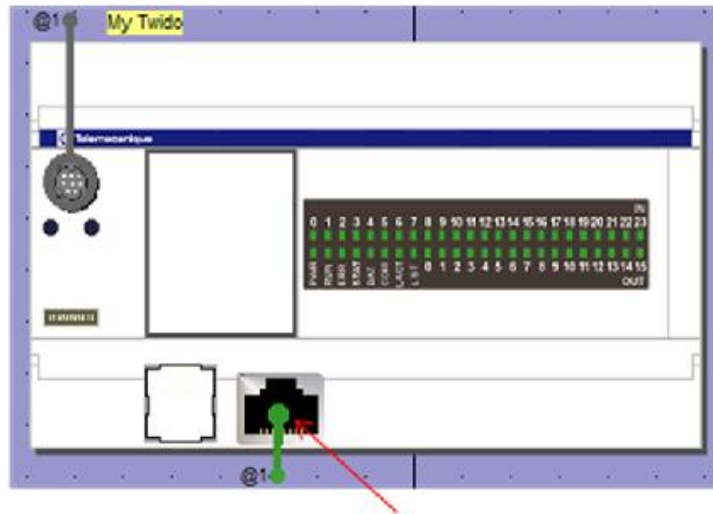
Se elige el PLC que se va a utilizar; para observar las referencias disponibles se dirige el cursor al link “*Bases – Compact*”; para este proyecto se utilizó el PLC de referencia TWDLCAE40DRF.

**Figura 27. Clases de PLC’s [5]**



En el caso particular se describe a continuación los pasos necesarios para configurar la comunicación Ethernet.

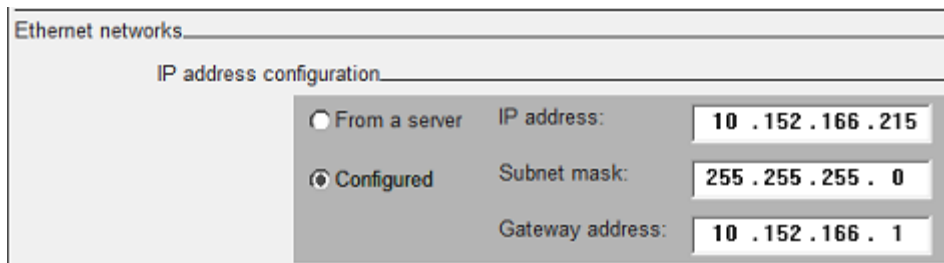
**Figura 28. Configuración Comunicación Ethernet. [5]**



Dar clic aquí

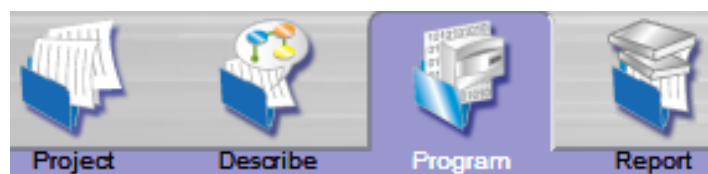
Seguidamente aparece en la siguiente pantalla >>IP address, que es la IP del PLC, >>Subnet mask, es la máscara del PLC y >>Gateway address, es la pasarela.

**Figura 29. Configuraciones para Ethernet [5]**



Después se da clic en "Program" para iniciar el programa.

**Figura 30. Ubicación del Icono Program [5]**

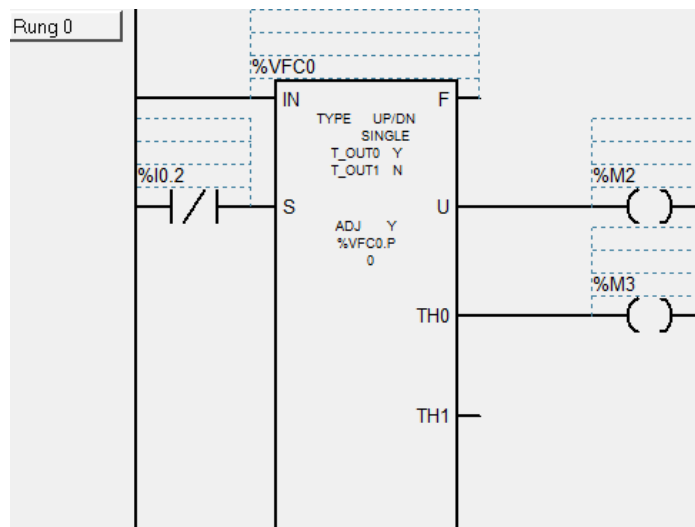


### 5.2.1. Contadores de Alta Velocidad, (VFC)

El contador muy rápido es utilizado para contar la cantidad de pulsos enviados por el encoder del motor de DC, las salidas del encoder se conectan a las entradas transistorizadas del PLC, que son las encargadas de recopilar los datos y llevarlos al contador muy rápido.

El contador muy rápido se etiqueta dentro del PLC como %VFC, el controlador Twido trae dos contadores muy rápidos, cada uno trabaja con cuatro entradas para un total de ocho entradas que van desde %I0.0 hasta %I0.7. Trabaja con cuatro salidas cada uno con dos, en el %VFC0 son %Q0.0 y %Q0.1.

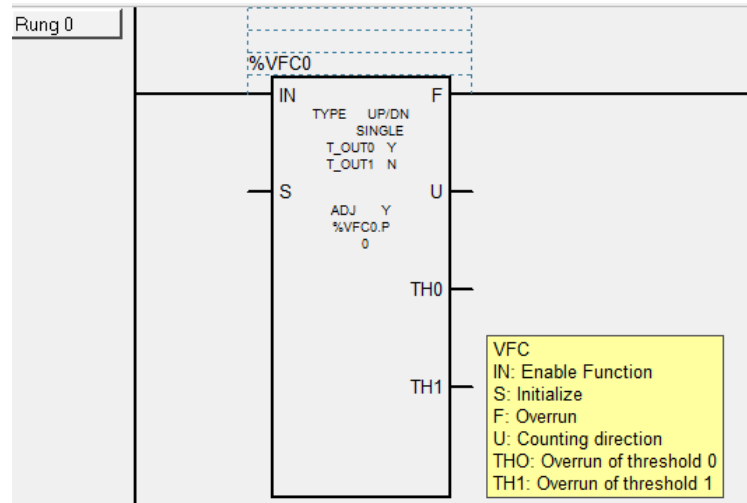
**Figura 31. Contador de Alta Velocidad en Twido [5]**



- Para programar el contador de alta velocidad:

Se va a la barra de funciones y se da clic en las flechas  hasta que aparezca , se da clic en ese icono y saldrá en la sección el contador de alta velocidad, después se le hacen los cambios necesarios

**Figura 32. Contador de Alta Velocidad sin Programar [5]**



IN: Para habilitar la función

S: Inicialización

F: Lleva el conteo del motor

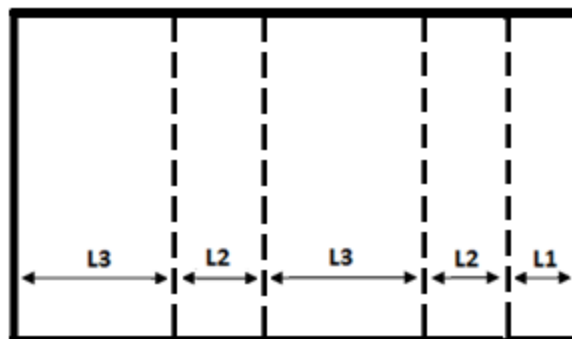
U: Dirección del conteo, ascendente o descendente

TH0 y TH1: son los umbrales de disparo para la velocidad del motor

### 5.2.2. Programa PLC Twido

Para el desarrollo de la programación se estableció un diseño de la caja que se especifica a continuación.

