

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA MODULAR FLEXIBLE DE  
CLASIFICACIÓN DE PIEZAS CON PLC'S SIMATIC (SIEMENS), PARA EL  
APRENDIZAJE DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**AUTORES:  
RONALD ISMAEL LÓPEZ ORTIZ  
JHONY JAVIER MASABANDA PINZA**

**DIRECTORA:  
CELI SÁNCHEZ CARMEN JOHANNA**

**Quito, diciembre de 2013**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE GRADO**

Nosotros, Ronald Ismael López Ortiz y Jhony Javier Masabanda Pinza autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

-----  
Ronald Ismael López Ortiz  
CC: 1723502488

-----  
Jhony Javier Masabanda Pinza  
CC: 1718423153

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por haberme regalado sus bendiciones durante toda mi vida especialmente por mantenerme constante en mi vida estudiantil.

A mis padres Jorge y Cecilia, por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida y por ser la fuente de inspiración. A mi hermano Steven que a pesar de la distancia me brindo su ánimo y alegría, a mis amigos y compañeros que han estado presentes durante el desarrollo del proyecto.

Ronald López

Con todo mi cariño y afecto a mi familia que siempre me brindan su apoyo dándome aliento para surgir en todo momento esto es gracias a ustedes.

En especial a mis padres por ser el pilar que guía mi vida con su ejemplo.

Jhony Masabanda

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra tutora Ing. Johanna Celi, por su amistad, su apoyo y su dirección en este período universitario y en especial en este proyecto de titulación. A nuestro Ing. Roberto Pérez Checa por su amplia colaboración y enseñanzas durante el desarrollo del proyecto de titulación.

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1.....	2
OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN .....	2
1.1    Objetivo general.....	2
1.2    Objetivos específicos .....	2
1.3    Justificación del proyecto.....	2
CAPÍTULO 2.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1    ¿Qué es un PLC?.....	3
2.1.1    Clasificación de los PLC's por su estructura externa: .....	3
2.1.1.1    Diseño compacto.....	3
2.1.1.2    Diseño modular .....	4
2.1.2    Elementos que conforman un PLC: .....	4
2.1.2.1    CPU.....	4
2.1.2.2    Fuente de alimentación .....	4
2.1.2.3    Módulos de entrada.....	4
2.1.2.4    Módulos de salida .....	4
2.1.2.5    Interfaces.....	5
2.1.3    Funcionamiento del PLC. ....	5
2.1.3.1    Proceso inicial.....	5
2.1.3.2    Ciclo de scan .....	5
2.1.4    PLC Simatic S7 200 – CPU 222. ....	6
2.1.4.1    Características del PLC Simatic S7-200 CPU 222 .....	7
2.1.5    Módulo de expansión EM 235 .....	8
2.1.5.1    Calibración de las entradas en el módulo EM 235.....	8
2.1.6    Módulo de expansión EM 222 .....	9
2.1.7    Interface de comunicación PC/PPI .....	10
2.1.7.1    Características principales.....	10
2.1.8    Fuente de alimentación logo para el PLC .....	11
2.2    Sensores utilizados en el módulo didáctico .....	12
2.2.1    ¿Qué es un sensor fotoeléctrico?.....	12
2.2.1.1    Sensor fotoeléctrico modo difuso .....	12
2.2.1.2    Sensor fotoeléctrico modo convergente .....	12
2.2.1.3    Sensor fotoeléctrico de prescencia modo de campo fijo y ajustable.....	13

2.2.2	Sensor inductivo.....	14
2.2.3	Sensor de proximidad infrarrojo .....	15
2.2.4	Sensor de contacto .....	16
2.2.5	Sensor de presión PX 791 .....	17
2.2.5.1	Diafragma externo .....	17
2.2.5.2	Transmisor capacitivo .....	18
2.3	Actuadores utilizados en el módulo didáctico .....	19
2.3.1	Motores DC.....	19
2.3.1.1	Principio de funcionamiento .....	19
2.3.2	Tipos de motores DC utilizados.....	20
2.3.2.1	Motor DC con caja reductora tipo L .....	20
2.3.2.2	Motores paso a paso.....	21
2.3.2.3	Servomotor.....	23
CAPÍTULO 3.....		25
MÓDULO DIDÁCTICO .....		25
3.1	Diseño del módulo didáctico.....	26
3.1.1	Unidad de distribución .....	26
3.1.2	Unidad de transporte .....	27
3.1.3	Unidad de transferencia .....	28
3.1.4	Unidad giratoria (disco rotativo).....	29
3.1.5	Unidad de almacenamiento.....	30
3.1.6	Piezas didácticas .....	31
3.1.7	Drivers de control .....	33
3.1.7.1	Driver de control para los pistones .....	33
3.1.7.2	Driver para el control de motores paso a paso y servomotor .....	37
3.1.7.3	Driver de control del sensor analógico de altura.....	43
3.1.8	Comunicación entre los PLC's utilizando el asistente Netw de Step 7 .....	43
3.1.8.1	Cable Profibus.....	44
3.1.8.2	Pasos para configuración del PLC maestro.....	45
3.1.8.3	Configuración del PLC esclavo .....	49
3.2	Cableado de sensores y actuadores en el PLC .....	50
3.2.1	Cableado de sensores .....	50
3.2.2	Cableado de actuadores.....	50
3.2.3	Cableado de alimentación a los PLC's y módulos de expansión.....	50

CAPÍTULO 4.....	51
PRUEBAS Y ANÁLISIS .....	51
4.1    DEMO implementado .....	51
4.2    Programa implementado en Step 7 .....	51
4.2.1    Programa del PLC maestro. ....	52
4.2.2    Programa del PLC esclavo .....	56
4.3    Análisis del DEMO .....	71
4.4    Análisis de costos.....	72
CONCLUSIONES .....	73
RECOMENDACIONES .....	74
LISTA DE REFERENCIA .....	75
ANEXOS .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de scan. ....	5
Figura 2: Familia de PLC SIMATIC S7 y su comparación. ....	6
Figura 3: Módulo de expansión EM 235 modo de conexión. ....	8
Figura 4: Frecuencia de oscilador interrumpida por un objeto metálico.....	15
Figura 5: Estructura de un sensor de contacto .....	16
Figura 6: Estructura del diafragma externo tipo membrana.....	18
Figura 7: Diagrama de bloques del transmisor capacitivo .....	19
Figura 8: Motor DC .....	20
Figura 9: Mecanismo cremallera- piñón .....	21
Figura 10: Posiciones principales del servomotor. ....	23
Figura 11: Módulo didáctico.....	25
Figura 12: Unidades del módulo didáctico .....	26
Figura 13 Clasificación general de las piezas didácticas .....	32
Figura 14: Drivers de control. ....	33
Figura 15: Diseño para el control de motores DC tipo L.....	35
Figura 16: Diseño para el control de motores paso a paso y servomotor.....	39
Figura 17: Diseño del sensor analógico de altura. ....	43
Figura 18: Estructura del cable Profibus.....	44
Figura 19: Asistente de operaciones en Step7 .....	45
Figura 20: Configuración del asistente de operaciones.....	45
Figura 21: Configuración de operaciones de red .....	46
Figura 22: Configuración de puertos y nombre .....	46
Figura 23: Configuración del tipo de operación y datos.....	47
Figura 24: Asignación de la memoria a la red .....	47
Figura 25: Confirmación del asistente de operaciones .....	48
Figura 26: Programa en Step 7 para el PLC maestro.....	48
Figura 27: Configuración de la dirección de red del PLC esclavo.....	49
Figura 28: Programa en Step 7 para el PLC esclavo.....	50
Figura 29: Programa del PLC maestro.....	52
Figura 30: Programa del PLC esclavo .....	56



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características del PLC Simatic S7-200 CPU 222 .....	7
Tabla 2: Características módulo de expansión EM-222 .....	9
Tabla 3: Identificación de pines interface de comunicación PC/PPI .....	10
Tabla 4: Características principales cable de comunicación PC/PPI .....	10
Tabla 5: Características fuente de alimentación LOGO .....	11
Tabla 6: Características principales del sensor fotoeléctrico modo difuso. ....	12
Tabla 7: Características principales sensor fotoeléctrico de presencia VTE18-4N2212 .....	13
Tabla 8: Características principales sensor fotoeléctrico de fibra óptica E3X-NA41 .....	14
Tabla 9: Características principales sensor inductivo PR12-4DN .....	15
Tabla 10: Características principales sensor de proximidad Sharp 2y0a21 f 06.....	16
Tabla 11: Características importantes Sensor de presión PX 791.....	17
Tabla 12: Características Motor DC con caja reductora tipo L .....	20
Tabla 13: Características Motor paso a paso pequeño. ....	22
Tabla 14: Características Motor paso a paso grande.....	22
Tabla 15: Características principales del servomotor Hitec HS-311 .....	24
Tabla 16: Características importantes de la unidad de distribución.....	27
Tabla 17: Características importantes de la unidad de transporte. ....	28
Tabla 18: Características importantes de la unidad de transferencia. ....	29
Tabla 19: Características importantes de la unidad giratoria. ....	30
Tabla 20: Características importantes de la unidad de almacenamiento.....	31
Tabla 21: Clasificación de piezas didácticas según los sensores utilizados.....	31
Tabla 22: Características del controlador L293D .....	34
Tabla 23: Características importantes TIP 122 .....	38
Tabla 24: Velocidades de transmisión del cable Profibus. ....	44
Tabla 25: Costos del proyecto.....	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Combinación de pines del Dip switch del módulo EM 235.....	77
Anexo 2: Secuencia de activación wave drive para motor paso a paso .....	77
Anexo 3: Conexión de los sensores al PLC1 .....	78
Anexo 4: Conexión de los sensores al PLC 2 .....	79
Anexo 5: Conexión de los actuadores al PLC 1.....	79
Anexo 6: Conexión de los actuadores al PLC 2.....	79
Anexo 7: Conexión de alimentación para los PLC's y módulos de expansión.....	79
Anexo 8: Soporte de banda y banda transportadora.....	79
Anexo 9: Soporte de la banda .....	79
Anexo 10: Piezas individuales del módulo didáctico .....	79

## **RESUMEN**

Este proyecto describe el diseño y construcción de un sistema modular flexible de clasificación de piezas utilizando dos PLC's Simatic S7-200 (Siemens), de CPU 222, para el aprendizaje de automatización industrial.

Capítulo 1: trata sobre los objetivos a cumplir y su justificación.

Capítulo 2: analiza la parte teórica, los fundamentos que se emplean para la realización del proyecto, desde los PLC's utilizados, actuadores y sensores empleados.

Capítulo 3: abarca todo el diseño mecánico y eléctrico del módulo didáctico, sus estaciones individuales y la comunicación que se establece entre los dos autómatas programables.

Capítulo 4: se refiere a las pruebas realizadas en el módulo didáctico mediante un DEMO que abarca todas las funciones que se pueden desarrollar, y sus respectivas recomendaciones de seguridad.

Finalmente están las conclusiones y recomendaciones sobre el módulo didáctico.

## **ABSTRACT**

This project describes the design and construction of a flexible modular system of classification of pieces using two PLC Simatic S7-200 (Siemens), CPU 222, for industrial automation learning.

Chapter 1: chapter one discusses the objectives to be met and their justification.

Chapter 2: in chapter two discusses the theoretical part, the fundamentals that are used for the realization of the project from the PLC's used, actuators and sensors used.

Chapter 3: the third chapter covers all mechanical and electrical design of the training module, their individual stations and communication established between the two PLC's.

Chapter 4: chapter four refers to tests conducted in the training module through a DEMO that includes all the functions that can be developed, and their respective safety recommendations.

Finally there are the conclusions and recommendations on the training module.

## **INTRODUCCIÓN**

La automatización industrial en el Ecuador requiere cada vez más profesionales que cumplan con los conocimientos necesarios para realizar procesos de control en equipos de automatización industrial.

Para llevar a cabo un proceso de automatización industrial se requiere del uso de herramientas tales como: software de programación y elementos de campo.

En el proyecto se realizará la implementación de un módulo didáctico el cual ejecutará un programa de clasificación de piezas en base a sensores y actuadores, este módulo es aplicable a los requerimientos de un entorno industrial real como por ejemplo: procesos de producción de alimentos, bebidas, líneas de fabricación de automóviles, etc.

# **CAPÍTULO 1**

## **OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN**

### **1.1 Objetivo general**

Construir un sistema modular flexible de clasificación de piezas con PLC's Simatic, para el aprendizaje de automatización industrial.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Diseñar e implementar el Hardware de un sistema automático de clasificación de piezas utilizando sensores analógicos y digitales.
- Desarrollo del programa lógico para controlar el proceso de clasificación, en los PLC's Simatic S7-200.
- Diseño y construcción de controladores electrónicos de motores DC (Drivers) para el sistema.
- Diseño e implementación de un sistema de comunicación entre los PLC's.

### **1.3 Justificación del proyecto**

La Universidad Politécnica Salesiana ha tenido una gran demanda estudiantil en especial los laboratorios de automatización industrial y de MPS, la capacidad instalada de la universidad no logra abastecer dicha demanda por los altos costos de equipamiento.

Se propone una solución para el problema, el diseño de un módulo flexible para prácticas de automatización industrial con la utilización de los PLC's SIMATIC 200, este sistema modular flexible para la clasificación de piezas: por su peso, altura y color, se basa en sensores analógicos y digitales, actuadores, banda transportadora, infraestructura de almacenamiento y una programación básica en los PLC's.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ¿Qué es un PLC?**

Es un autómata lógico programable, orientado a controlar procesos secuenciales y continuos, relacionando entradas y salidas analógicas o digitales según el interés del usuario.

##### **Ventajas**

- Mayor rapidez de respuesta y detección de errores.
- Optimización del espacio de trabajo y del cableado.
- Mayor facilidad para el mantenimiento y puesta a punto.
- Flexibilidad en la programación y mantenimiento.
- Reducción de costos.

##### **Desventajas**

- Capacitación del operador.
- Costo elevado para pequeñas aplicaciones (Acosta, 2005, págs. 1-2)

#### **2.1.1 Clasificación de los PLC's por su estructura externa**

##### **2.1.1.1 Diseño compacto**

Este modelo hace referencia a que todas sus unidades (fuente de alimentación, CPU, unidad de entradas, etc.) se encuentran en un solo bloque, debido a esto, su costo en el mercado es más barato. Un inconveniente de esta estructura compacta es que no es posible su ampliación.

### **2.1.1.2 Diseño modular**

En este modelo, cada unidad del PLC se presenta por módulos separados. La gran ventaja es la facilidad de ampliación de los elementos de entrada y salida según la necesidad del programador.

### **2.1.2 Elementos que conforman un PLC:**

- 1) CPU
- 2) Fuente de alimentación
- 3) Módulos de entrada
- 4) Módulos de salida
- 5) Interfaces

#### **2.1.2.1 CPU**

Se considera el cerebro del PLC, aquí se ejecuta la lógica de programación, a través del procesador y la memoria, relacionando las entradas con las salidas que intervienen en el proceso.

#### **2.1.2.2 Fuente de alimentación**

Esta unidad acopla los valores de voltaje de la red convencional (110/220 v AC, 50 Hz) a los valores de trabajo del autómatas normalmente 24 v DC.

#### **2.1.2.3 Módulos de entrada**

Por este módulo se reciben las señales procedentes desde el exterior hacia el PLC, luego se las normaliza para que sean reconocidas por la CPU.

#### **2.1.2.4 Módulos de salida**

En este módulo se envían las señales desde el CPU del autómatas hacia el exterior, es decir a los actuadores.



### 2.1.2.5 Interfaces

Son canales de comunicación con otros dispositivos o con el exterior por ejemplo: PLC-PC, PLC-PLC, PLC – HMI, etc.

### 2.1.3 Funcionamiento del PLC

El ciclo de funcionamiento del PLC se divide en dos partes: proceso inicial y ciclo de scan.

#### 2.1.3.1 Proceso inicial

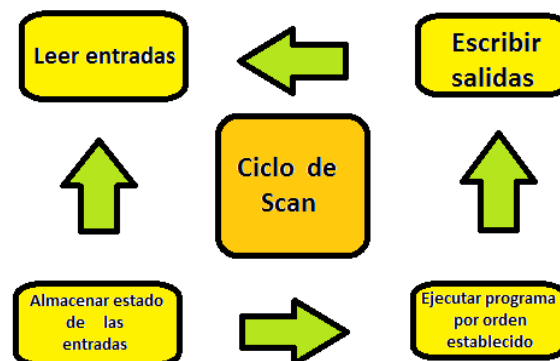
En este proceso se realizan acciones de inicialización interna y externa del autómata las cuales incluyen:

- 1) Comprobar el estado de conexión del bus de las unidades de E/S.
- 2) Comprobar el nivel de la batería, si esta existe en el PLC.
- 3) Verificar la conexión de las memorias internas del sistema.
- 4) Verificar el módulo de memoria exterior.

Si se encontrara alguna falla en alguno de estos ítems mencionados, se encenderá el LED de error en el CPU del autómata y se registraría el código de error.

#### 2.1.3.2 Ciclo de scan

Figura 1: Ciclo de scan



Fuente: (Herrera, 2008, pág. 6)

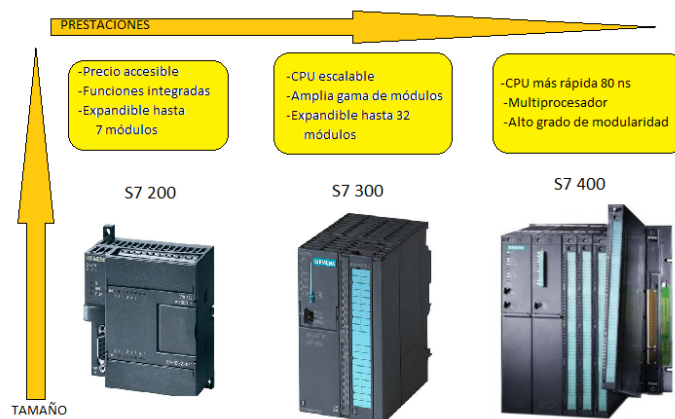
Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

- 1) Se leen todos los valores en las entradas y se almacena dicho estado.
- 2) Se ejecutan todas las operaciones realizadas en el programa, siguiendo el orden específico del programador.
- 3) Se escribe el resultado de ejecución del programa en las salidas del autómata.
- 4) El ciclo de scan permanece activo hasta que el conmutador del PLC pase a modo stop. (Herrera, 2008, págs. 3-6)

#### 2.1.4 PLC Simatic S7 200 – CPU 222

Se considera un autómata programable de gama baja, tamaño pequeño y prestaciones suficientes para aplicaciones didácticas.