**Figura 33. Diseño de la Caja [5]**



**L1:** Distancia límite superior al primer doblez.

**L2:** Distancia que determina dimensiones laterales de la caja.

**L3:** Distancia que determina las dimensiones superior e inferior de la caja.

El programa desarrollado se distribuye en dos etapas, cada una ejecuta las acciones de control sobre los cilindros. La primera etapa es la acción realizada por el cilindro número uno que es el encargado de realizar los cortes y la segunda etapa es la realizada por el cilindro número dos que es el que realiza la marca para el dobles.

En la primera etapa se encuentra la sección que realiza la suma de las distancias entre los dobleces y determina las guías de corte que definen el molde de la caja.

El bloque respectivo VFC (contador muy rápido) permite sincronizar los pulsos enviados por el motor encoder, controlando a su vez las revoluciones de los rodillos, con las distancias predefinidas por el usuario, de tal forma que no se presenten desajustes entre las aberturas del diseño.

El uso de bloques comparadores determinan el número de pulsos fuera del umbral y permiten sincronizarlos con los valores requeridos para realizar las acciones respectivas de corte y guías.

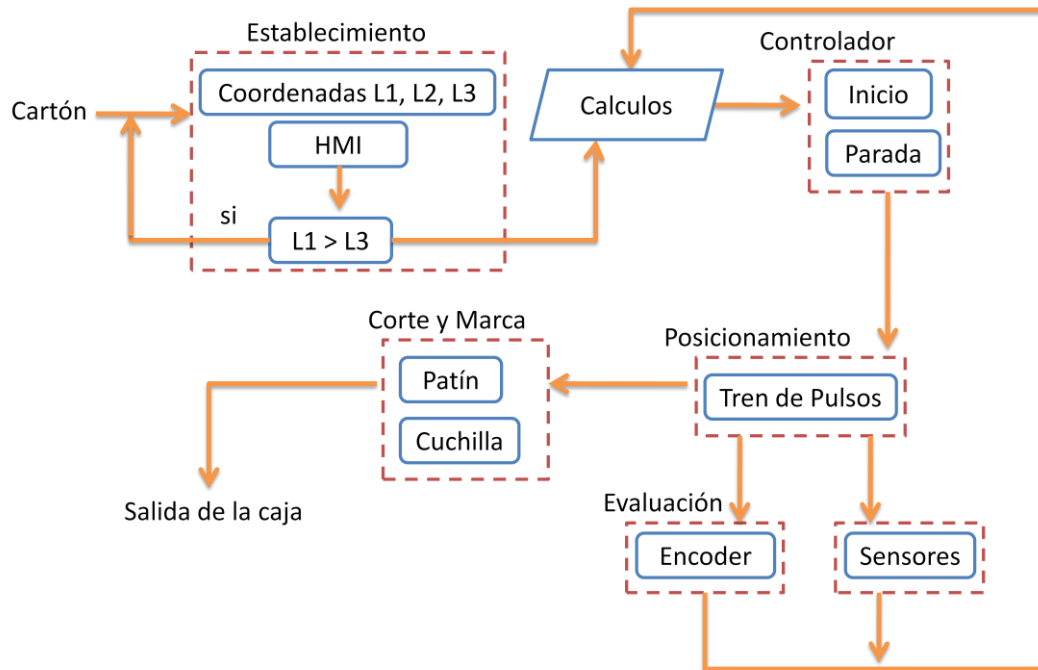
La activación de los sensores inciden directamente sobre los auxiliares (%M) que permiten, a través de las salidas del PLC, energizar el motor y las electroválvulas respectivas.

Cada Rung ó línea de programa posee una parada de emergencia, la cual permite detener el proceso en cualquier momento de la operación y así garantizar la integridad del operario y de la máquina.

### 5.2.3. Interfaz Vijeo-Designer

Esta interfaz es la encargada de mostrar al usuario una manera práctica de introducir los datos de las dimensiones que definen el tamaño de la caja, además permite dar inicio y culminación al proceso de elaboración de la caja.

**Figura 34. Diagrama de Bloques [5]**



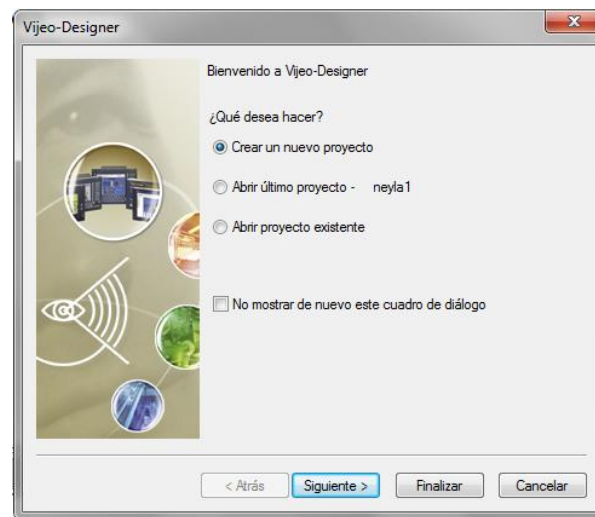
La figura 34 muestra el diagrama de bloques que esboza el proceso realizado para la fabricación del molde de la caja. El sistema se carga inicialmente con la materia prima, el cartón, a través de la pantalla táctil el usuario introduce los datos de las longitudes L1, L2, L3. El valor de L1 debe ser menor al valor de L3, de lo contrario la interfaz devolverá un mensaje que le indique al operario que debe volver a escribir los datos. Estos datos son procesados y enviados al controlador para su respectiva evaluación. Posteriormente se da inicio y parada al proceso, los valores adquiridos por el controlador son sincronizados con los pulsos enviados por el encoder, este paso se logra gracias a los sensores que indican hasta donde debe llegar cada cilindro.

La última etapa es la de corte y marca, en esta etapa se realizan las pestañas de la caja por medio de la cuchilla y la marca de la caja por medio del patín. Al finalizar se entrega al operario el molde de la caja para su posterior formación.

A continuación se describe los pasos a seguir para realizar un entorno en Vijeo-Designer.

>>Clic en el icono de Vijeo-Designer

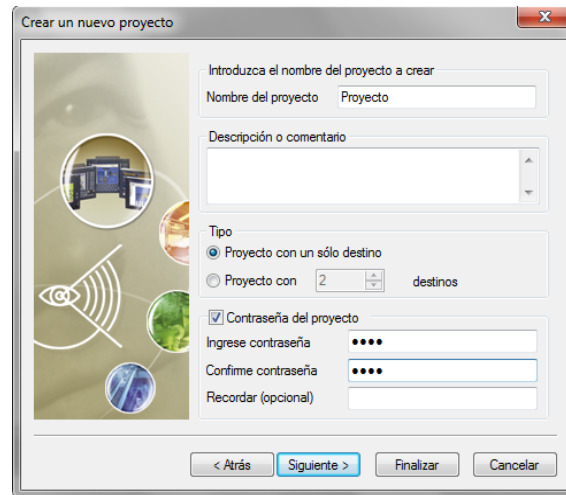
**Figura 35. Pantalla de Introducción a Vijeo-Designer [5]**



>>Clic en: *Crear un nuevo proyecto*.

>>A continuación se asigna un nombre al nuevo proyecto; se puede seleccionar la cantidad de terminales a programar y si se quiere colocar contraseñas.

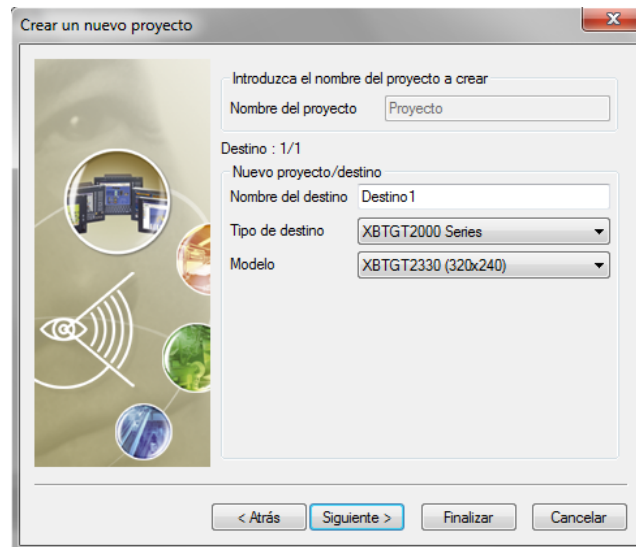
**Figura 36. Nombre del Proyecto [5]**



>>Se selecciona el tipo y el modelo de la pantalla.

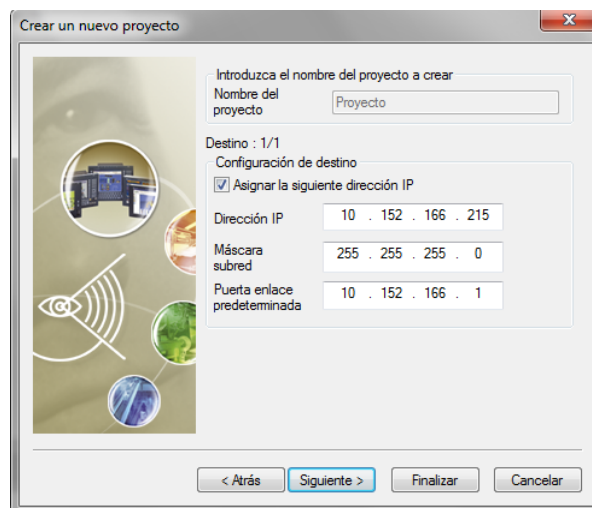
Para el proyecto en particular se utilizó la pantalla de referencia XBTGT2000 en el tipo de destino y XBTGT2330 (320x240) en el modelo

**Figura 37. Configuración del Destino [5]**



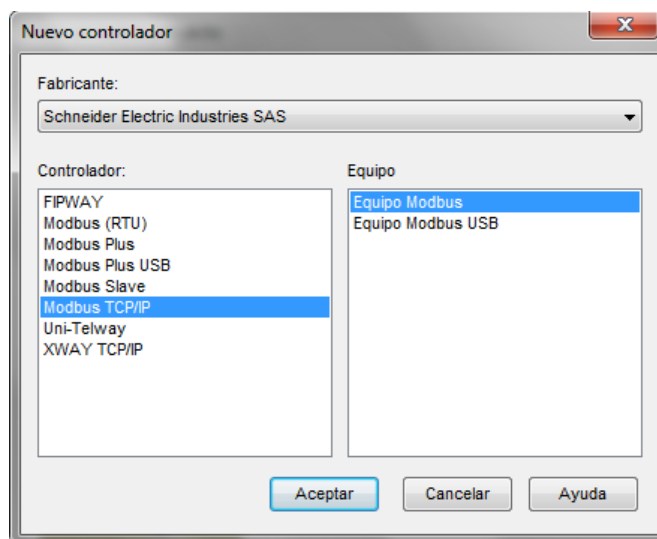
>>Para la comunicación por Ethernet se configura la IP como se muestra en la figura 38

**Figura 38. Configuración de la IP [5]**



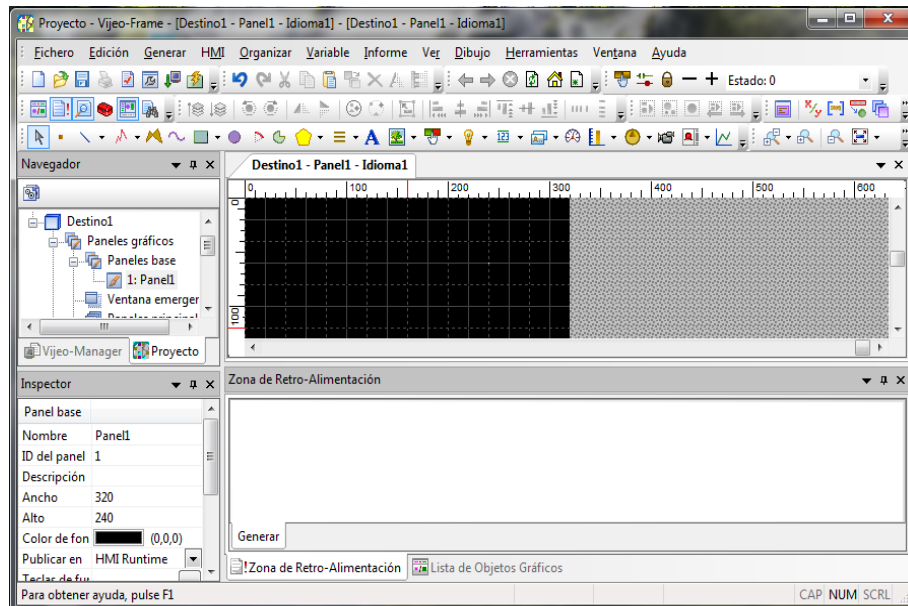
>>Se selecciona los equipos de red, de acuerdo al protocolo de comunicación, y el fabricante del equipo.

**Figura 39. Equipos de Red y Fabricante [5]**



>>Se da aceptar y luego finalizar. Aparecerá la pantalla del panel1 para empezar a realizar la programación de la pantalla.