Figura 2: Familia de PLC SIMATIC S7 y su comparación



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

#### 2.1.4.1 Características del PLC Simatic S7-200 CPU 222

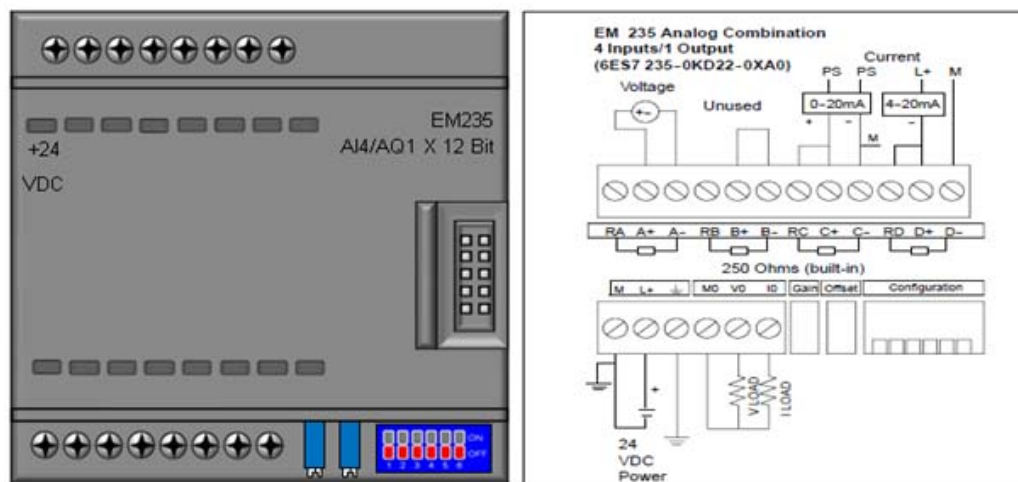
Tabla 1: Características del PLC Simatic S7-200 CPU 222

Características	Dimensiones
Memoria de programa	4 Kbytes
Memoria de datos	2Kbytes
Tiempo de ejecución por instrucción binaria	0,22 micro- segundos
Marcas	256
Contadores	256
Temporizadores	256
Entradas /salidas digitales	8/6
Entradas salidas/ analógicas	Em235
Interfaz de comunicación	1 PPI (punto a punto)
Conectividad en red	AS- Interface Profibus DP Ethernet Internet modem
Reloj tiempo real	Opcional
Manejo y visualización HMI	Aplicable

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 2.1.5 Módulo de expansión EM 235

Figura 3: Módulo de expansión EM 235 modo de conexión



Fuente: (Universidad Don Bosco, 2013, pág. 2)  
Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Como se observa en la figura 3, se muestran las conexiones para la entrada, ya sea en modo de voltaje (unipolar, bipolar) o en corriente.

Este módulo incorpora la resistencia interna de 250 ohm, por lo que la conexión de los sensores se realiza directamente.

#### 2.1.5.1 Calibración de las entradas en el módulo EM 235

- Se apaga el módulo de expansión EM 235 y se elige el modo de trabajo en base a la combinación de pines del Dip switch como se muestra en el anexo 1.
- Se enciende la CPU y el módulo analógico, para una buena estabilización del módulo se debe esperar 15 minutos antes de empezar a trabajar.
- Utilizando una fuente de voltaje o corriente, establecemos un valor de cero a una de las entradas analógicas del módulo.
- Se visualiza el valor que la CPU ha obtenido en dicha entrada, con la ayuda de Step 7 Microwin.

- Se procede a calibrar el potenciómetro de OFFSET a un valor de cero o referencial.
- Nuevamente se conecta una fuente de voltaje o corriente, aplicamos el valor máximo al que vamos a trabajar, se lee dicho valor en la CPU con la ayuda de Step 7 Microwin.
- Se procede a calibrar el potenciómetro de GAIN a 32000 u otro valor referencial.
- Si no se obtiene la respuesta deseada, se vuelve a calibrar los potenciómetros de OFFSET Y GAIN. (Universidad Don Bosco, 2013, págs. 1-4)

### 2.1.6 Módulo de expansión EM 222

Es un módulo de expansión de salidas digitales tipo relé, que se conecta directamente al CPU del PLC mediante un bus de comunicaciones.

Tabla 2: Características módulo de expansión EM-222

Características	Dimensiones
Alimentación	20,4 – 28,8 v DC
Número de salidas disponibles	8
Tipo de salida	Relé
Rango de trabajo para las salidas	5-30 v DC ; 5 – 250 v AC
Corriente máxima de trabajo	8 A

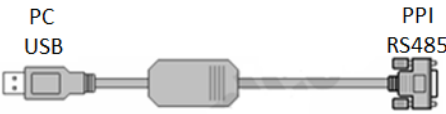
Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 2.1.7 Interface de comunicación PC/PPI

La interfaz de comunicación PC/PPI se utiliza para la conexión desde la computadora hacia el autómata, es decir transforma la señal RS-485 (PLC) a USB (PC).

Tabla 3: Identificación de pines interface de comunicación PC/PPI

Pin	Señal	Descripción
3	RxD/TxD+	Señal de dato B(RS485+)
8	RxD/TxD-	Señal de dato A(RS485-)
5	GND	GND



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

#### 2.1.7.1 Características principales

Tabla 4: Características principales cable de comunicación PC/PPI

Características	Dimensiones
Velocidad de transmisión	187,5 kbit/s; 9,6/19,2/18,5 kbit/s
Longitud del cable	3 m
Temperatura de trabajo	-20 to +75 grados Celsius
Led indicador	Estado de transmisión y recepción

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda


En el software Step 7 Microwin se puede modificar la velocidad de transmisión desde: 9,6; 19,2; 187,5 Kbytes /s. (Chinaplcable, 2010, págs. 2-4)

### 2.1.8 Fuente de alimentación logo para el PLC

Esta unidad alimenta al PLC y a los módulos de expansión, a continuación se muestran las características generales.

Tabla 5: Características fuente de alimentación LOGO

Características	Magnitudes
Voltaje de entrada	100- 240 VAC
Frecuencia de red	50- 60 Hz
Corriente de entrada	1,22 – 0,66 A
Voltaje de salida	24 VDC
Tolerancia de voltaje de salida	3%
Corriente de salida	2,5 A
Dimensiones (mm)	72x90x55
Peso	0,25 Kg
Protección contra cortocircuito	Si
Grado de protección	IP20



Fuente: (Octopart, 2004, pág. 4)

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

## 2.2 Sensores utilizados en el módulo didáctico

En este proyecto se utiliza los siguientes tipos de sensores fotoeléctricos:

- Sensor fotoeléctrico modo difuso.
- Sensor fotoeléctrico modo convergente.
- Sensor fotoeléctrico modo de campo fijo y ajustable.

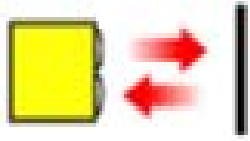

### 2.2.1 ¿Qué es un sensor fotoeléctrico?

Se lo denomina como un dispositivo que detecta y señala condiciones de cambio, una condición de cambio, se trata acerca de la presencia o ausencia de un objeto material.

#### 2.2.1.1 Sensor fotoeléctrico modo difuso

Incorpora emisor y receptor en una misma caja. Refleja de vuelta la luz del propio objeto detectado.

Tabla 6: Características principales del sensor fotoeléctrico modo difuso

Característica	Descripción
Voltaje de trabajo	5 v DC
Distancia de censado	50 mm
Tipo de salida	Digital
	

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

#### 2.2.1.2 Sensor fotoeléctrico modo convergente

Incorpora emisor y receptor en una misma caja. Refleja de vuelta la luz del propio objeto detectado, contiene un ajuste adicional para producir una pequeña y bien definida área de censado.



Tabla 7: Características principales sensor fotoeléctrico de presencia VTE18-4N2212

Características	Descripción
Rango	0 ... 0,2 m
Configuración de salida	NPN
Modos de funcionamiento	OSCURIDAD, LIGHT-ON
Modo de funcionamiento	reflexivo
Tensión de alimentación	10 ... 30 V DC
Corriente de trabajo máx.	100mA
Frecuencia de conmutación	250Hz máximo
Temperatura de trabajo	-25 ... 70 ° C
Características sensibilidad	Ajustable
Tipo de recepción de señal	Led infrarrojo
 	


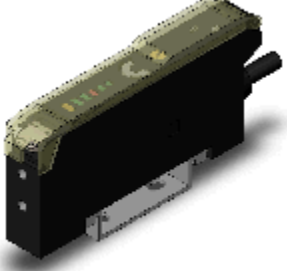
Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 2.2.1.3 Sensor fotoeléctrico de presencia modo de campo fijo y ajustable

Utiliza dos receptores y un circuito comparador que distingue la intensidad de la luz, mientras es más fuerte dicha intensidad el sensor la reconoce como la opción válida de sensado.

Tiene la posibilidad de detección de objetos de distintos colores y detección de objetos muy pequeños con gran precisión. (Electromática, 2012, págs. 1-2)

Tabla 8: Características principales sensor fotoeléctrico de fibra óptica E3X-NA41

Característica	Descripción
Distancia de detección	0 a 800 mm
Tensión de alimentación	12 a 24 V DC
Consumo de corriente	40 mA máx
Salida de control (Tipo de salida)	Salida colector abierto PNP
Salida de control (corriente de carga)	0 a 50 mA
	

Fuente: (Electromática, 2012, págs. 1-3)

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

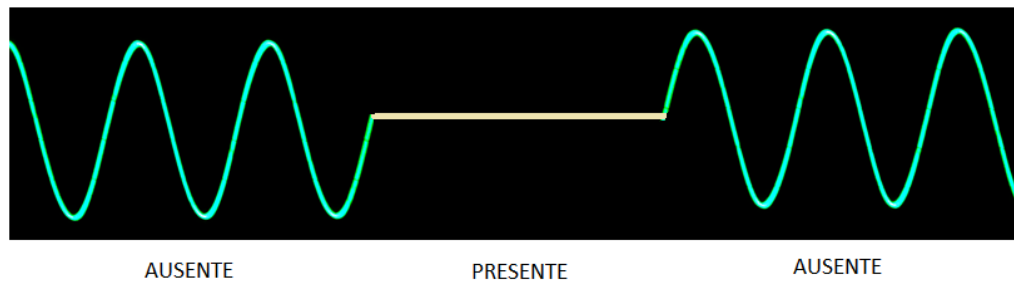
### 2.2.2 Sensor inductivo

Este elemento no solo proporciona una salida digital (ON-OFF), también nos entrega una señal analógica proporcional a la distancia a la que el objeto se va a sensor.

Un sensor inductivo genera un campo magnético cambiante de alta frecuencia alterado por una bobina que forma parte de un circuito de resonancia, si la pieza de metal entra en zona del campo magnético cambiante, genera pérdidas por corrientes circulantes en la pieza


Esto hace que el circuito de resonancia se altere. (Donayre, 2010, págs. 1-4)

Figura 4: Frecuencia de oscilador interrumpida por un objeto metálico



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Tabla 9: Características principales sensor inductivo PR12-4DN

Características	Descripción
Entrada del sensor	Inductivo
Rango máximo de sensado	4mm
Voltaje de alimentación DC Min	10
Voltaje de alimentación DC Max	30
Respuesta de frecuencia máxima	500 Hz
Salida del sensor	NPN
	

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 2.2.3 Sensor de proximidad infrarrojo

Se lo denomina como un transductor que tiene como objetivo el detectar señales que se encuentran cerca del elemento sensor.

Compuesto de un receptor de rayos infrarrojos los que suelen ser un fototransistor o un fotodiodo, la señal de salida del sensor es utilizada por un circuito que la amplifica, tomando una fácil lectura de dicha señal. (Xbot, 2006, págs. 1-3)

Tabla 10: Características principales sensor de proximidad Sharp 2y0a21 f 06

Características	Descripción
Tensión de alimentación	5V
Terminal de salida de voltaje VO	0-5V
Rango	10-80cm
Tiempo de respuesta	39 ms
Consumo medio de corriente	30 mA
	

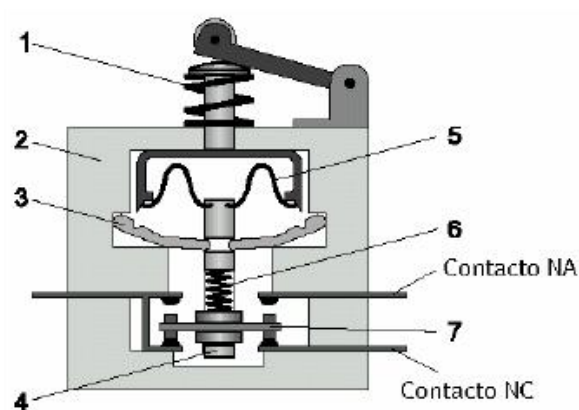
Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

#### 2.2.4 Sensor de contacto

Es conocido también como interruptor de límite (ON-OFF). Estos son dispositivos de tipo eléctrico, neumático o mecánicos que están situados en el final del recorrido de un elemento móvil.

Internamente pueden contener interruptores en estado abierto o cerrado, en otros casos conmutadores, dependiendo de la configuración que sea necesaria. (ISA, 2005, pág. 17)

Figura 5: Estructura de un sensor de contacto




Elaborado por: (ISA, 2005, pág. 17)

1. Resorte
2. Soporte
3. Leva de accionamiento
4. Eje
5. Resorte de copa
6. Resorte de presión
7. Contacto móvil

### 2.2.5 Sensor de presión PX 791

El sensor PX791 está formado por un elemento mecánico llamado diafragma y por su transmisor capacitivo.

Tabla 11: Características importantes Sensor de presión PX 791

Características	Descripción
Alimentación	10-36 v DC
Salida	Voltaje: 1-5 v DC; 1-6 v DC Corriente : 4- 20 mA Radiométrica ( mV/V)
Diafragma externo	Tipo membrana
Transmisor interno	Si
Número de cables para la conexión	4
	

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

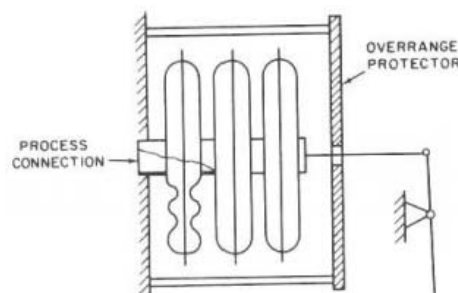
#### 2.2.5.1 Diafragma externo

El diafragma consiste en una o varias cápsulas circulares conectadas rígidamente entre sí por soldadura, de forma que al aplicar presión, cada cápsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos son amplificados por un juego de palancas.

El sistema trabaja de tal modo que, al aplicar presión, el movimiento se aproxima a una relación lineal en un intervalo de medida lo más amplio posible con un mínimo de histéresis y de desviación permanente en el cero del instrumento.

El material del diafragma es normalmente aleación de níquel o inconel x .Se utiliza para pequeñas presiones.

Figura 6: Estructura del diafragma externo tipo membrana



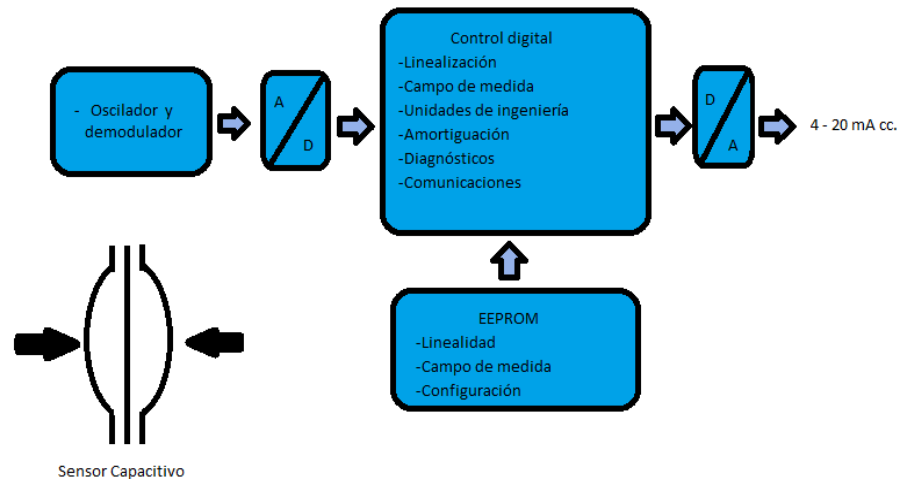
Fuente: (Inele, 2002, pág. 7)

#### 2.2.5.2 Transmisor capacitivo

Un transmisor capacitivo trabaja en base a la variación de capacidad que se produce en un capacitor formado por dos placas fijas y un diafragma sensible interno y unido a las mismas, cuando se les aplica una presión o presión diferencial a través de dos diafragmas externos.