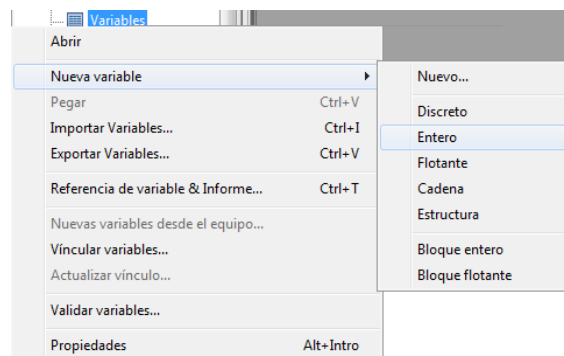
**Figura 40. Panel de Trabajo [5]**



Para crear las variables de programación, en el navegador se dirige a variables,

>>Clic derecho>> nueva variable; allí se escoge que clase de variable se va a utilizar. Este paso se realiza para cada variable.

**Figura 41. Nueva Variable [5]**



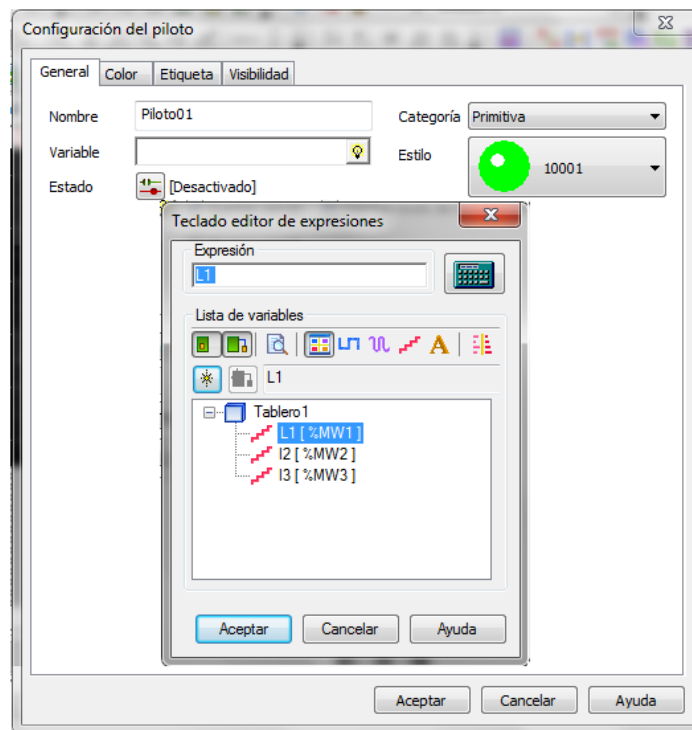
En la pantalla editor de variables, en el campo nombrado como origen de datos se selecciona el origen de la variable si es externa o interna. Se escoge la dirección

de dispositivo teniendo en cuenta que Twido trabaja con un número de dirección menos a Vijeo-Designer, por ejemplo si en Vijeo-Designer se trabaja con la dirección MW1 en Twido se debe trabajar con MW0.

En Panel1, se crean las pantallas; para enlazarlas con las variables anteriormente creadas, se da doble clic en la figura a enlazar, aparecerá una pantalla donde se puede escoger la variable con la que se va a trabajar, el color cuando esta activado o desactivado y la dirección de memoria dentro del PLC.

Estos pasos se siguen para la configuración de cualquier dispositivo.

**Figura 42. Configuración del Piloto [5]**



## Pantallas Desarrolladas

En la figura 43 se muestra una pantalla que es el primer entorno de la interfaz grafica. Esta permite familiarizar al operador con las respectivas dimensiones a introducir para obtener el molde final de la caja.

**Figura 43. Guía Tamaño de la Caja [5]**



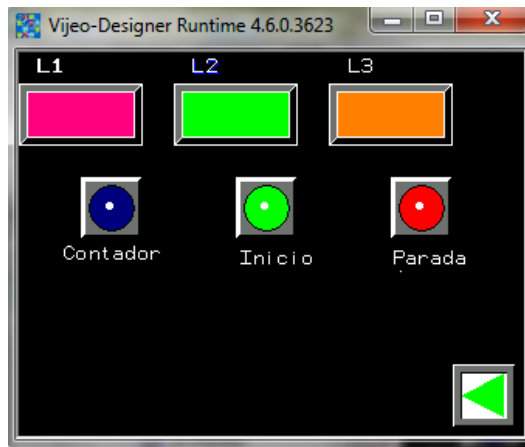
La figura 44 muestra la pantalla donde se encuentran las variables L1, L2 y L3 para variar el tamaño de la caja, esta modificación se hace por medio de un teclado emergente, este valor tomado es guardado en la dirección de memoria de la pantalla y es llevado al programa del PLC para realizar los cortes y las marcas de la caja.

**Figura 44. Tamaño Partes de la Caja [5]**



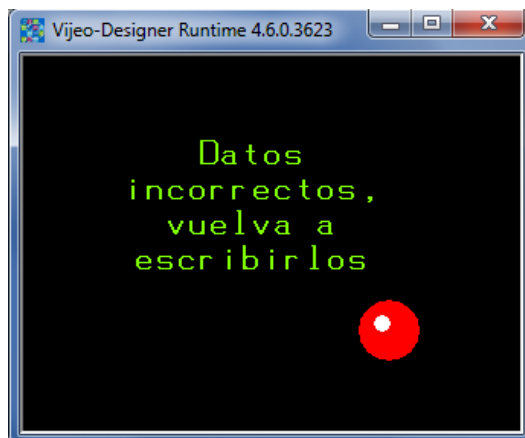
Para inicializar el proceso se puede realizar desde la pantalla o desde la simulación del programa, para esto se tiene que oprimir primero el botón azul que es para cargar los números e inicializar el contador, luego se oprime el botón verde que inicia el proceso de la realización de la caja, el botón rojo es para la parada de emergencia.

**Figura 45. Inicializaciones [5]**



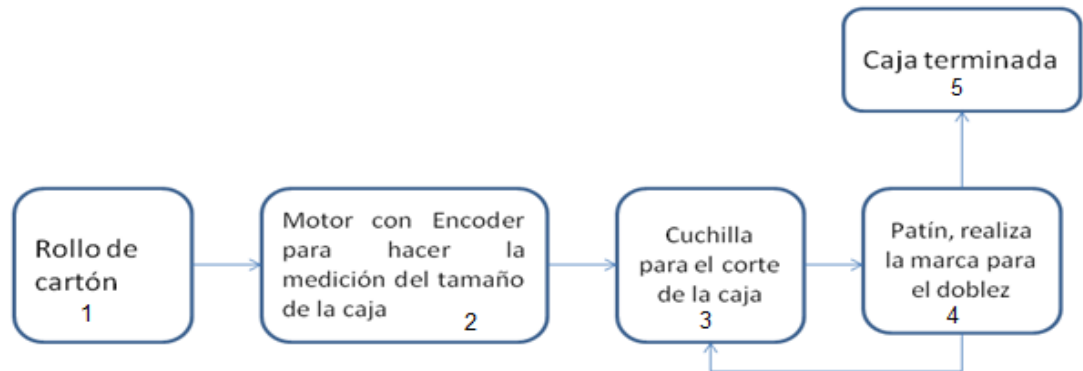
Al momento de que el usuario digite un dato erróneo y/o este incurra en el mal funcionamiento de los procesos, aparecerá la pantalla mostrada en la figura 46, donde el usuario tendrá que volver a indicar los valores u oprimir la parada de emergencia.

**Figura 46. Pantalla Datos Incorrectos [5]**



### 5.3. DIAGRAMA DE BLOQUES

Figura 47. Diagrama de Bloques del Proceso [5]



1. El ancho del rollo de cartón es de 10cm, el largo del rollo es de 10m, el espesor del cartón es de 0.3 mm, este cartón pasa hacia los rodillos que son movidos por el motor a través de un acople mecánico de piñones y correas.

2. El motor posee un encoder que es el encargado de contar los pulsos de las vueltas del motor y así determinar donde ubicar los dobleces y cortes de la caja de cartón, este conteo se hace mediante el contador rápido utilizado en el programa.

3. La cuchilla se construyó con acero, sus dimensiones son de 11 cm de ancho, 10 cm de alto, 0.2 cm de espesor y cada pestaña es de 2 cm. Dependiendo el tamaño de las pestañas, el motor realiza una suspensión de los rodillos para permitir que el cilindro 1 baje y realice el corte (el émbolo del cilindro solo baja hasta la mitad), este movimiento lo realiza cuatro veces.

4. El patín se construyó con acero, sujeta una rueda de 5.8 cm de diámetro. Al momento de realizar la pestaña el contador rápido mide la distancia existente hasta el siguiente cilindro y así realizar la marca para hacer los dobleces.

5. Se entrega la caja lista para ser pegada para su posterior uso.

## CONCLUSIONES

Es de destacar la importancia de la automatización en los procesos industriales y entre ellos el caso particular de esta máquina para cortar láminas de cartón, ya que el uso de herramientas autómatas facilita y optimiza innumerables procesos que conllevan el buen manejo de materias primas, aprovechando la calidad en el producto final, reduciendo el tiempo del proceso y, lo más importante, dejando el recurso humano a sencillas instancias de control y supervisión, mejorando la salud y el bienestar de los mismos.

En futuras fases del proyecto se pueden realizar investigaciones en la adecuación de una cuchilla para que se realice un corte más preciso y donde se pueda variar el ancho de la caja.

Se usó una HMI que permitió solventar la comunicación del operador con el PLC, aprobándose el objetivo de lograr un monitoreo, prefijando las dimensiones del diseño final de las cajas, haciendo un poco más amigable la interacción con la máquina.

Se diseñó y construyó un módulo para cortar cajas de cartón de manera tal que los procesos fuesen controlados y supervisados, para ello se utilizó software y hardware convenientes a los procesos de automatización.

El uso del encoder permitió reducir los costos de manera significativa, además la precisión tuvo que modificarse debido a que la velocidad del motor es alta y el tiempo de escaneo del PLC es grande en comparación a la frecuencia de los pulsos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Maquinas para cortar cajas de Cartón. [Página de Internet].  
<http://www.kartonaznistroje.cz/kartonaznistroje/esp/produkty/produkt/?ProductID=23&kategorieID=12/> [Consulta: 2010-03-12].
- [2] Máquina Troqueladora. [Página de Internet].  
[http://www.printingmachinecn.es/1\\_printing\\_machine/1-36.jpg/](http://www.printingmachinecn.es/1_printing_machine/1-36.jpg/) [Consulta: 2010-03-12].
- [3] Maquinas para cortar cajas de Cartón. [Página de Internet].  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Troquel\\_\(cortante\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Troquel_(cortante)) [Consulta: 2010-06-11].
- [4] PLC Twido. [Página de Internet].  
<http://www.automatismos-mdq.com.ar/blog/2008/05/controladores-programables-twido.html/> [Consulta: 2010-03-09].
- [5] Fuente Autores
- [6] Ethernet. [Página de Internet]. [http://www.textoscientificos.com/redes/ethernet /](http://www.textoscientificos.com/redes/ethernet/)  
[Consulta: 2010-03-15].
- [7] Lenguajes de Programación. [Página de Internet].  
<http://www.mailxmail.com/cursocontroladoreslogicosprogramables/programacionplc-1/> [Consulta: 2010-03-16]
- [8] Sensores Magnéticos. [Página de Internet].  
<http://www.sick.de/es/productos/sensores/magneticos/es.html/> [Consulta: 2010-03-09].
- [9] Sensores Magnéticos. [Página de Internet].  
<http://i03.c.aliimg.com/img/offer/51/49/38/06/51493806.search.jpg/> [Consulta: 2010-03-13].
- [10] VILLAMIZAR R., Juan Carlos, CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES. SYC Editores, 2002.

[11] Motor de DC. [Página de Internet].  
<http://www.directindustry.es/prod/siemens/motor-electrico-cc-7659-19430.html/>  
[Consulta: 2010-03-11].

[12] Motor de DC. [Página de Internet].  
<http://www.directindustry.es/prod/siemens/motor-electrico-cc-7659-19430.html/>  
[Consulta: 2010-03-10].

[13] VILLAMIZAR R., Juan Carlos, LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS. Universidad Pontificia Bolivariana. 2003

[14] Motor Eléctrico DC. [Página de Internet].  
<http://endrino.pntic.mec.es/jhem0027/maquinaasincrona/partes.jpg> [Consulta: 2010-03-11].

[15] El Rotor. [Página de Internet]. En: <http://motoresacdc.blogspot.com/>  
[Consulta: 2010-03-11].

[16] Partes del Rotor. [Página de Internet]. <http://motoresacdc.blogspot.com/>  
[Consulta: 2010-03-11]

[17] El Estator. [Página de Internet]. En: <http://motoresacdc.blogspot.com/>  
[Consulta: 2010-03-09].

[18] Partes del Estator. [Página de Internet].  
[http://www.directindustry.es/prod/leroy-somer/motor-electrico-asincrono 8355-21362.html](http://www.directindustry.es/prod/leroy-somer/motor-electrico-asincrono-8355-21362.html) / [Consulta: 2010-03-11].

[19] Interfaz HMI [Página de Internet]. <http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA/>  
[Consulta: 2010-03-17].