La transmisión de la presión del proceso se realiza a través de un fluido (aceite) que rellena el interior del capacitor, el desplazamiento del diafragma sensible es de sólo 0,1 mm como máximo. Un circuito formado por un oscilador y demodulador transforma la variación de capacidad en señal analógica. Ésta a su vez es convertida a digital, y pasa después a un microprocesador inteligente que la transforma a la señal analógica de transmisión de 4-20 mA. (Solé, 1997, págs. 80-84)

Figura 7: Diagrama de bloques del transmisor capacitivo



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

## 2.3 Actuadores utilizados en el módulo didáctico

### 2.3.1 Motores DC

Un motor DC es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

Para accionar un motor DC es necesario alimentar con tensión suficiente los bornes correspondientes.

Para invertir el sentido de giro basta con invertir la polaridad de los cables de alimentación.

#### 2.3.1.1 Principio de funcionamiento

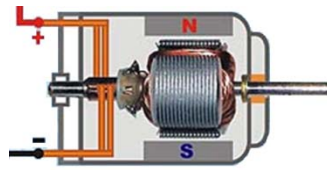
Al excitar el estator con una corriente eléctrica se crea un campo magnético y por lo tanto aparecerán los polos N y S.

En el rotor, los polos N-S, buscarán a los polos S-N del estator para lograrla posición de equilibrio magnético.

Cuando el rotor alcanza la posición de equilibrio, el estator cambia la orientación de sus polos y se trata de encontrar la nueva posición de equilibrio por parte del rotor.

Manteniendo esta situación se consigue un movimiento continuo.

Figura 8: Motor DC



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda


### 2.3.2 Tipos de motores DC utilizados

- Motor DC con caja reductora tipo L
- Motor a paso unipolar
- Servomotor (Todorobot, 2001, págs. 1-2)

#### 2.3.2.1 Motor DC con caja reductora tipo L

Este tipo de motor DC consiste en un sistema de engranes o piñones conectados entre sí al eje del motor, esto permite reducir la velocidad de giro del motor, para obtener más torque. (Villaroel, 2010, págs. 1-2)

Tabla 12: Características Motor DC con caja reductora tipo L

Características	Descripción
Voltaje de operación	3 a 12 v DC
Velocidad de trabajo	120 RPM
Consumo de corriente	200 mA
Torque	0,8 Kg/cm
Reducción	1:60
	

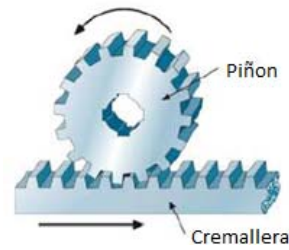
Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Se utilizó mecanismo cremallera-piñón, este mecanismo transforma el movimiento circular a lineal de un motor.

Consiste en adaptar un piñón al eje del motor DC, y transmitir el movimiento a través de una cremallera.



Figura 9: Mecanismo cremallera- piñón



Fuente: (Vinuar75 tecnología, 2010, pág. 3)

La cremallera está fabricada de acrílico y el piñón de plástico.

La aplicación necesita de cuatro actuadores de este tipo.

**Actuador 1:** su objetivo es desplazar la ficha desde el depósito hasta la banda transportadora.

**Actuador 2:** su objetivo es desplazar la ficha desde la banda transportadora, hacia la zona de censado de peso.

**Actuador 3:** su objetivo es desplazar la ficha desde la zona de censado de peso, hacia la rampa de almacenamiento.

**Actuador 4:** su objetivo es desplazar la ficha desde la zona de censado hacia la banda transportadora.

### 2.3.2.2 Motores paso a paso

Un motor paso a paso es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica (movimiento giratorio), dicho movimiento se da en grados incrementales, lo que realiza desplazamientos angulares fijos y precisos. Estos movimientos pueden variar desde 1,8 grados a 90 grados.

- **Motor paso a paso unipolar**

Estos motores suelen tener 5 o 6 cables de salida, se caracteriza por ser más simple de controlar y porque la corriente fluye en un único sentido por los diferentes bobinados.

- **Secuencia de control wave drive en motores paso a paso unipolares**

En esta secuencia se activa una bobina a la vez, brinda un movimiento más suave, pero disminuye el torque y el par de retención. La secuencia de activación se muestra en el anexo 2.

- **Identificación de los cables en un motor unipolar**

- 1) Se procede a unir los cables comunes, por lo general tienen el mismo color, con un multímetro se debe verificar que la resistencia de dicho cable sea la mitad del resto de cables.
- 2) Se debe aplicar un voltaje al cable común (12 V) e ir variando el cable de GND por los distintos cables del motor, así encontraremos la secuencia de activación. (Unal, 2005, págs. 1-9)

- **Características de los motores utilizados**

Tabla 13: Características Motor paso a paso pequeño

Características	Descripción
Motor unipolar de pasos Astrosyn	23-lm-c309-20
Voltaje nominal	6 v DC
Corriente	0.85 A
Cables de conexión	6
Grados por paso	1,8 grados
Peso	496 gramos

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Tabla 14: Características Motor paso a paso grande

Características	Descripción
Motor unipolar de pasos Sanyo	PN 2526734
Rango de voltaje	5-9 v DC
Corriente de trabajo	2 A
Cables de conexión	6
Grados por paso	2 grados
Peso	1373 gramos

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 2.3.2.3 Servomotor

El servomotor es un motor DC con caja reductora, potenciómetro y un circuito de control interno, que funciona mediante una señal codificada.

El potenciómetro posiciona el eje del motor dependiendo de dicha entrada.

Este motor controla un ángulo de trabajo de 0 a 180 grados.

Consta de tres cables:

Rojo: alimentación (v DC)

Negro: Tierra (GND)

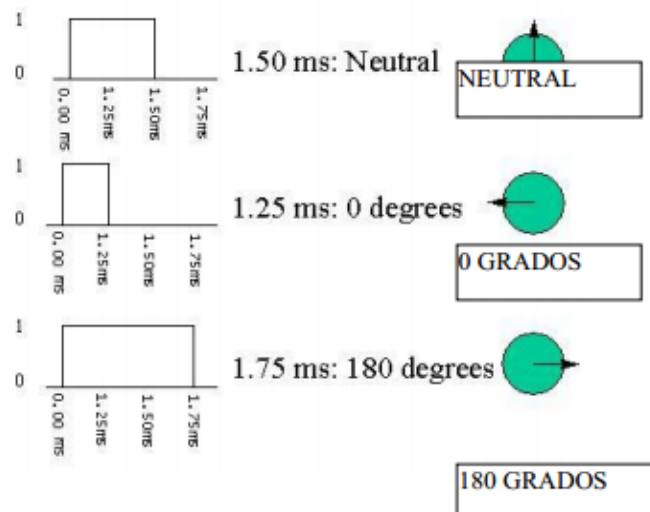
Amarillo: señal de control

- **Control de posición del servomotor**

El ángulo de trabajo del servomotor está en función del tiempo de duración del pulso que se le da al dispositivo.

A continuación tenemos las posiciones principales del servomotor.

Figura 10: Posiciones principales del servomotor



Fuente: (Todorobot, 2000, pág. 4)

Como se mencionó podemos posicionar al servomotor dentro del rango de 0 a 180 grados con gran precisión.

El tiempo de OFF del servomotor se encuentra alrededor de los 20 ms. (Todorobot, 2000, págs. 1-5)

Tabla 15: Características principales del servomotor Hitec HS-311

Características	Descripción
Voltaje de trabajo	4,8- 6v DC
Torque	3,7 Kg/cm
Corriente perdida	180 mA sin carga
Velocidad de trabajo	0,15 s/60® sin carga
Corriente de trabajo	700 mA
Peso	43 gramos

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

## CAPÍTULO 3

### MÓDULO DIDÁCTICO

La demanda de la industria requiere profesionales expertos en el área de automatización industrial, no solo en el mantenimiento de equipos, sino también con experiencia en programación.

La propuesta de este módulo didáctico es ayudar a los estudiantes a tener una estructura que les permita practicar criterios o ideas sobre la automatización industrial.

El módulo permite cargar programas acorde a las necesidades del programador, permitiéndole crear procesos de control sencillos hasta llegar a diseños complejos.

El equipo también ofrece un sistema de comunicación entre los autómatas lo cual ayuda al estudiante a tener cierta noción de los diferentes tipos de comunicación que se puede implementar en la industria para el envío de señales o datos.

Figura 11: Módulo didáctico



Imagen: Ronald López y Jhony Masabanda

### 3.1 Diseño del módulo didáctico

El módulo puede dividirse en varias etapas específicas las cuales son:

Figura 12: Unidades del módulo didáctico

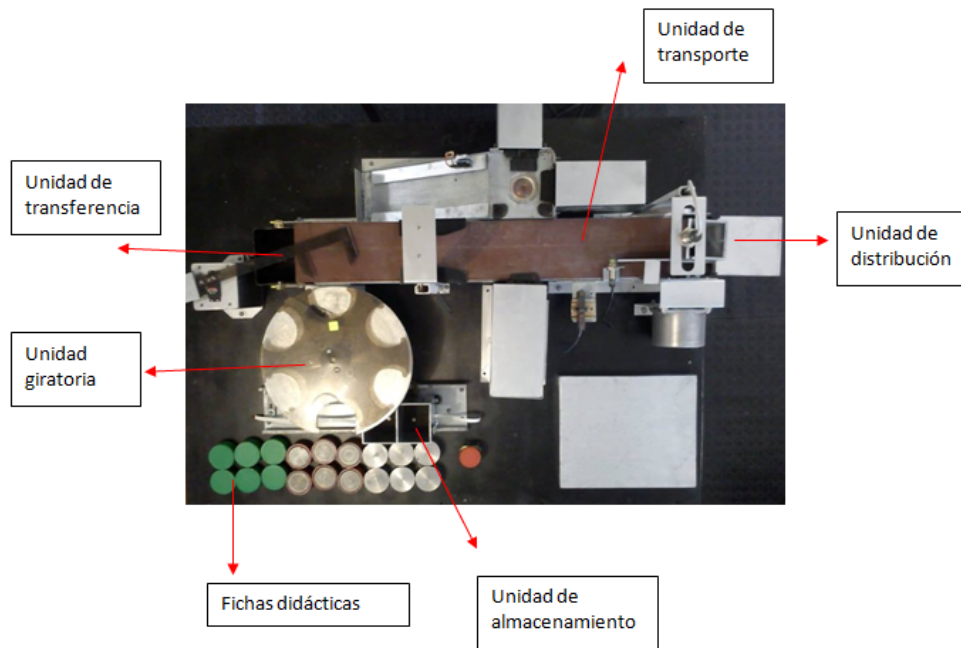


Imagen: Ronald López y Jhony Masabanda

#### 3.1.1 Unidad de distribución

El módulo de distribución tiene la función de almacenar y distribuir las fichas directamente sobre la banda transportadora mediante la acción de un pistón electromecánico.

Tabla 16: Características importantes de la unidad de distribución

Características	Dimensiones
Largo	5,9 cm
Ancho	5,8 cm
Altura	12,2 cm
Capacidad de almacenamiento	3 piezas
	

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 3.1.2 Unidad de transporte


El módulo de transporte tiene la función de trasladar las piezas a distintos puntos a lo largo de su recorrido a través de una banda y un motor paso a paso, el cual permite controlar la distancia de desplazamiento.

En esta unidad se encuentran instalados los siguientes sensores:

- Sensor inductivo
- Sensores ópticos
- Sensor analógico de distancia

Tabla 17: Características importantes de la unidad de transporte

Características	Dimensiones
Longitud	66 cm
Ancho	10 cm



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 3.1.3 Unidad de transferencia

La unidad de transferencia, traslada la ficha desde la banda transportadora, hacia la unidad rotativa.

La unidad está compuesta por un brazo sujeto a un servomotor, el cual proporciona un movimiento giratorio suficiente para desplazar la ficha.

También cuenta con un depósito para almacenamiento de fichas.



Tabla 18: Características importantes de la unidad de transferencia

Características	Dimensiones
Largo	34cm
Torque del motor	3,7 Kg/cm
Capacidad de trabajo	1 pieza
	

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

#### 3.1.4 Unidad giratoria (disco rotativo)


La unidad giratoria, traslada la ficha 180 grados hacia la unidad de almacenamiento.

Esta unidad está conformada por un disco con seis perforaciones semicirculares para la sujeción de la ficha y un motor paso a paso el cual proporciona el movimiento circular preciso.

Consta de una base metálica con una sola perforación, la cual se sitúa justo sobre la unidad de almacenamiento.

Tabla 19: Características importantes de la unidad giratoria

Características	Dimensiones
Diámetro del disco superior	25,5 cm
Diámetro del disco inferior	26 cm
Diámetro de los orificios superiores( 6)	6 cm
Diámetro del orificio inferior (1)	6 cm




Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 3.1.5 Unidad de almacenamiento

La unidad de almacenamiento consta de un vagón móvil con dos compartimientos para guardar las fichas según el interés del programador.

Está compuesta por un motor paso a paso sujeto a una banda dentada la cual trasforma el movimiento circular del motor a un movimiento lineal.

Tabla 20: Características importantes de la unidad de almacenamiento

Características	Dimensiones
Distancia de trabajo lineal	29 cm
Largo del vagón	12 cm
Ancho del vagón	7 cm
Altura del vagón	9 cm
Compartimientos	2
Capacidad de piezas por compartimiento	2
Capacidad total de piezas del vagón	4
	

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 3.1.6 Piezas didácticas

El módulo didáctico requiere varias opciones de discriminación de piezas didácticas debido a la cantidad de sensores que posee.

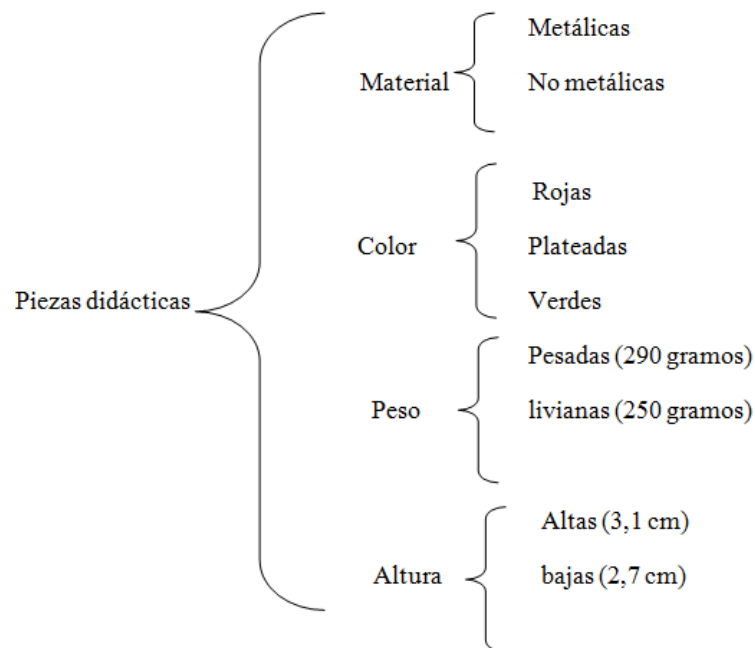
Tabla 21: Clasificación de piezas didácticas según los sensores utilizados

Sensor de peso	
Piezas livianas	Piezas pesadas
Sensor de altura	
Piezas altas	Piezas bajas
Sensor inductivo	
Piezas metálicas	Piezas no metálicas
Sensor óptico	
Piezas rojas	Piezas verdes

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

El módulo posee veinte y dos fichas de cuatro tipos diferentes distribuidos de la siguiente manera:

Figura 13 Clasificación general de las piezas didácticas



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Todas las fichas son fabricadas de acero de transmisión y se tiene dos juegos de fichas para cada combinación.

Las fichas rojas y verdes tienen un recubrimiento de madera. Para aislar la detección del sensor inductivo.

Rango máximo de censado del sensor inductivo: 4mm

El sensor óptico utilizado para la discriminación de fichas rojas y verdes es el omrom E3X-NA41 que es un sensor con guía de fibra óptica.

Utilizando el criterio de radiación de cuerpo negro logramos discriminar la ficha verde ya que toda la energía incidente desde el exterior es absorbida, y no refleja el haz de luz enviado por el sensor, por lo tanto la señal será un 0 lógico.

Por el contrario el color rojo si refleja el haz de luz enviado por el sensor, y nos da como resultado un 1 lógico.

### 3.1.7 Drivers de control

Figura 14: Drivers de control

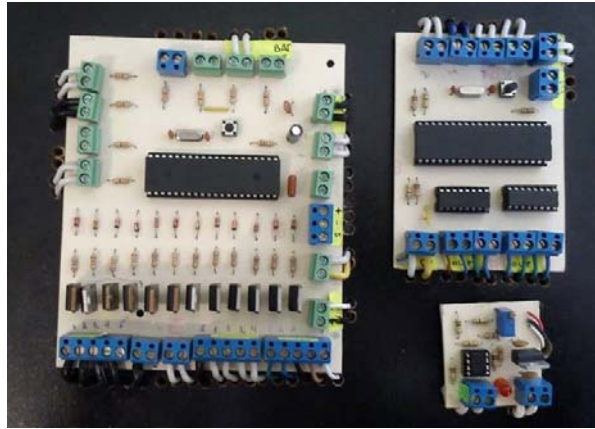


Imagen: Ronald López y Jhony Masabanda

#### 3.1.7.1 Driver de control para los pistones

Para el control de los motores DC tipo L se utilizó los siguientes elementos electrónicos:

##### **Controlador L293D**

Es un circuito integrado diseñado para el control de motores de manera eficiente.

El chip posee cuatro amplificadores con diodos de protección, 4 entradas y cuatro salidas.

Tabla 22: Características del controlador L293D

Características	Dimensiones
Corriente de salida	600 mA por canal
Voltaje de trabajo	0-30 v DC
Pines de habilitación	si
Fuentes de alimentación independientes	si
Número de entradas	4
Número de salidas	4

Fuente: (Datasheetcatalog, 2004, págs. 1-4)

- **Diseño de la placa para el control de motores DC tipo L en Proteus**

El Pic 16F877A recibe la señal desde el PLC.

El programa corre la secuencia temporizada para el control de giro del motor.