[20] Pantallas. [Página de Internet]  
<http://www.designworldonline.com/articles/3692/Information-at-Your-Fingertips.aspx> [Consulta: 2010-03-17]

[21] MAGELIS XBT GT. [Página de Internet]  
[http://www.schneiderelectric.com.co/sites/colombia/es/productosservicios/automatizacioncontrol/ofertadeproductos/presentacionderango.page?c\\_filepath=/templatedata/Offer\\_Presentation/3\\_Range\\_Datasheet/data/es/local/automation\\_and\\_control/magelis\\_xbt\\_gt.xml/](http://www.schneiderelectric.com.co/sites/colombia/es/productosservicios/automatizacioncontrol/ofertadeproductos/presentacionderango.page?c_filepath=/templatedata/Offer_Presentation/3_Range_Datasheet/data/es/local/automation_and_control/magelis_xbt_gt.xml/) [Consulta: 2010-03-17]

- [22] Familiarizándose con Vijeo-Designer. [Página de Internet].  
[http://www.infoplcn.net/Descargas/Descargas\\_Schneider/Descargas-Modicon.htm](http://www.infoplcn.net/Descargas/Descargas_Schneider/Descargas-Modicon.htm)  
[Consulta: 2010-03-13].
- [23] Cilindro MI16X100-S-CA. [Página de Internet].  
<http://www.industriasasociadas.com/Airtac/Pdf/48-51.pdf/> [Consulta: 2010-03-10].
- [24] Válvula 4V120-06. [Página de Internet].  
<http://www.industriasasociadas.com/Airtac/Pdf/98-105.pdf/> [Consulta: 2010-03-10].
- [25] GÓMEZ F. Luis B. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL. Principios y Aplicaciones del PLC. Pág 7.
- [26] DEPPERT, W. y STOLL, K. Dispositivos Neumáticos: introducción y fundamentos. Editorial Marcombo Boixareu Editores. Barcelona, 1994. Pág 188.
- [27] VALENCIA G, Hernán. Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Controladores Lógicos Programables. Colombia, Primera edición, 1992, Universidad Pontificia Bolivariana.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A. MANUAL DE OPERACIÓN**

### **MÁQUINA PARA CORTAR CAJAS DE CARTÓN CON PLC**

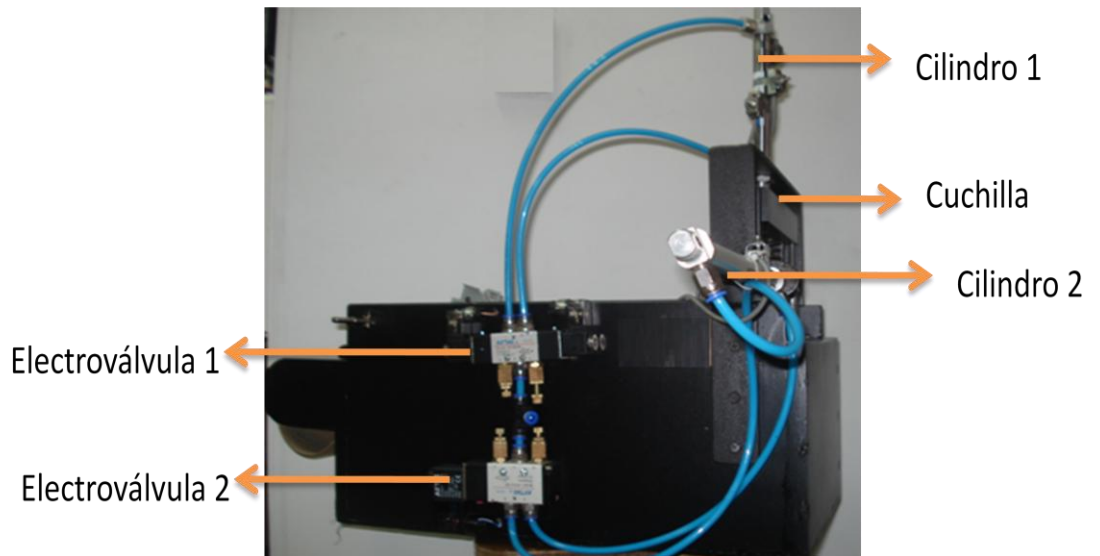
**PRECAUCIÓN:** PARA EVITAR DESCARGAS ELÉCTRICAS, INTRODUCIR TOTALMENTE TODOS LOS CONECTORES.

#### **TABLA DE CONTENIDO**

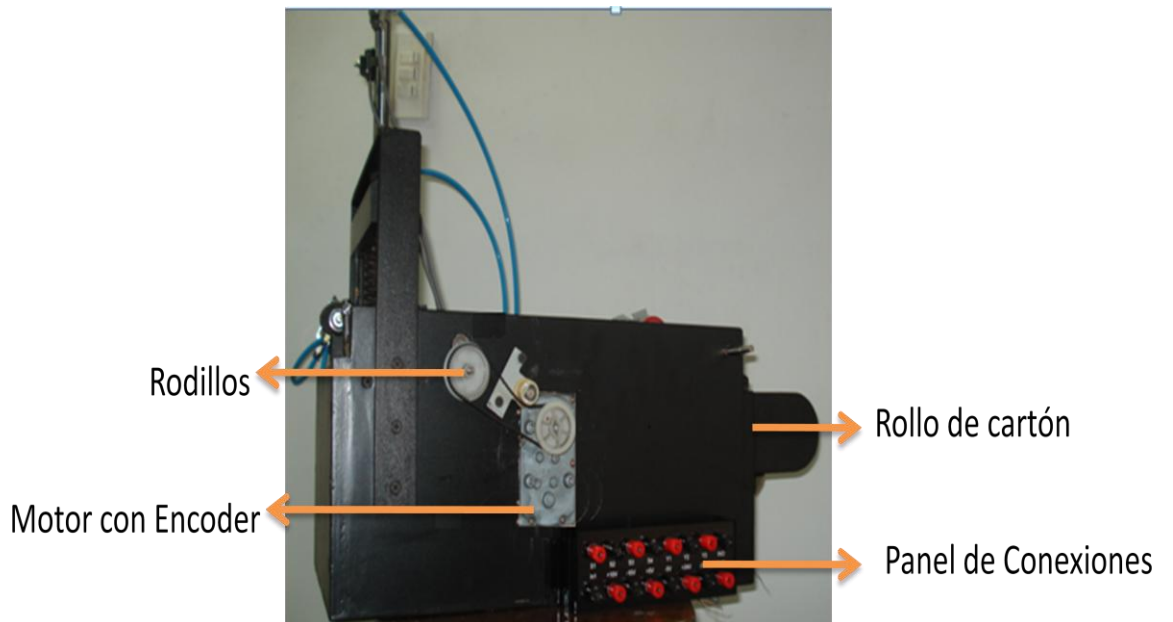
|                                          | <b>Pág.</b> |
|------------------------------------------|-------------|
| <b>1. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO.....</b>    | <b>58</b>   |
| <b>2. RECOMENDACIONES PREVIAS.....</b>   | <b>60</b>   |
| <b>3. MODO DE OPERACIÓN SEGURA.....</b>  | <b>61</b>   |
| <b>4. INTERFAZ DE LA APLICACIÓN.....</b> | <b>62</b>   |

## 1. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO

**Figura 1. Sección Lateral Izquierda**



**Figura 2. Sección Lateral Derecha**



**Figura 3. Panel de Conexiones**



**Tabla 1. Generalidades Panel de Conexiones**

|      |                                         |
|------|-----------------------------------------|
| S1   | S1: Sensor 1, cilindro 1                |
| S2   | S2: Sensor 2, cilindro 1                |
| S3   | S3: Sensor 3, cilindro 1                |
| S4   | S4: Sensor 4, cilindro 2                |
| Y1   | Electroválvula 1, cilindro 1            |
| Y2   | Electroválvula 2, cilindro 1            |
| Y3   | Electroválvula 3, cilindro 2            |
| +10V | 10V Circuito control de giro            |
| -10V | Referencia fuente 10V                   |
| +5V  | 5V Fuente encoder                       |
| -5V  | Referencia fuente 5V                    |
| IN0  | Entrada 0 del PLC                       |
| IN1  | Entrada 1 del PLC                       |
| +24V | Fuente PLC y común conexión de sensores |
| -24V | Referencia                              |
| GND  | Común electroválvulas, 2FU              |

## 2. RECOMENDACIONES PREVIAS

Para lograr una operación segura del sistema es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

- ✓ Velar por que cualquiera que utilice el módulo comprenda el presente manual de operación y respete las instrucciones de seguridad.
- ✓ Verifique que el sistema no se encuentre energizado. Inspeccione irregularidades.
- ✓ Evalúe que el motor no esté expuesto a condiciones de humedad o corrosión.
- ✓ Verifique que el rollo de cartón esté en el rodillo respectivo, igualmente asegure que el extremo se encuentre en posición, dentro del canal de madera, y llegue hasta los rodillos.
- ✓ Revise que la cuchilla y el patín se encuentren alineados y firmemente sujetos.
- ✓ Antes de iniciar el sistema inspeccione las conexiones que van del panel de conexiones hacia el tablero, cables de alimentación, mangueras de suministro de aire y demás accesorios. Si algún elemento presenta irregularidades informe al docente y realice los cambios necesarios.
- ✓ Verifique que no haya presencia de líquido en el compresor de aire.
- ✓ Conecte de forma adecuada y prudente los dispositivos de alimentación del sistema (polarización de las fuentes +5V y +10V). Igualmente las

mangueras de suministro de aire deben estar aseguradas a las respectivas electroválvulas.

- ✓ Para realizar el mantenimiento de la maquina se requiere que ésta se encuentre apagada, para que no se presenten riesgos en la integridad del operario.

### **3. MODO DE OPERACIÓN SEGURA**

- Abra la llave de paso para suministrar aire al sistema.
- Compruebe que los cilindros se encuentren contraídos.
- Compruebe que la pantalla se encuentre conectada al sistema.
- Encender el sistema a través del taco ON/OFF ubicado en la parte superior derecha del tablero de control.
- Abrir el programa Twido, cargar el programa, dar clic en el botón *debug* para hacer la conexión, por medio de Ethernet, con el PLC.
- Transferir el programa al PLC y dar clic en RUN.
- Introducir las dimensiones de la caja por medio de la pantalla.
- Activar el botón azul en la pantalla para energizar el contador.
- Activar el botón verde en la pantalla para inicializar el proceso.

- Activar el botón rojo en la pantalla en caso de que se presente una falla en el sistema o se requiera de una parada de emergencia. Para repetir el proceso debe presionar el botón azul y verde respectivamente.
- Al finalizar dar clic en STOP y posteriormente se da clic en desconectar para volver al programa y allí se da clic sobre el botón salir.
- Apagar el sistema con el taco ON/OFF del tablero.
- Al momento de terminar el proceso de la realización de la caja, se debe observar el estado de las conexiones y de los elementos de la máquina para mantener un adecuado equipo de trabajo. Periódicamente revisar las conexiones de los elementos de la máquina, tanto de control como de instrumentación, para evitar que se presente corrosión o daño en algún elemento.

#### 4. INTERFAZ DE LA APLICACIÓN

**Figura 4. Guía Tamaño de la Caja**



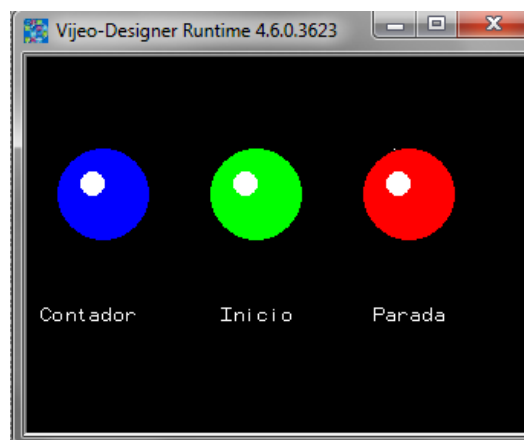
La figura 5 muestra la pantalla donde se encuentran las variables L1, L2 y L3 para variar el tamaño de la caja.

**Figura 5. Tamaño Partes de la Caja**



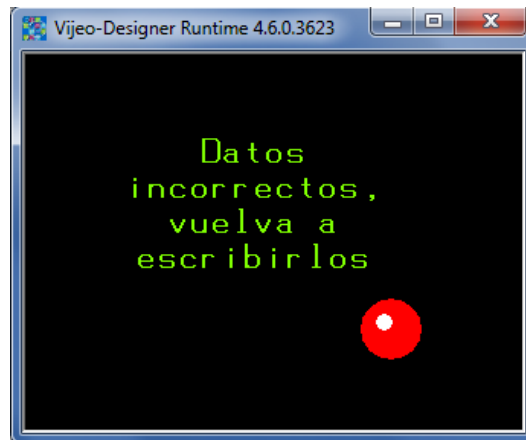
Para inicializar el proceso se debe oprimir primero el botón azul que es para cargar los números e inicializar el contador, luego se oprime el botón verde que inicia el proceso de la realización de la caja, el botón rojo es para la parada de emergencia.