El pistón sale un determinado tiempo  $t_1$ , descansa un tiempo  $t_2$ , y retorna a su posición inicial.

Se asignó una salida para cada pistón desde el PLC, 4 en total.

- Programa de control en Micro C

```
trisd.f0=1;
trisd.f1=1;
trisd.f2=1;
trisd.f3=1;
```

```

trisb.f0=0;
trisb.f1=0;
trisb.f2=0;
trisb.f3=0;
trisb.f4=0;
trisb.f5=0;
trisb.f6=0;
trisb.f7=0;

```

```
portb=0b00000000;
```

```
while(1) {
```

```
//pistón 1: Empuje desde el sensor de peso a la rampa de almacenamiento, si la señal  
proveniente del PLC al puerto D0 es 1.
```

```
    if(portd.f0==1){  
        portb=0b00000001;  
        delay_ms(1500);  
        portb=0b00000000;  
        delay_ms(600);  
        portb=0b00000010;  
        delay_ms(1430);  
        portb=0b00000000;  
        delay_ms(600);
```

```
// Caso contrario si la señal proveniente desde el PLC al puerto D0 es 0, el pistón no  
se acciona.
```

```
    if (portd.f0==0){  
        portb=0b00000000;  
        delay_ms(600);  
    }  
}
```

```
/// Pistón 2: Empuje para el dispensador de fichas, si la señal proveniente del PLC al  
puerto D1 es 1.
```

```
    if(portd.f1==1){  
        portb=0b00000100;  
        delay_ms(950);  
        portb=0b00000000;  
        delay_ms(600);  
        portb=0b00001000;  
        delay_ms(845);  
        portb=0b00000000;  
        delay_ms(600);
```

```
// Caso contrario si la señal proveniente desde el PLC al puerto D1 es 0, el pistón no  
se acciona.
```

```
    if (portd.f1==0){  
        portb=0b00000000;  
        delay_ms(600);  
    }  
}
```

```
//Pistón 3: Empuje desde el sensor de peso a la banda transportadora, si la señal  
proveniente del PLC al puerto D2 es1.
```

```
    if(portd.f2==1){  
        portb=0b00010000;
```



```

delay_ms(1600);
portb=0b00000000;
delay_ms(600);
portb=0b00100000;
delay_ms(1530);
portb=0b00000000;
delay_ms(600);

```

// Caso contrario si la señal proveniente desde el PLC al puerto D2 es 0, el pistón no se acciona.

```

    if (portd.f2==0){
        portb=0b00000000;
        delay_ms(600);
    }
}

```

//Pistón 4: Empuje desde la banda transportadora hacia el sensor de peso, si la señal proveniente del PLC al puerto D3 es 1.

```

if(portd.f3==1){
    portb=0b01000000;
    delay_ms(2000);
    portb=0b00000000;
    delay_ms(600);
    portb=0b10000000;
    delay_ms(1900);
    portb=0b00000000;
    delay_ms(600);
}

```

// Caso contrario si la señal proveniente desde el PLC al puerto D3 es 0, el pistón no se acciona.

```

    if (portd.f3==0){
        portb=0b00000000;
        delay_ms(600);
    }
}
}

```

### 3.1.7.2 Driver para el control de motores paso a paso y servomotor

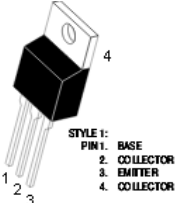
Para el control de los motores paso a paso se utilizó los siguientes elementos electrónicos:

## TIP 122

Es un transistor Darlington de propósito general, que posee una gran ganancia de corriente ya que combina dos transistores en un solo dispositivo.

Se utiliza para controlar las cargas de los motores paso a paso, mediante la señal proveniente del PIC.

Tabla 23: Características importantes TIP 122

Características	Dimensiones
Voltaje colector –base	100 v
Voltaje colector- emisor	100v
Voltaje emisor -base	5 v
Corriente de la base	120 mA
	

Fuente: (Datasheetcatalog, 2005, págs. 1-4)

- **Diseño de motores paso a paso y servomotor en Proteus**

El Pic 16F877A recibe la señal desde el PLC.

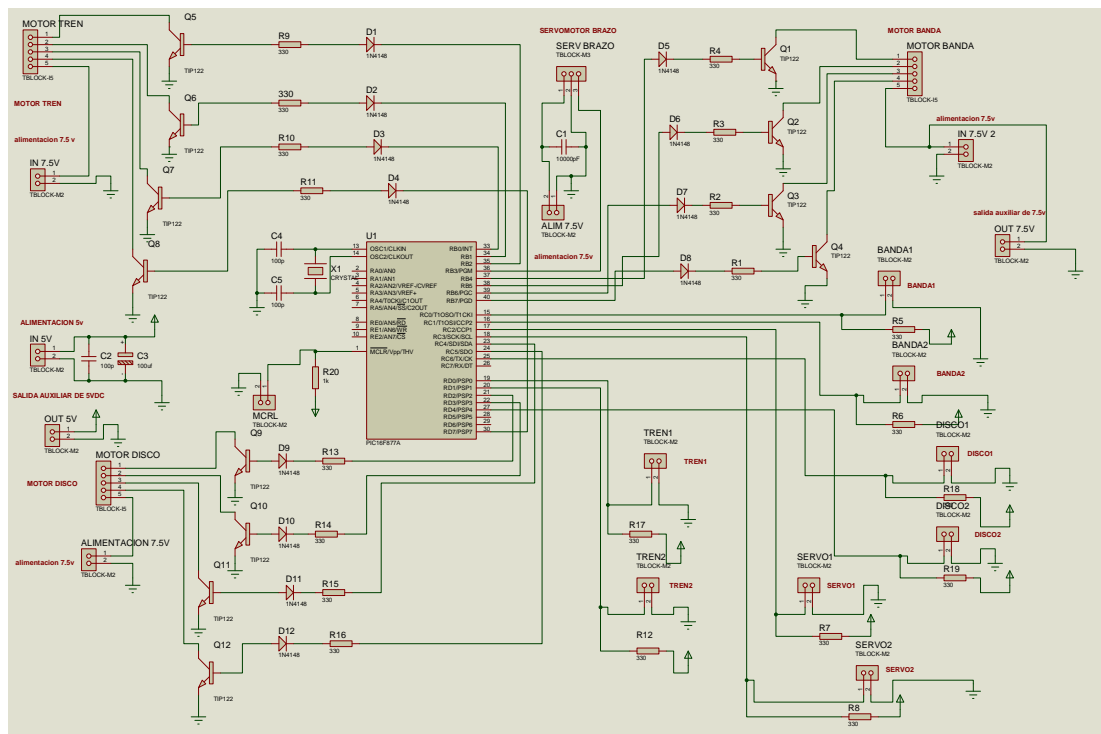
El programa corre la secuencia temporizada para el control de giro del motor paso a paso mientras la salida desde el PLC se encuentre activa, caso contrario el motor estará inactivo.

El programa corre la secuencia temporizada para el control de giro del servomotor, avanza 90 grados, y regresa a su posición inicial.

Se asignó una salida desde el PLC para cada motor paso a paso, 3 en total.

Se asignó una salida desde el PLC para el servomotor.

Figura 16: Diseño para el control de motores paso a paso y servomotor



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

- Programa para el control de motor paso a paso y servomotor en Micro-C

// Nombramos las variables a utilizar

```
#define bandaavance portc.f0
#define bandaregres portc.f1
#define brazo1 portc.f2
#define brazo2 portc.f3
#define motorriel1 portd.f0
#define motorriel2 portd.f1
#define disco1 portd.f4
int x;
```

```
void main() {
//trsb=0 ; //puerto de salidas
//Entradas asignadas provenientes desde el PLC
//banda
trisc.f0=1;
trisc.f1=1;
// servo
trisc.f2=1;
trisc.f3=1;
//tren
trisd.f0=1;
trisd.f1=1;
```

```

//disco
trisd.f4=1;
trisc.f6=1;

//Salidas asignadas para cada motor
//banda
trisb.f4=0;
trisb.f5=0;
trisb.f6=0;
trisb.f7=0;
// servo
trisb.f3=0;
// riel
trisb.f0=0;
trisb.f1=0;
trisb.f2=0;
trisd.f7=0;
//disco
trisd.f2=0;
trisd.f3=0;
trisc.f4=0;
trisc.f5=0;

portb=0b00000000; //encero todo el puerto b
portd=0b00000000;

while(1) {

//Activation del brazo: Si la señal proveniente desde el PLC es 1, el brazo se desplaza
90 grados y retorna a la posicion inicial de 0 grados.

    if(brazo1==0)    {
        for (x=0;x<=20;x++){
            portb.f3=1;
            delay_us(1500); // 0 a 180
            portb.f3=0;
            delay_ms(20);
        }
        delay_ms(2000);
        for (x=0;x<=20;x++){
            portb.f3=1;
            delay_us(600); // 0 a 180
            portb.f3=0;
            delay_ms(20);
        }
        delay_ms(1000);
    }
}

```

//Avance de la banda transportadora: Si la señal proveniente desde el PLC es 1, la banda avanza continuamente.

```
if(bandaavance==0)    {
    portb.f7=1;
    delay_ms(6);
    portb.f7=0;
    portb.f6=1;
    delay_ms(6);
    portb.f6=0;
    portb.f5=1;
    delay_ms(6);
    portb.f5=0;
    portb.f4=1;
    delay_ms(6);
    portb.f4=0;
}
```

//Retorno de la banda transportadora: Si la señal proveniente desde el PLC es 1, la banda retorna continuamente

```
if(bandaregresaa==0)  {
    portb.f4=1;
    delay_ms(6);
    portb.f4=0;
    portb.f5=1;
    delay_ms(6);
    portb.f5=0;
    portb.f6=1;
    delay_ms(6);
    portb.f6=0;
    portb.f7=1;
    delay_ms(6);
    portb.f7=0;
}
```

//Avance del vagón: Si la señal proveniente desde el PLC es 1, el vagón avanza continuamente.

```
if( motorriell==0)    {
    portb.f2=1;
    delay_ms(4);
    portb.f2=0;
    portb.f0=1;
    delay_ms(4);
    portb.f0=0;
    portb.f1=1;
}
```

```

        delay_ms(4);
        portb.f1=0;
        portd.f7=1;
        delay_ms(4);
        portd.f7=0;
    }

```

//Retorno del vagón: Si la señal proveniente desde el PLC es 1, el vagón retorna continuamente.

```

    if( motorriel2==0)    {
        portd.f7=1;
        delay_ms(4);
        portd.f7=0;
        portb.f1=1;
        delay_ms(4);
        portb.f1=0;
        portb.f0=1;
        delay_ms(4);
        portb.f0=0;
        portb.f2=1;
        delay_ms(4);
        portb.f2=0;
    }

```

//Avance del disco rotativo en sentido horario: Si la señal proveniente desde el PLC es 1, el giro es continuo.

```

    if( disco1==0)    {
        portd.f2=1;
        delay_ms(10);
        portd.f2=0;
        portc.f4=1;
        delay_ms(10);
        portc.f4=0;
        portd.f3=1;
        delay_ms(10);
        portd.f3=0;
        portc.f5=1;
        delay_ms(10);
        portc.f5=0;
    }
}
}

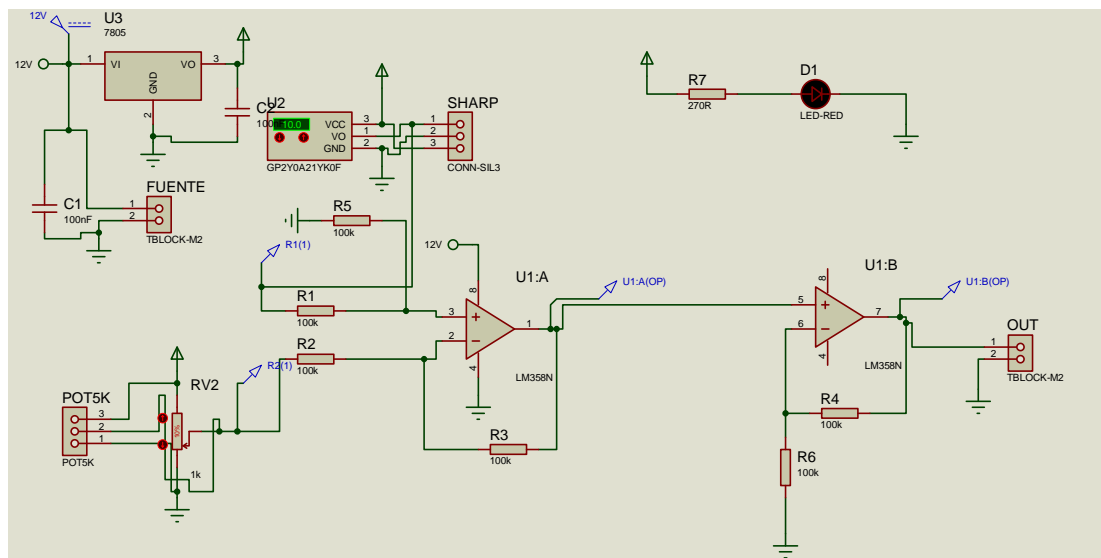
```

### 3.1.7.3 Driver de control del sensor analógico de altura

Para el sensor de altura se utilizaron amplificadores operacionales para obtener una señal normalizada de 0 v a 5 v DC.

La conexión del sensor de altura y de peso es directa hacia el modulo analógico EM 235 del PLC.

Figura 17: Diseño del sensor analógico de altura



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 3.1.8 Comunicación entre los PLC's utilizando el asistente Netw de Step 7

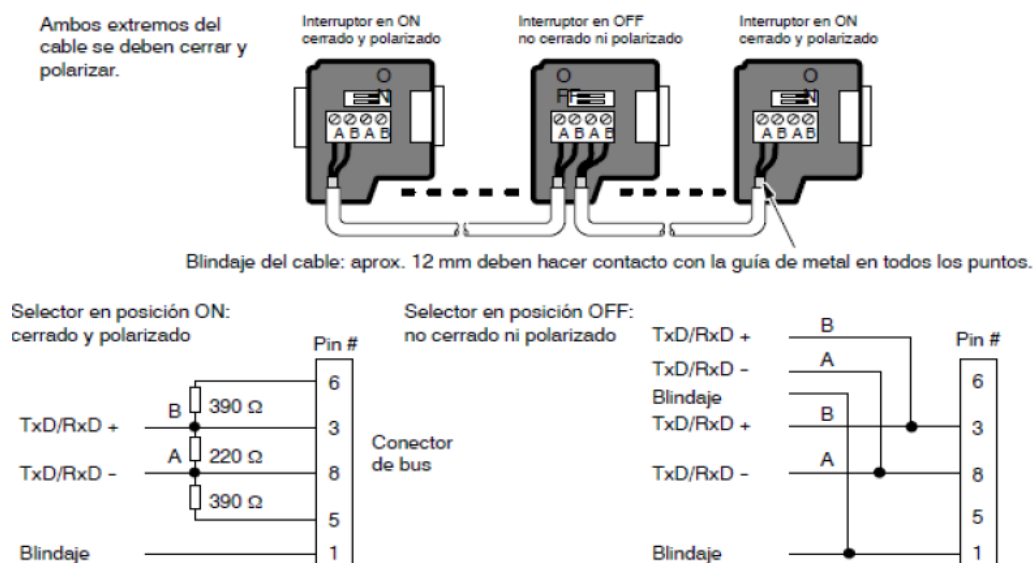
En este proyecto se utiliza el protocolo PPI mediante un cable profibus.

Este es un protocolo maestro-esclavo, la función del maestro es el envío de peticiones a el PLC esclavo, los esclavos no pueden emitir mensajes, estos esperan a que el maestro les solicite una respuesta.

En una comunicación PPI se puede tener un máximo de 32 esclavos, todos los maestros se pueden comunicar con un mismo esclavo.

### 3.1.8.1 Cable Profibus

Figura 18: Estructura del cable Profibus



Fuente: (Universidad Don Bosco, 2013, pág. 5)

### Características

- Montaje simple
- Con conectores FastConnect, tiempos de montajes extremadamente cortos
- Resistencias determinadoras integradas.

Tabla 24: Velocidades de transmisión del cable Profibus

Velocidad de transmisión	Intervalo por segundo	Los valores se refieren a un tipo de cable con las siguientes propiedades
187.5	1000	Capacidad $\leq 30$ pf/m
1500	200	Diámetro de cable $\geq 0,64$ mm
9,6;19,2;45,45;93,75	1200	Impedancia: 135 a 165
500	400	Resistencia de bucle $\leq 110$ /km
3000,6000,12000	100	Sección transversal $\geq 0.34$ mm

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda



### 3.1.8.2 Pasos para configuración del PLC maestro

- Abrir Step 7 MICROWIN
- Clic en el menú Herramientas - Asistente de operaciones

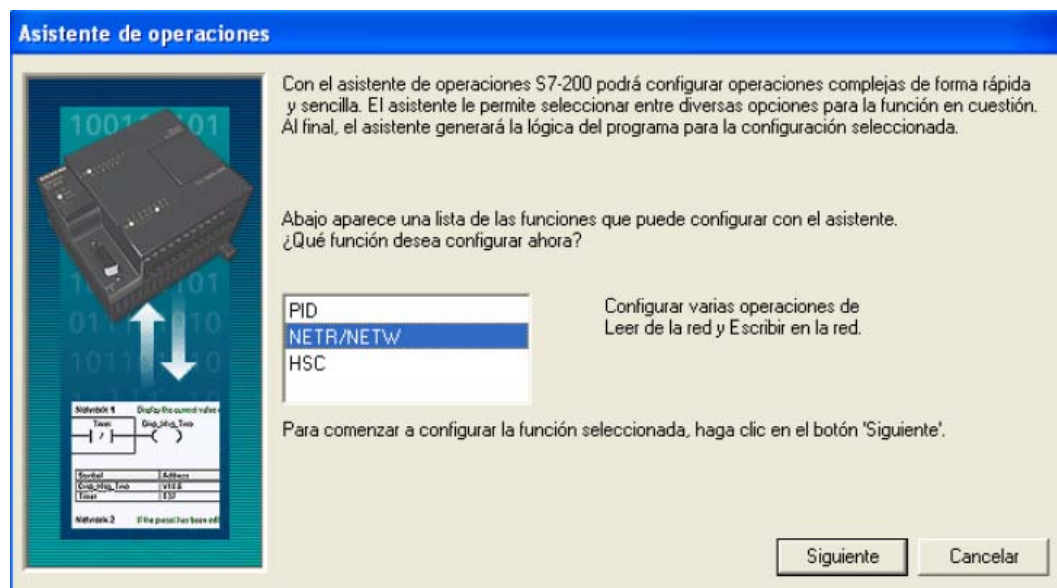
Figura 19: Asistente de operaciones en Step7



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

- Aparecerá el inicio de asistente, vamos a escoger la opción NETR/NETW

Figura 20: Configuración del asistente de operaciones



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

- Al desplegarse la nueva pantalla, se va a definir cuantas operaciones de red se van a realizar, para este ejemplo se utilizará solamente uno.