**Figura 6. Inicializaciones**

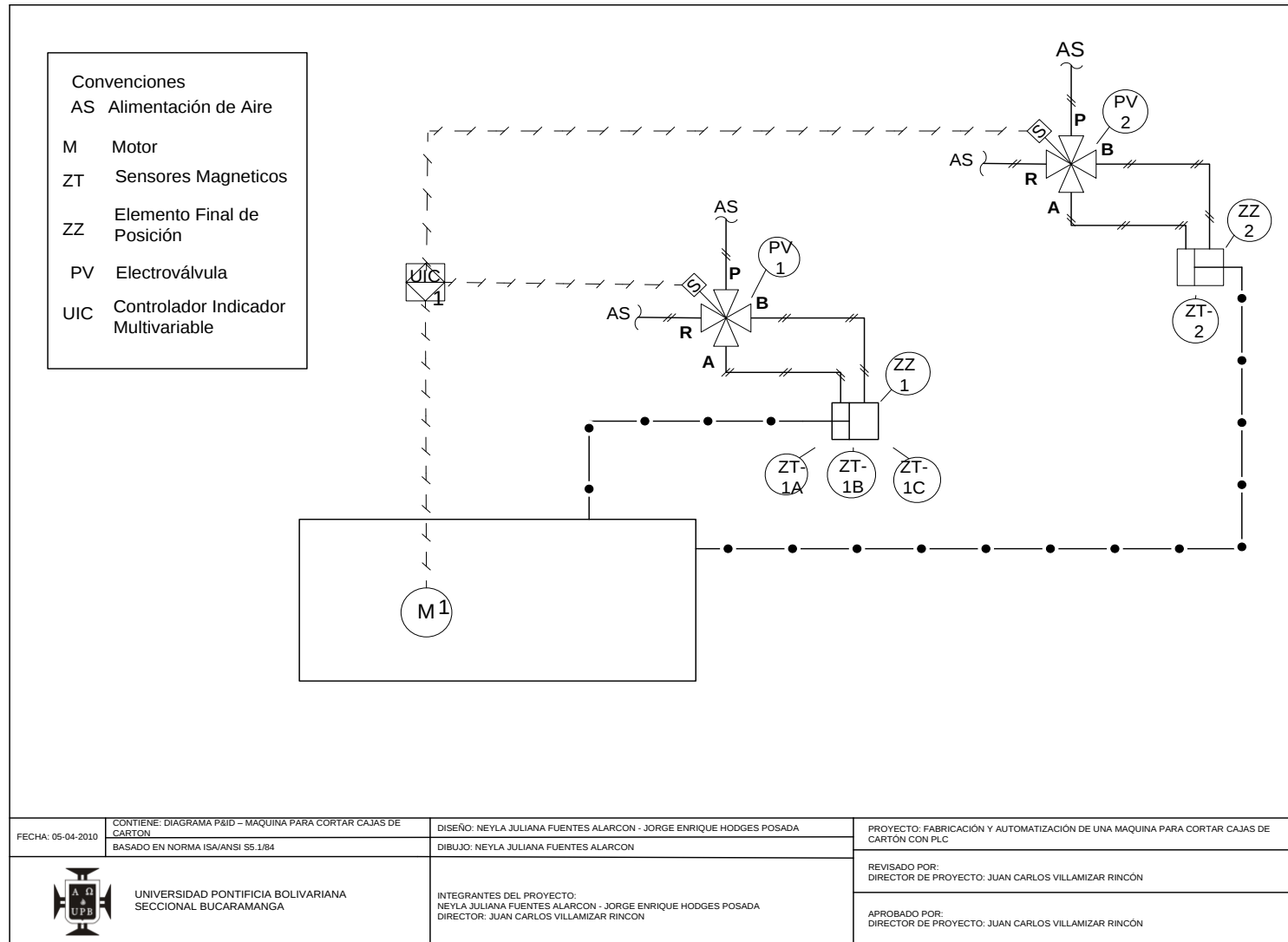


Al momento de que el usuario digite un dato erróneo y/o este incurra en el mal funcionamiento de los procesos, aparecerá la pantalla mostrada en la figura 7 donde el usuario tendrá que volver a indicar los valores u oprimir la parada de emergencia.

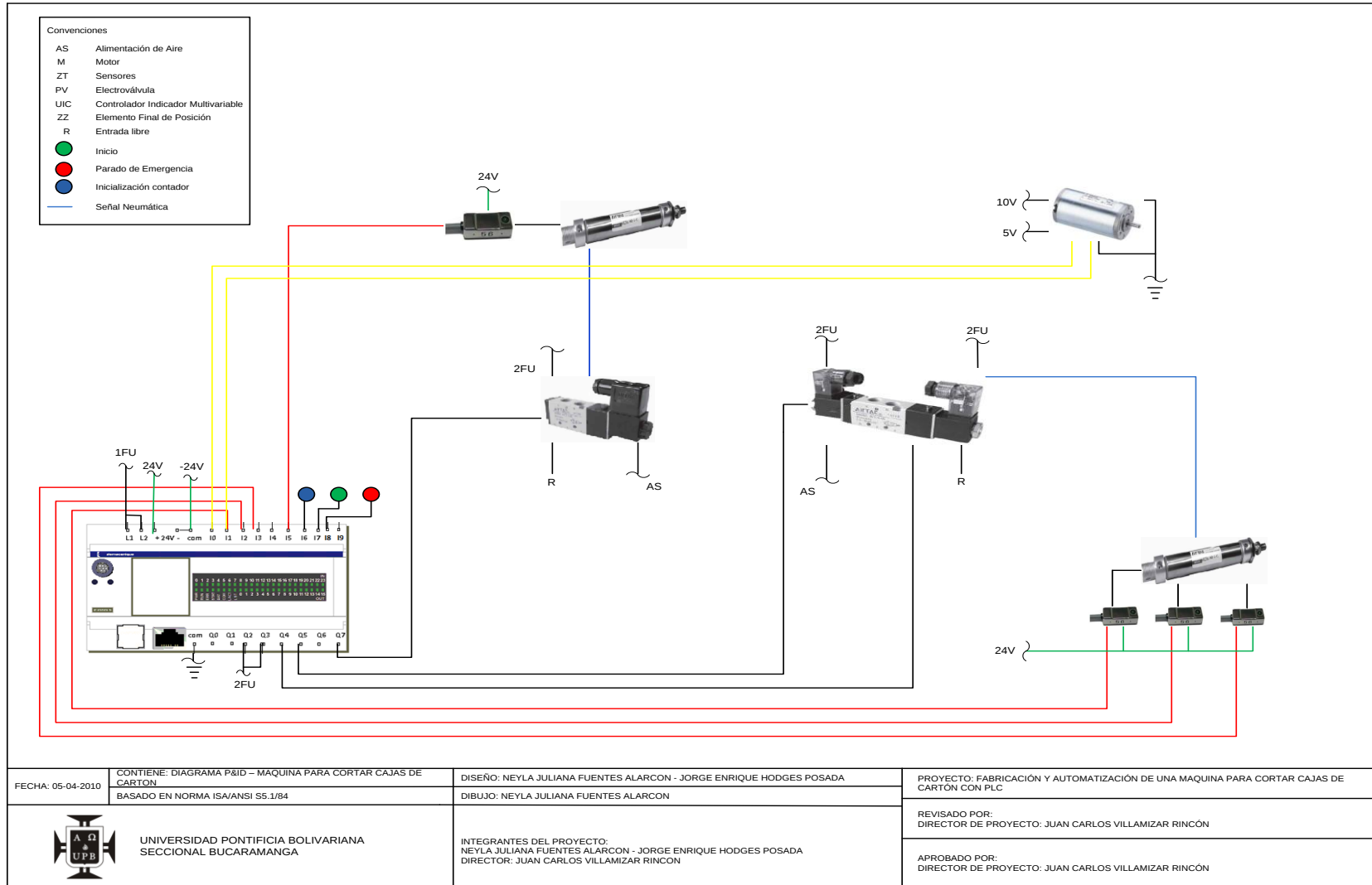
**Figura 7. Pantalla Datos Incorrectos [5]**



## ANEXO B. PLANO P&ID DE LA MÁQUINA



## ANEXO C. DIAGRAMA DE CONEXIONES



## ANEXO D. PROGRAMA TWIDO SUITE