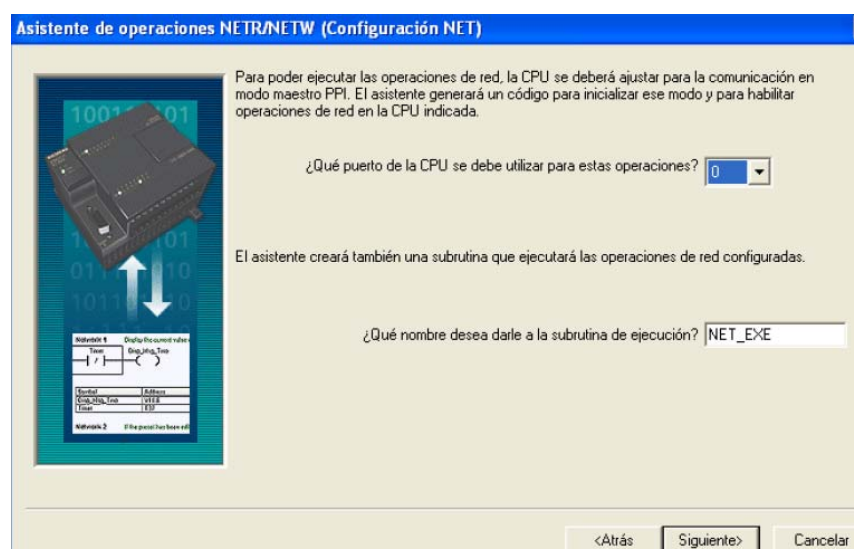
Figura 21: Configuración de operaciones de red



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

- Al desplegarse la siguiente pantalla se configura el puerto que se utilizará para dicha operación, también podemos modificar el nombre de la subrutina

Figura 22: Configuración de puertos y nombre

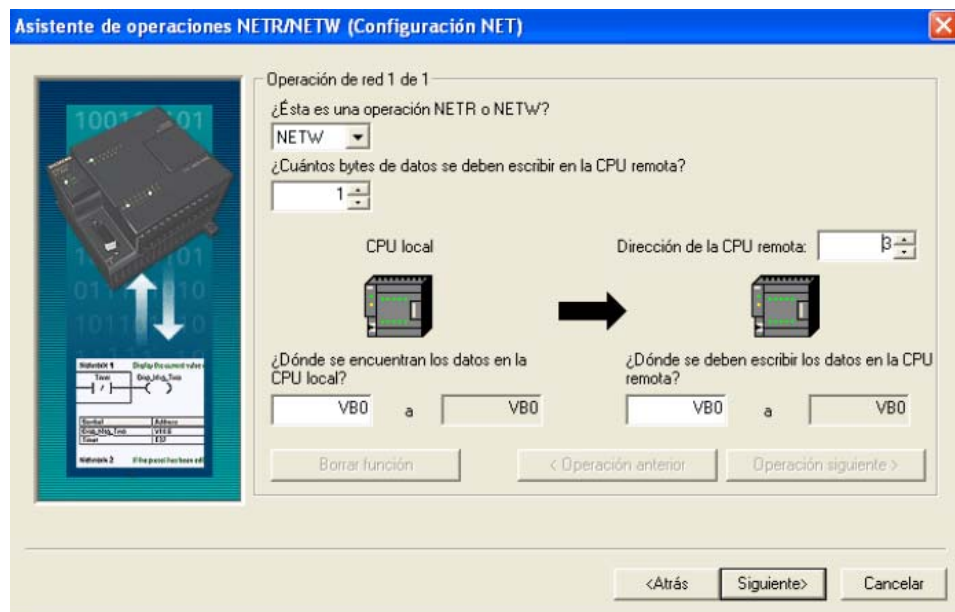


Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Dado que se está escribiendo datos en el esclavo, se utiliza NETW. Para este ejemplo se envía un byte (este dato se puede modificar dada la necesidad del programador), la dirección remota del CPU es la del esclavo utilizamos la dirección 3 (el maestro tendrá la dirección 2).

Como paso siguiente se elige la dirección desde la que se envían los datos, la más recomendable es la dirección VB0 (la que se sugiere en el asistente).

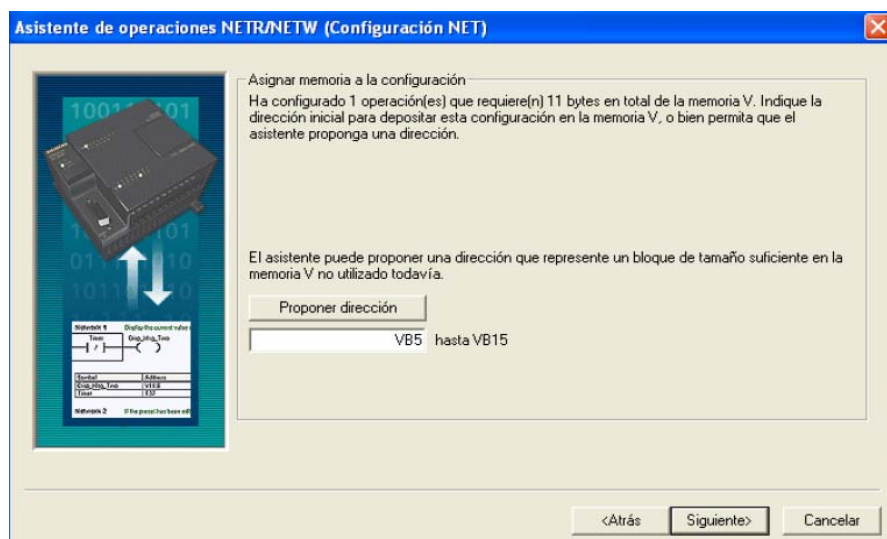
Figura 23: Configuración del tipo de operación y datos



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

- Designación dada por la memoria del asistente

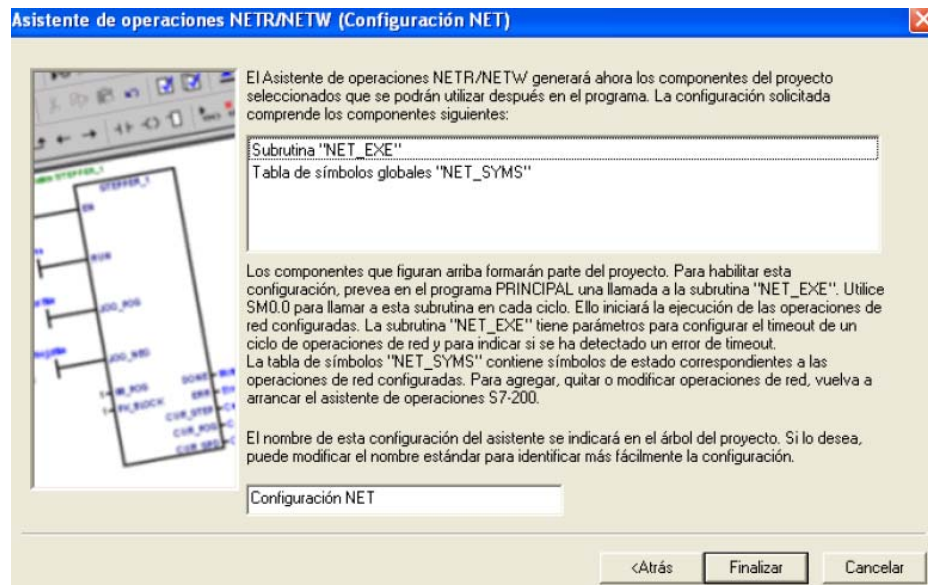
Figura 24: Asignación de la memoria a la red



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Finalmente se despliega una pantalla de confirmación de subrutinas, se finaliza la configuración en el maestro.

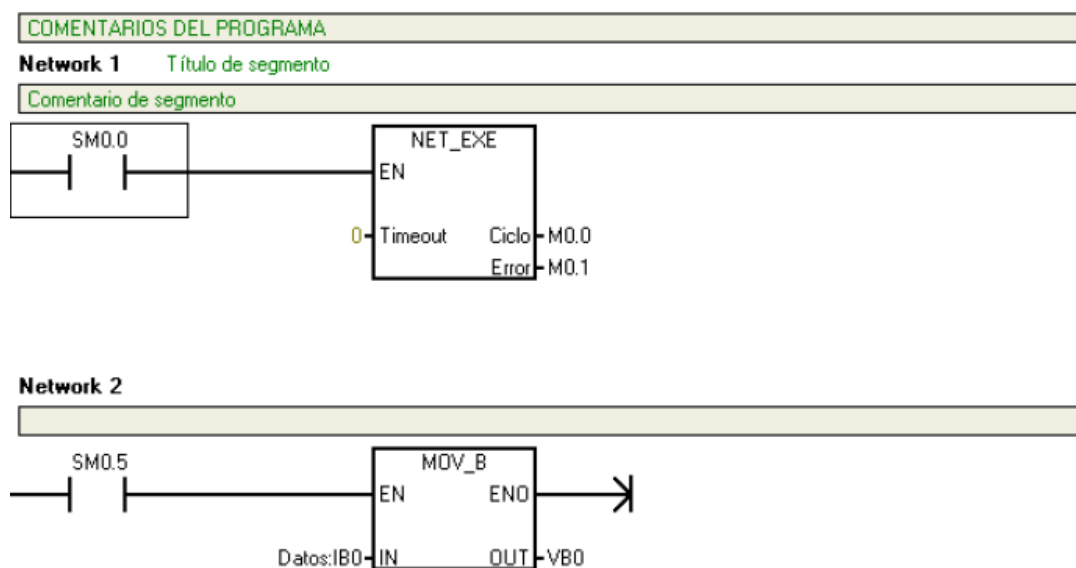
Figura 25: Confirmación del asistente de operaciones



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Ahora que ya se tiene la comunicación y la escritura entre los PLC's lista, se podrá ver el siguiente código de programación.

Figura 26: Programa en Step 7 para el PLC maestro



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

## Network1:

Se arranca el programa con la marca especial SM0.0

Se arrastra la subrutina NET\_EXE y se coloca las marcas M0.0 y M0.1 para procesos internos.

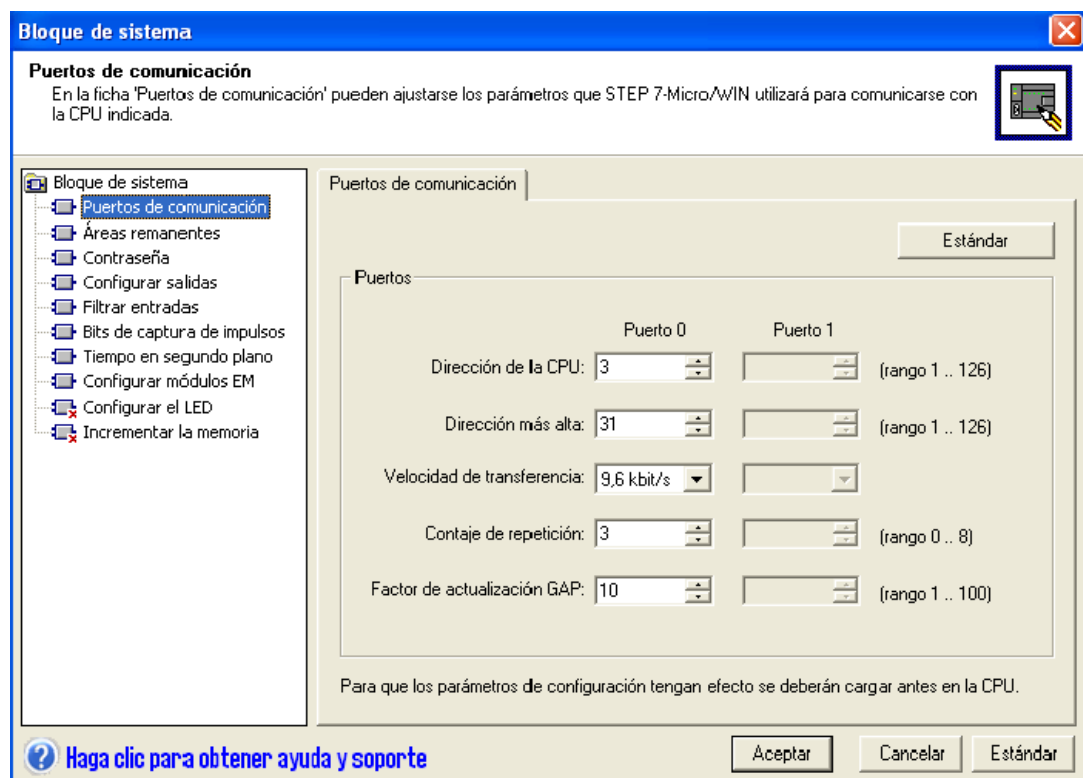
## Network 2:

Las entradas (IB) mueven bytes a través de MOV\_B para ser escritos sobre la variable VB0 a ser enviada al esclavo.

### 3.1.8.3 Configuración del PLC esclavo

Se abre un archivo nuevo en Step 7, en la cual se designa una nueva dirección de CPU (en este caso 3), esto se realiza en bloque de sistema(los PLC's deben tener diferentes direcciones).

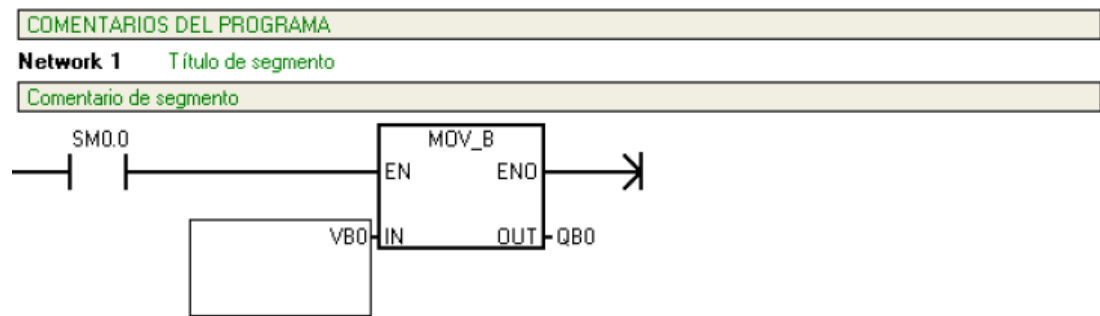
Figura 27: Configuración de la dirección de red del PLC esclavo



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

En el PLC esclavo basta con leer la dirección de memoria (VB0) que se envía desde el maestro y se transfiere con MOV\_B para que sea escrita en la salida (QB) como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 28: Programa en Step 7 para el PLC esclavo



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 3.2 Cableado de sensores y actuadores en el PLC

Se muestran las conexiones principales que se encuentran en cada PLC así como en los módulos EM 222 y EM 235.

#### 3.2.1 Cableado de sensores

Se muestran las conexiones de los sensores utilizados en el módulo didáctico que se encuentran en el PLC1 (ver anexo 3).

Se muestran las conexiones de los sensores utilizados en el módulo didáctico que se encuentran en el PLC2 (ver anexo 4).

#### 3.2.2 Cableado de actuadores

Se muestran las conexiones de los actuadores utilizados en el módulo didáctico que se encuentran en el PLC1 (ver anexo 5).

Se muestran las conexiones de los sensores utilizados en el módulo didáctico que se encuentran en el PLC2 (ver anexo 6).

#### 3.2.3 Cableado de alimentación a los PLC's y módulos de expansión

Se muestran las conexiones de alimentación (24 v DC y GND) para los dos PLC's y los módulos de expansión EM 222 y EM 235(ver anexo 7).

## **CAPÍTULO 4**

### **PRUEBAS Y ANÁLISIS**

#### **4.1 DEMO implementado**

Para verificar el correcto funcionamiento del módulo didáctico se realizó un DEMO, abarcando en su totalidad el uso de cada uno de los sensores y actuadores del equipo.

Se planteó la clasificación de las piezas por:

- Altura
- Color
- Peso
- Material

Las piezas metálicas se desechan directamente a la bodega.

Las piezas rojas se discriminan por su peso:

- Las piezas pesadas se almacenarán en la rampa.
- Las piezas livianas se desecharán en la bodega.

Las piezas verdes se discriminan por su altura:

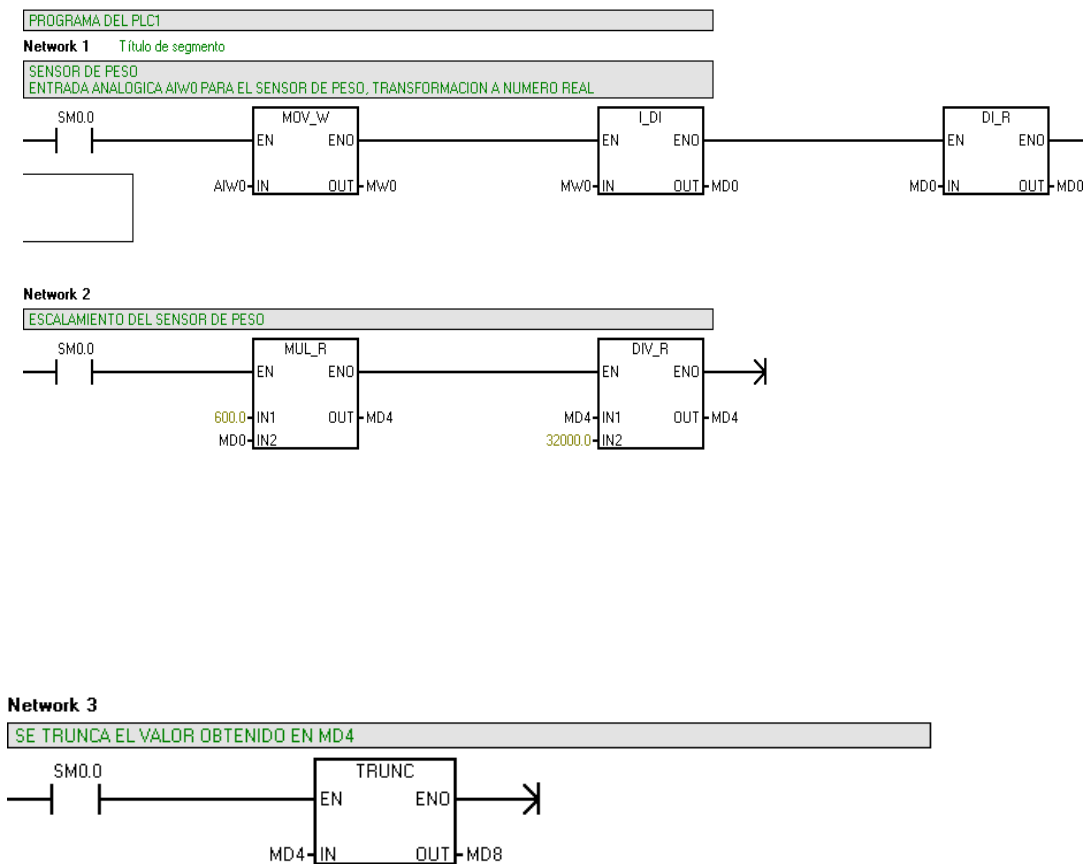
- Las piezas altas se almacenan en el vagón derecho.
- Las piezas bajas se almacenan en el vagón izquierdo.

#### **4.2 Programa implementado en Step 7**

El DEMO comprende un programa individual en cada PLC, en el PLC maestro se establece el envío de datos de los sensores al PLC esclavo, mientras que en el PLC esclavo se realiza la lectura de los datos enviados por el PLC maestro y la ejecución del programa de discriminación de fichas.

### 4.2.1 Programa del PLC maestro

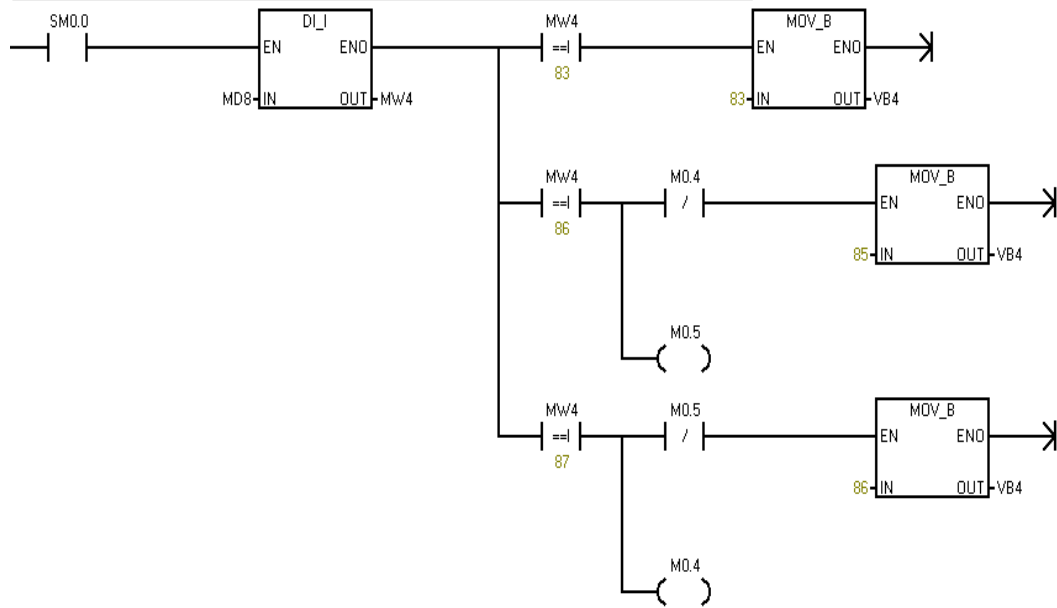
Figura 29: Programa del PLC maestro





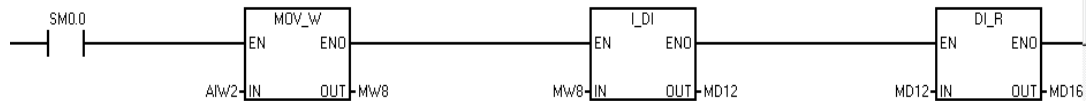
#### Network 4

SE TRANSFORMA EL DATO TRUNCADO A ENTERO , SE ESTABLECEN LAS CONDICIONES PARA CLASIFICACION Y SE MUEVE EL VALOR A VB4



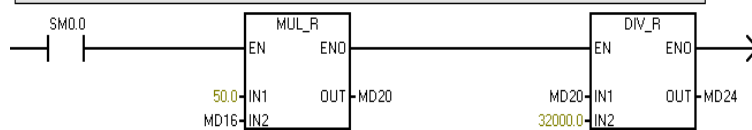
#### Network 5

SENSOR DE ALTURA  
ENTRADA ANALOGICA AIW2 PARA EL SENSOR DE ALTURA, SE TRANSFORMA A NUMERO REAL



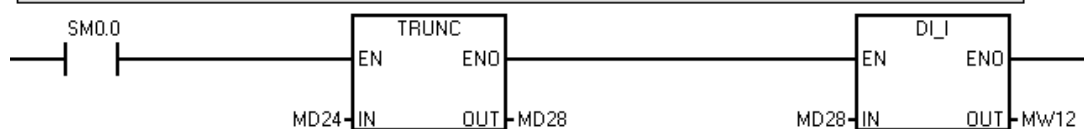
#### Network 6

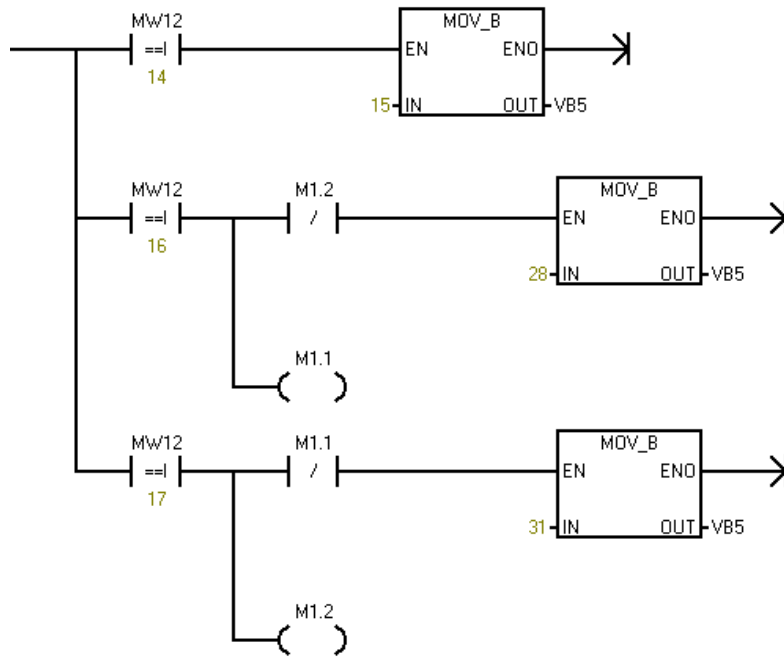
ESCALAMIENTO DEL SENSOR DE ALTURA



#### Network 7

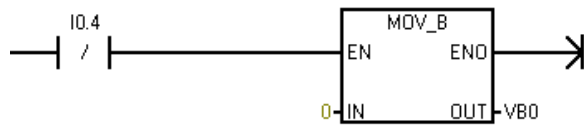
SE TRUNCA EL VALOR DE MD24 DEL SENSOR DE ALTURA ,SE TRANSFORMA A ENTERO , SE ESTABLECE LAS CONDICIONES PARA CLASIFICACION, Y SE MUEVE A VB5





#### Network 8

SE MUEVE EL VALOR DE LA ENTRADA IO.4 EN ESTADO INACTIVO A VB0



#### Network 9

SE MUEVE EL VALOR DE LA ENTRADA IO.4 EN ESTADO ACTIVO A VB0



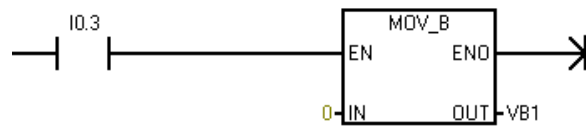
#### Network 10

SE MUEVE EL VALOR DEL SENSOR DE PRESENCIA IO.3 CUANDO SE ACTIVA A VB1



**Network 11**

SE MUEVE EL VALOR DEL SENSOR DE PRESCENCIA I0.3 CUANDO SE DESACTIVA A VB1

**Network 12**

SE MUEVE EL VALOR DEL SENSOR INDUCTIVO I0.0 CUANDO SE ACTIVA A VB2

**Network 13**

SE MUEVE EL VALOR DEL SENSOR INDUCTIVO I0.0 CUANDO SE DESACTIVA A VB2

**Network 14**

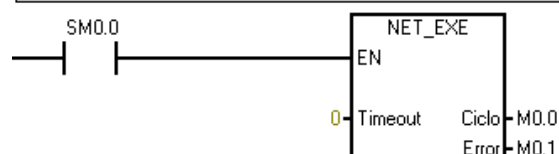
SE MUEVE EL VALOR DEL SENSOR DE COLOR I0.1 CUANDO SE ACTIVA A VB3

**Network 15**

SE MUEVE EL VALOR DEL SENSOR DE COLOR I0.1 CUANDO SE DESACTIVA A VB3

**Network 16**

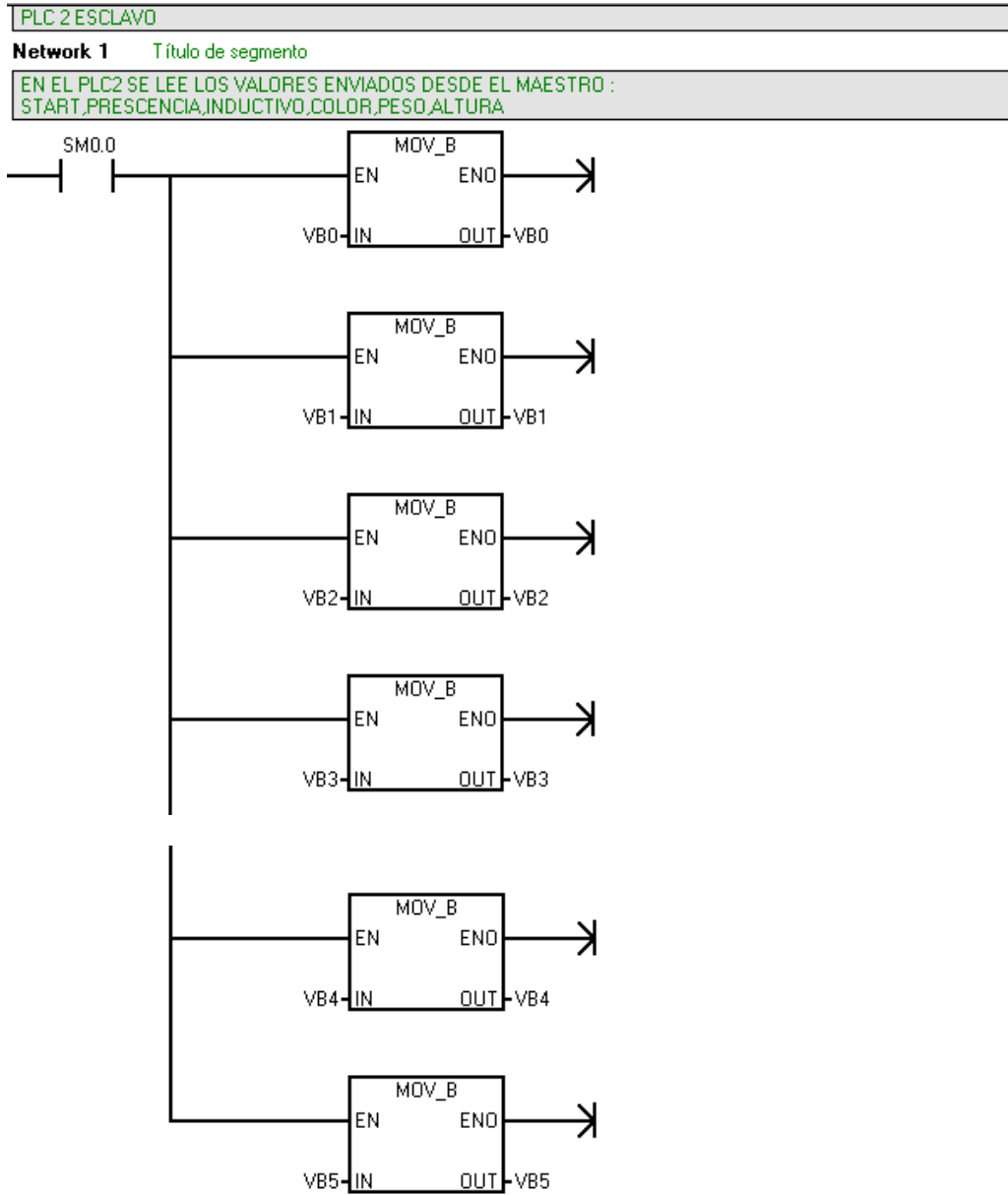
MEDIANTE LA SUBROUTINA NET\_EXE SE ENVIAN LOS VALORES GUARDADOS PARA LEERLOS EN EL PLC 2



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

4.2.2 Programa del PLC esclavo

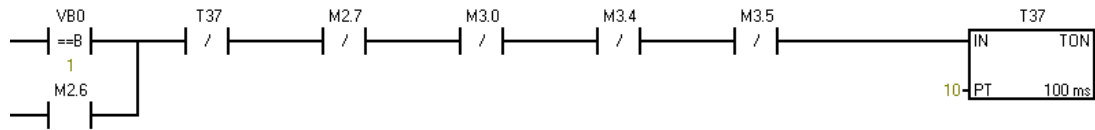
Figura 30: Programa del PLC esclavo



### Network 2

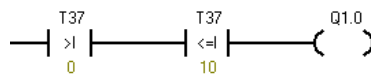
SECUENCIA OR PARA SALIDA DEL PISTON DE DISTRIBUCION DE LAS FICHAS CON:

1. PULSADOR MANUAL VB0
2. AUTOMATICAMENTE CON LOS SENSORES DE FIN DE ETAPA.
3. SI CUALQUIER COMPARTIMIENTO ESTA LLENO SE PARA TOTALMENTE EL SISTEMA HASTA QUE EL OPERADOR VERIFIQUE
4. M2.7 ES LA MARCA QUE AVISA QUE LA RAMPA ESTA LLENA
5. M3.0 ES LA MARCA QUE AVISA QUE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO ESTA LLENA



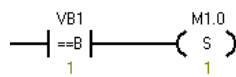
### Network 3

SALIDA DEL PISTON EN FUNCION DE T 37



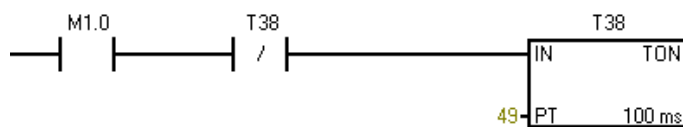
### Network 4

SETEO DE UNA MARCA M1.0 PARA EL SENSOR DE PRESENCIA VB1



### Network 5

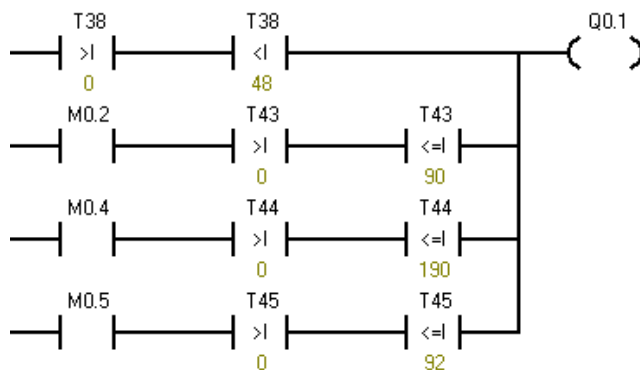
ARRANQUE DE TEMPORIZADOR T 38 EN FUNCION DE M1.0



### Network 6

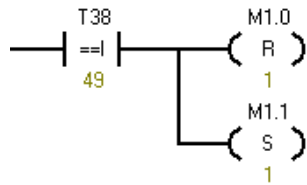
SECUENCIA OR DE ACTIVACION DE LA BANDA SEGUN CONDICIONES:

- 1 LINEA : AVANZA HASTA PASAR LOS SENSORES INDUCTIVO Y COLOR
- 2 LINEA : AVANCE PARA ALMACENAR EN BODEGA LA FICHA ROJA LIVIANA
- 3 LINEA: AVANCE DE LA BANDA LLEVANDO LA PIEZA METALICA HASTA LA BODEGA
- 4 LINEA: AVANCE DE LA BANDA LLEVANDO LA FICHA VERDE HASTA LA POSICION DE LA UNIDAD DE TRANSFERENCIA



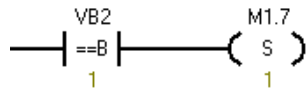
#### Network 7

RESET DE MARCA M1.0 DEL SENSOR DE PRESCENCIA Y SETEO DE MARCA M1.1



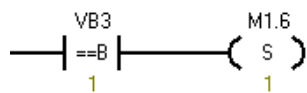
#### Network 8

SETEO DE MARCA M1.7 SI EL SENSOR INDUCTIVO SE ACTIVA



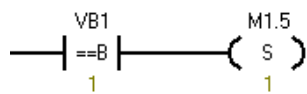
#### Network 9

SETEO DE MARCA M1.6 SI EL SENSOR COLOR SE ACTIVA



#### Network 10

SETEO DE MARCA M1.5 SI EL SENSOR PRESCENCIA SE ACTIVA



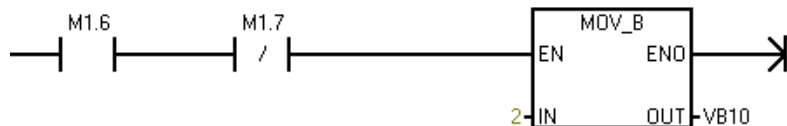
#### Network 11

CONDICION QUE DEBE CUMPLIR Y TRASFERENCIA DE VALOR 3 A VB10 SI LA FICHA ES METALICA



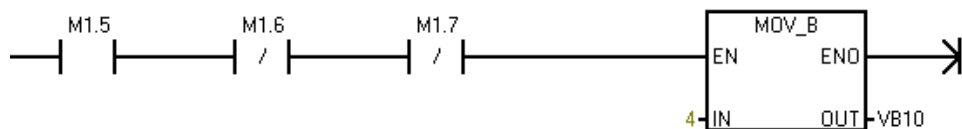
#### Network 12

CONDICION QUE DEBE CUMPLIR Y TRASFERENCIA DE VALOR 2 A VB10 SI LA FICHA ES VERDE



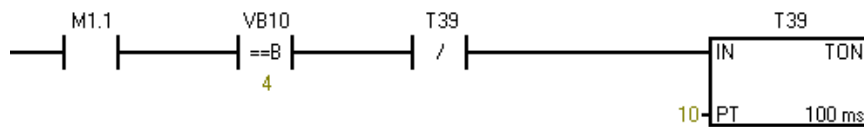
#### Network 13

CONDICION QUE DEBE CUMPLIR Y TRASFERENCIA DE VALOR 4 A VB10 SI LA FICHA ES ROJA



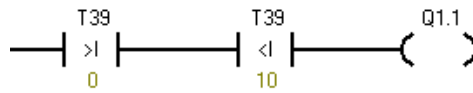
#### Network 14

PROCESO QUE REALIZA SI LA FICHA ES FICHA ROJA



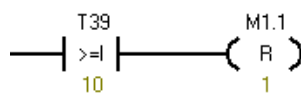
#### Network 15

EL PISTON Q1.1 TRASLADA A LA FICHA HACIA EL SENSOR DE PESO



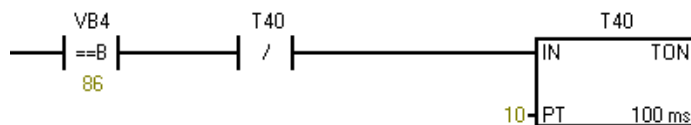
#### Network 16

SE RESETEA EL PISTON Q1.1 CON LA MARCA M1.1



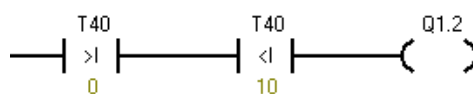
#### Network 17

LA FICHA ROJA SE DISCRIMINA SEGUN EL SENSOR ANALOGICO DE PESO A LA RAMPA DE ALMACENAMIENTO  
VB4= 86 FICHA ROJA PESADA



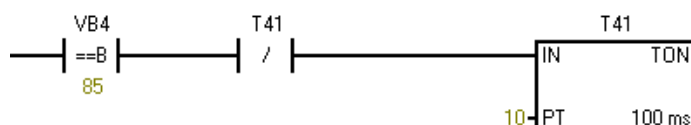
#### Network 18

EL PISTON Q1.2 EMPUJA A LA FICHA HACIA LA RAMPA DE ALMACENAMIENTO SIEMPRE Q LA RAMPA NO ESTE LLENA



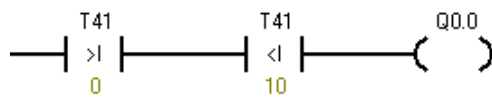
#### Network 19

LA FICHA ROJA SE DISCRIMINA SEGUN EL SENSOR ANALOGICO DE PESO A LA BANDA TRASPORTADORA  
VB4= 85 FICHA ROJA LIVIANA



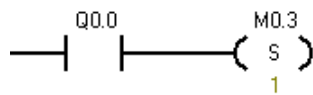
#### Network 20

EL PISTON Q0.0 EMPUJA A LA FICHA ROJA LIVIANA DESDE EL SENSOR DE PESO HACIA LA BANDA TRANSPORTADORA



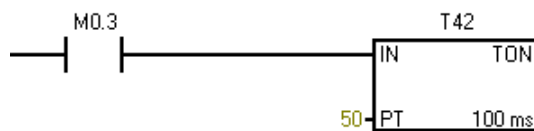
#### Network 21

SETEO MARCA M0.3 PARASEGUNDO AVANCE DE BANDA TRASPORTADORA HASTA EL ALMACEN, EN FUNCION DEL PISTON Q0.0



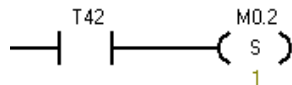
#### Network 22

ACTIVACION DE TEMPORIZADOR T42 EN FUNCION DE M0.3



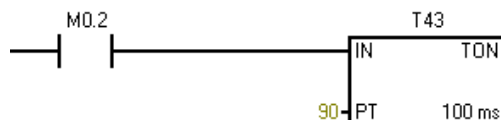
#### Network 23

SETEO DE UNA MARCA M0.2 EN FUNCION DE T42



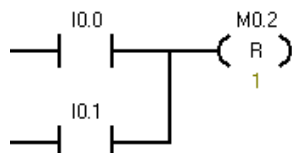
#### Network 24

SETEO DE UN TEMPORIZADOR T43 EN FUNCION DE M0.2



#### Network 25

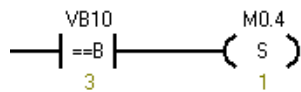
RESET DE LA BANDA TRASPORTADORA CON M0.2 EN FUNCION DE LOS SENSORES DE FIN DE ETAPA I0.0 E I0.1  
I0.0: FINAL D ETAPA DISCO  
I0.1:FINAL DE ETAPA BODEGA DE ALMACEN





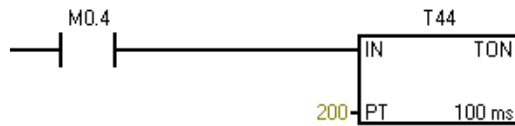
#### Network 26

PROCESO QUE REALIZA SI LA FICHA ES METALICA DIRECTO AL DESECHO



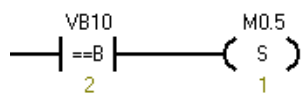
#### Network 27

ACTIVACION DE T 44 EN FUNCION DE M0.4



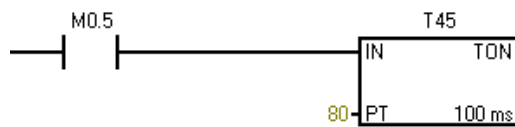
#### Network 28

PROCESO QUE SE REALIZA SI LA FICHA ES VERDE



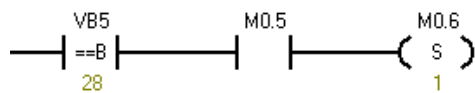
#### Network 29

ACTIVACION DE T 45 EN FUNCION DE M0.5



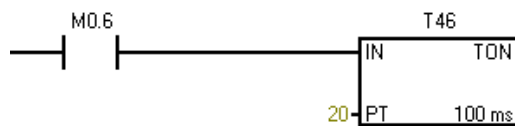
#### Network 30

DISCRIMINACION POR EL SENSOR DE ALTURA SOLO PARA FICHA VERDE, VB5=28 DATO DE FICHA PEQUENIA



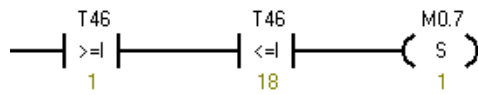
#### Network 31

ACTIVACION DE T 46 EN FUNCION DE M0.6

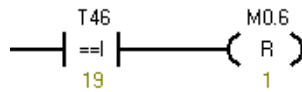


**Network 32**

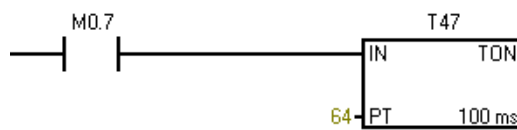
INTERVALO DE TIEMPO EN EL QUE M0.7 SE SETEA

**Network 33**

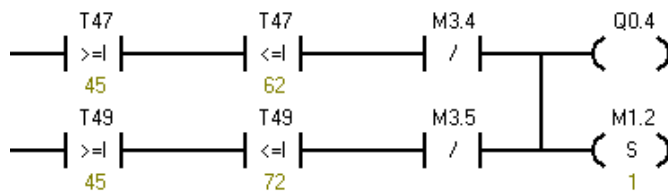
INTERVALO DE RESET PARA M0.6

**Network 34**

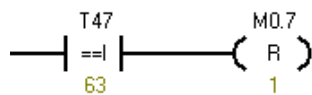
ACTIVACION DE T 47 EN FUNCION DE M0.7

**Network 35**

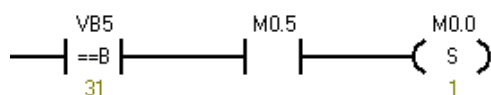
SECUENCIA OR PARA ACTIVACION DE ALMACENAMIENTO DEL COMPARTIMIENTO IZQUIERDO SEGUN EL TAMANIO DE LA FICHA  
 T47: TIEMPO PARA POSICIONAMIENTO DE VAGON IZQUIERDO  
 T48: TIEMPO DE POSICIONAMIENTO DE VAGON DERECHO  
 SETEO DE MARCA M1.2

**Network 36**

RESETEO DE MARCA M0.7 EN FUNCION DE T47

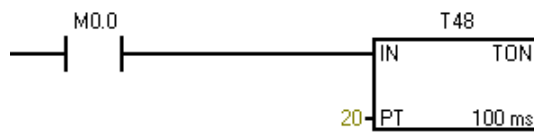
**Network 37**

DISCRIMINACION POR EL SENSOR DE ALTURA SOLO PARA FICHA VERDE, VB5=31 DATO DE FICHA ALTA

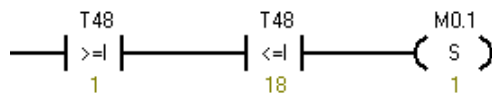


**Network 38**

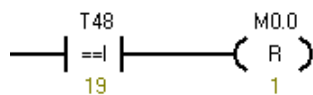
ACTIVACION DE 48 EN FUNCION DE M0.0

**Network 39**

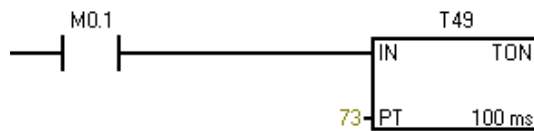
INTERVALO DE TIEMPO DE T48 PARA SETEO DE M0.1

**Network 40**

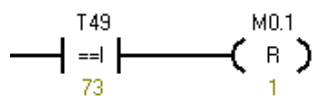
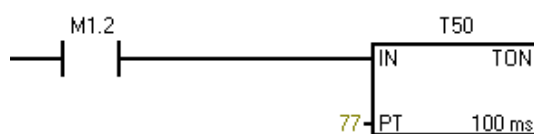
INTERVALO DE TIEMPO DE T48 PARA RESET DE M0.0

**Network 41**

ACTIVACION DE T49 EN FUNCION DE M0.1

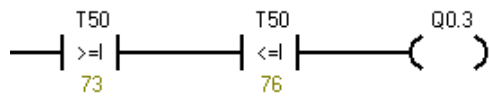
**Network 42**

RESET DE M0.1 EN FUNCION DE T49

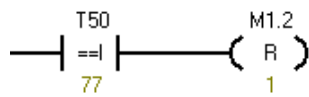
**Network 43**SECUENCIA DE TRASFERENCIA DE FICHA AL DISCO ROTATIVO  
EN FUNCION DE M1.2

**Network 44**

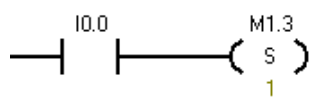
INTERVALO DE TIEMPO T50 EN EL QUE Q0.3 (BRAZO) ESTA TRASLADANDO LA FICHA

**Network 45**

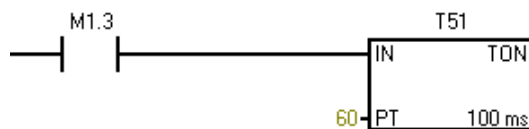
RESET DE M1.2 EN FUNCION DE T50

**Network 46**

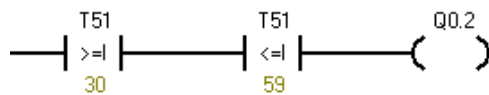
FINAL DE CARRERA DEL DISCO SETEA LA MARCA M1.3

**Network 47**

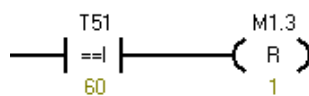
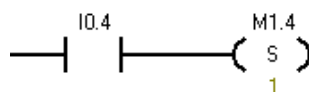
ACTIVACION DE T51 EN FUNCION DE M1.3

**Network 48**

INTERVALO DE TIEMPO T51 EN EL QUE Q0.2 (DISCO ROTATIVO) ESTA TRASLADANDO LA FICHA

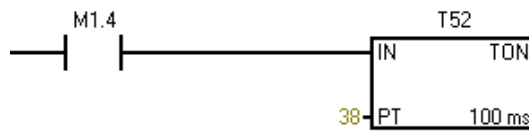
**Network 49**

RESET DE M1.3 EN FUNCION DE T51

**Network 50**RETORNO DE TREN A SU POSICION INICIAL LLEVANDO LA FICHA PEQUENA  
I0.4: SENSOR DEL COMPARTIMIENTO IZQUIERDO

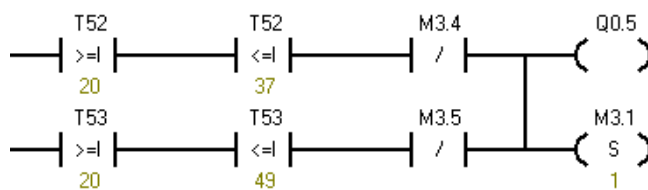
#### Network 51

ACTIVACION DE T 52 EN FUNCION DE M1.4

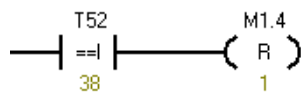


#### Network 52

CONTROL OR PARA RETORNO DE LOS VAGONES DE ALMACENAMIENTO  
T52: INTERVALO DE TIEMPO PARA RETORNO TRASLADANDO LA FICHA PEQUENIA  
T53: INTERVALO DE TIEMPO PARA RETORNO TRASLADANDO LA FICHA GRANDE  
SETEO DE M3.1  
M3.4 : ES LA MARCA QUE INDICA QUE EL COMPARTIMIENTO DEL VAGON DERECHO ESTA LLENO  
M3.5 : ES LA MARCA QUE INDICA QUE EL COMPARTIMIENTO DEL VAGON IZQUIERDO ESTA LLENO

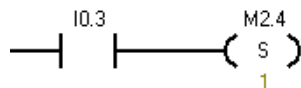


#### Network 53



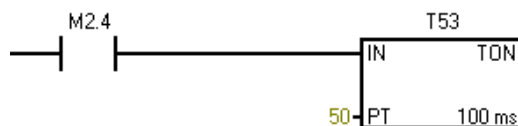
#### Network 54

RETORNO DEL VAGON LLEVANDO LA FICHA GRANDE  
I0.3: SENSOR DEL VAGON DERECHO



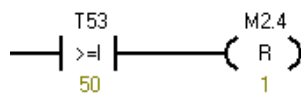
#### Network 55

ACTIVACION DE T 53 EN FUNCION DE M2.4



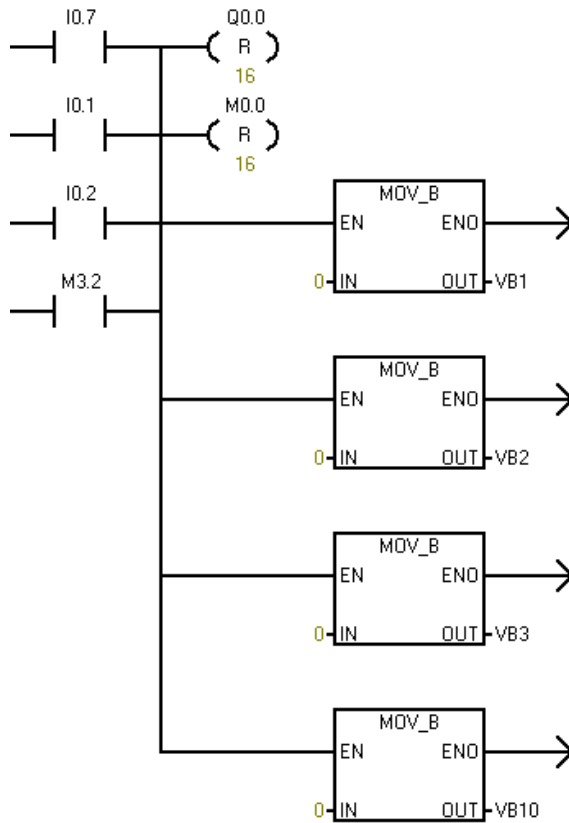
#### Network 56

RESET DE M2.4 EN FUNCION DE T 53



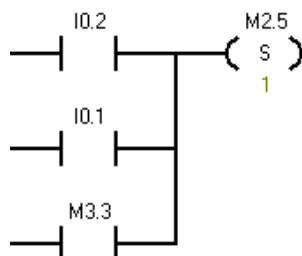
### Network 57

RESET MANUAL DE TODO EL SISTEMA EN FUNCION DE :  
 I0.7: SWITCH DE RESETEO GENERAL  
 I0.1: SESNOR DE LA RAMPA DE ALMACENAMIENTO  
 I0.2: SENSOR DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO  
 M3.2: MARCA Q INDICA Q EL VAGON HA RETORNADO A SU POCISION INICIAL



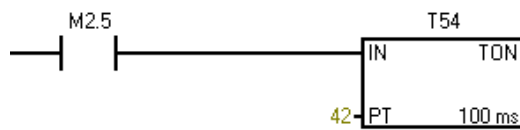
### Network 58

seteo automatico de piston en funcion de los sensores terminadores sensor de rampa  
 SETEO AUTOMATICO DEL PISTON DE DISTRIBUCION DE FICHAS EN FUNCION DE I0.2,I0.1,Y M3.3

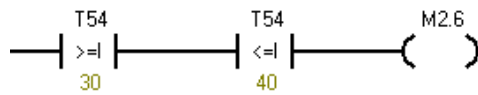


**Network 59**

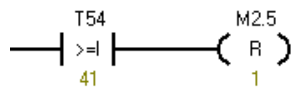
SETEO DE T54 EN FUNCION DE M2.5

**Network 60**

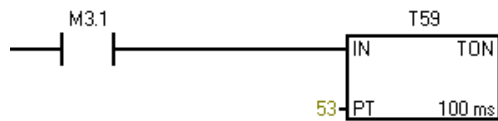
INTERVALO DE T54 EN EL QUE SE SETEA M2.6

**Network 61**

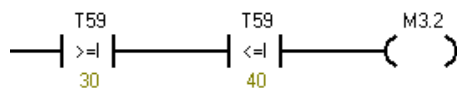
RESET DE M2.5 EN FUNCION DE T54

**Network 62**

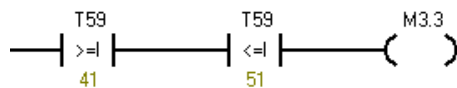
ACTIVACION DE T59 EN FUNCION DE M3.1(RETORNO DEL TREN)

**Network 63**

INTERVALO DE TIEMPO T59 EN EL QUE M3.2 ESTA ACTIVADA

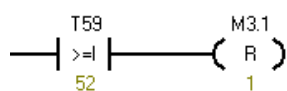
**Network 64**

INTERVALO DE TIEMPO T59 EN EL QUE M3.3 ESTA ACTIVADA



**Network 65**

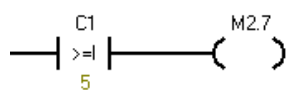
RESET DE M3.1 EN FUNCION DE T 59

**Network 66**

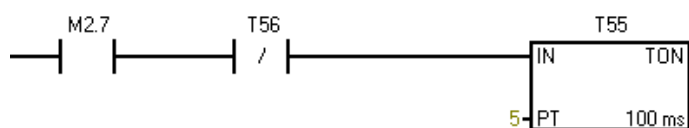
ALARMA 1 CONTEO DE FICHAS EN RAMPA

**Network 67**

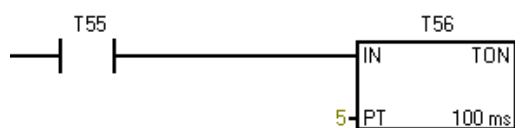
SI EXISTEN 5 O MAS FICHAS EN LA RAMPA ACTIVA M2.7

**Network 68**

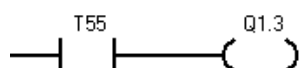
SETEO DE T 55 EN FUNCION DE M2.7 Y T56

**Network 69**

ACTIVACION DE T56 EN FUNCION DE T55

**Network 70**

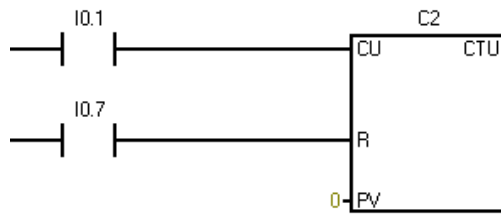
LED INTERMITENTE QUE INDICA QUE LA RAMPA ESTA LLENA





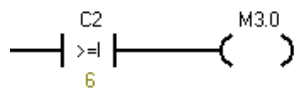
#### Network 71

ALARMA 2 CONTEO DE FICHAS EN BODEGA DE DESECHO



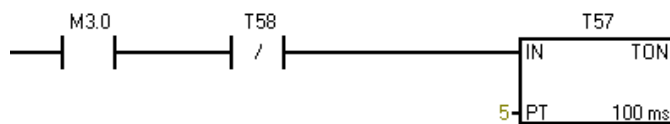
#### Network 72

SI EXISTEN 6 O MAS FICHAS EN LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO ACTIVO M0.3



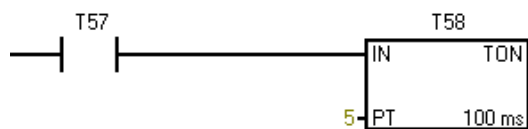
#### Network 73

ACTIVACION DE T57 EN FUNCION DE M0.3 Y T58



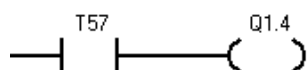
#### Network 74

ACTIVACION DE T58 EN FUNCION DE T57



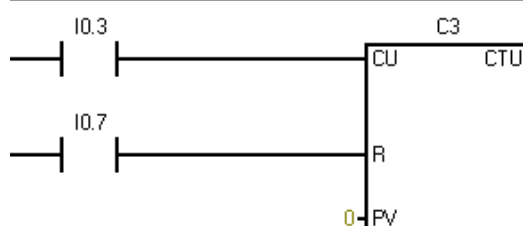
#### Network 75

LED INTERMITENTE QUE INDICA QUE LA BODEGA ESTA LLENA



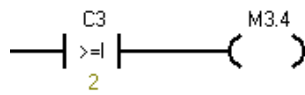
#### Network 76

ALARMA 3: COMPARTIMIENTO DE LA DERECHA LLENO

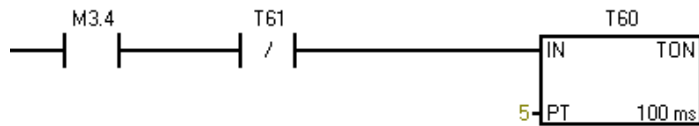


**Network 77**

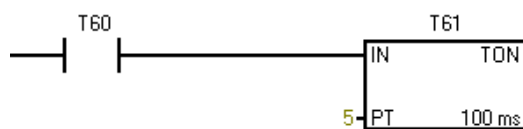
CONDICION DE COMPARTIMIENTO DERECHO LLENO CON 2 FICHAS

**Network 78**

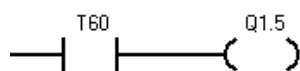
ACTIVACION DE T60 EN FUNCION DE M3.4 Y T61

**Network 79**

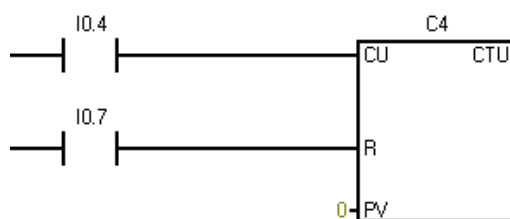
ACTIVACION DE T 61 EN FUNCION DE T60

**Network 80**

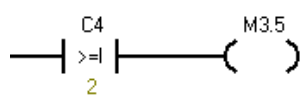
LED INTERMITENTE DE COMPARTIMIENTO DERECHO LLENO

**Network 81**

ALARMA 4: COMPARTIMIENTO IZQUIERDO LLENO

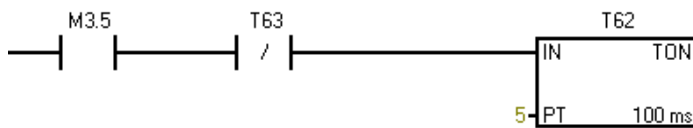
**Network 82**

CONDICION DE COMPARTIMIENTO IZQUIERDO LLENO CON 2 FICHAS



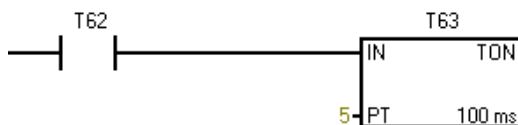
#### Network 83

ACTIVACION DE T62 EN FUNCION DE M3.5 Y T63



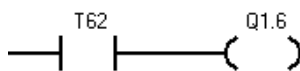
#### Network 84

ACTIVACION DE T63 EN FUNCION DE T62



#### Network 85

LED INTERMITENTE DE COMPARTIMIENTO IZQUIERDO LLENO



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

### 4.3 Análisis del DEMO

El módulo satisface las necesidades planteadas en el DEMO. Las fichas rojas se clasificaron por su peso, las fichas plateadas se desecharon directamente a la bodega por la acción del sensor inductivo.

Las fichas verdes se discriminaron por su tamaño, almacenándose en los compartimientos asignados.

Los sensores instalados trabajaron de forma correcta, se visualizó su estado de trabajo mediante el programa Step 7.

Los dos autómatas se comunicaron correctamente enviando y recibiendo datos eficientemente.

#### 4.4 Análisis de costos

Tabla 25: Costos del proyecto

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
1	Plancha de tol de 1,2 mm	40,00	40,00
40	tornillos	0,30	12,00
40	tuercas	0,30	12,00
30	Borneras	0,60	18,00
10	brocas para taladro	2,00	20,00
3	banda Fandeli	4,00	12,00
1	Módulo de expansión EM 222	220.64	220.64
1	fin de carrera simples	2,00	2,00
3	motor paso a paso	8,00	24,00
1	servomotor	18,00	18,00
1	sensor analógico de peso	60,00	60,00
1	sensor inductivo	40,00	40,00
1	fusible	0,30	0,30
1	porta fusible	0,60	0,60
1	Botón de emergencia 2A	6,00	6,00
1	sensor de color	60,00	60,0
4	sensor fotoeléctrico	12,00	48,00
1	driver de control electrónico	100,00	100,0
20	Switch simples	1,00	20,00
20	luz piloto	1,00	20,00
1	paquete de amarras	0,70	0,70
6	canaletas	4,00	24,00
1	cable flexible ( 20 m)	15,00	15,0
1	Tubo galvanizado	12,00	12,0
6	Aerosol pintura	6,00	36,0
1	Acero de transmisión (1 m)	40,00	40,00
		TOTAL	861,24

Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

## CONCLUSIONES

- La implementación del módulo contribuirá al aprendizaje de automatización y control industrial en la Carrera de Ingeniería Electrónica, esto permitirá a los estudiantes, involucrarse con la programación y manejo de equipos industriales.
- El prototipo permitirá manejar señales digitales y analógicas las cuales hacen al módulo más flexible y dinámico en su programación y aplicación.
- La comunicación entre los PLC'S se realizó con el protocolo de comunicación PPI utilizando los comandos NETR y NETW de Step 7, mediante la interfaz RS-485, debido a que este modelo de autómatas no soporta otro protocolo de comunicación. Estos comandos NET\_EXE también son soportados en redes MPI y PROFIBUS.
- La aplicación de esta red industrial, exige al estudiante ampliar sus conocimientos en lo referente a comunicaciones entre autómatas lógicos programables.
- Los materiales utilizados para construcción del módulo didáctico (tol galvanizado) garantizan la robustez del mismo ante el uso frecuente generado por prácticas de laboratorio de los estudiantes.
- Con la incorporación del módulo de expansión EM 222 (8 salidas digitales) el proyecto tiene mayor versatilidad, aumentando la capacidad de combinaciones posibles en las salidas al programar en Step 7.

## RECOMENDACIONES

- Al encender el módulo, es necesario dar un tiempo de tolerancia, debido a que el PLC necesita estabilizar la señal analógica para un funcionamiento óptimo y trabajar con datos estables, el tiempo recomendable se aproxima a los 10 minutos.
- Al utilizar el módulo se necesita precaución, especialmente con los sensores, debido a que la membrana del sensor de peso es sensible al contacto, por lo tanto puede modificar los valores que entrega al PLC.
- Las fichas didácticas del módulo tienen un peso considerable, al caer pueden dañar los equipos, se debe manipular con precaución.
- En caso de fallas de programación que puedan provocar daños en el hardware, se debe pulsar el paro de emergencia instalado en la parte superior del módulo.
- En la programación, se debe direccionar correctamente las entradas y salidas de los PLC's debido a que están preestablecidas en el módulo con sus respectivas etiquetas.

## LISTA DE REFERENCIA

- Acosta. (11 de Noviembre de 2005). *Qué es un PLC* . Recuperado el 1 de julio de 2013, de <http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/ggacosta/TranspaSSCC/06capitulo%28PLC%29.pdf>
- Chinaplccable. (24 de Diciembre de 2010). *PPI S7 200*. Recuperado el 7 de julio de 2013, de <http://www.chinaplccable.com/upload/service/usb-ppi-s7-200-user-manual.pdf>
- Datasheetcatalog. (4 de Septiembre de 2004). *Datasheet L293D*. Recuperado el 28 de julio de 2013, de <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/stmicroelectronics/1330.pdf>
- Datasheetcatalog. (24 de Mayo de 2005). *Datasheet TIP 122*. Recuperado el 1 de Agosto de 2013, de <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet2/7/0tz6xxzzi7w2oz6qz7a0uhkg817y.pdf>
- Donayre, M. J. (6 de Octubre de 2010). *Sensor inductivo*. Recuperado el 11 de julio de 2013, de <http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Inductivos.pdf>
- Electromática. (24 de Noviembre de 2012). *Tipos de sensores fotoeléctricos*. Recuperado el 9 de julio de 2013, de [http://www.electromatica.cl/catalog/B\\_Control\\_Proceso.pdf](http://www.electromatica.cl/catalog/B_Control_Proceso.pdf)
- Herrera. (4 de noviembre de 2008). *Ciclo de scan*. Recuperado el 3 de julio de 2013, de <http://www.herrera.unt.edu.ar/eiipc/material/apuntes/Automatas%20Programables.pdf>
- Inele. (1 de Abril de 2002). *Tipos de diafrágmás*. Recuperado el 15 de julio de 2013, de [http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion\\_y\\_Control/Ivan\\_Velazquez/Catedra/Capitulo%202.1%20Presion.pdf](http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%202.1%20Presion.pdf)
- ISA. (12 de Enero de 2005). *Sensores de contacto*. Recuperado el 15 de agosto de 2013, de <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>
- Octopart. (6 de Diciembre de 2004). *Fuente de alimentación LOGO*. Recuperado el 8 de julio de 2013, de <http://datasheet.octopart.com/6EP1332-1SH42-Siemens-datasheet-515660.pdf>
- Solé, A. C. (1997). *Instrumentación Industrial*. Barcelona : ALFAOMEGA.

- Todorobot. (22 de Diciembre de 2000). *Servomotor*. Recuperado el 28 de julio de 2013, de <http://www.todorobot.com.ar/documentos/servomotor.pdf>
- Todorobot. (3 de Octubre de 2001). *Motores de corriente continua (DC)*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2013, de <http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf>
- Unal. (18 de Septiembre de 2005). *Motores paso a paso*. Recuperado el 25 de julio de 2013, de <http://www.docentes.unal.edu.co/hfvelascop/docs/CLASES/DIGITALES2/LABORATORIO/Motor%20Paso%20a%20Paso.pdf>
- Universidad Don Bosco. (14 de Enero de 2013). *Asignación de pines del puerto integrado en los CPU S7-200*. Recuperado el 10 de Julio de 2013, de <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electronica-ingenieria/automatas-programables/2013/ii/guia-11.pdf>
- Universidad Don Bosco. (14 de Enero de 2013). *Calibración EM 235*. Recuperado el 5 de julio de 2013, de <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electronica-ingenieria/automatas-programables/2013/i/guia-8.pdf>
- Villaroel, A. (6 de Julio de 2010). *Reductores de velocidad*. Recuperado el 4 de Agosto de 2013, de <http://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/reductores-de-velocidad.pdf>
- Vinuar75 tecnología. (15 de Marzo de 2010). *Elementos mecánicos transformadores del movimiento*. Recuperado el 20 de Agosto de 2013, de [http://vinuar75tecnologia.pbworks.com/f/Unidad\\_13\\_Elementos\\_transformadores\\_movimiento.pdf](http://vinuar75tecnologia.pbworks.com/f/Unidad_13_Elementos_transformadores_movimiento.pdf)
- Xbot. (11 de Marzo de 2006). *Sensores emisión y recepción de infrarrojos*. Recuperado el 16 de Agosto de 2013, de <http://r-luis.xbot.es/descarga/files/ir.pdf>



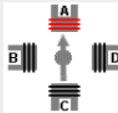
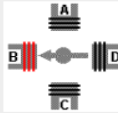
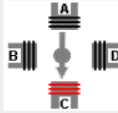
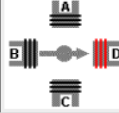
## ANEXOS

### Anexo 1: Combinación de pines del Dip switch del módulo EM 235

Unipolar						Rango máx.	Resolución
Int. 1	Int. 2	Int. 3	Int. 4	Int. 5	Int. 6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	0 a 50 mV	12,5 $\mu$ V
OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	0 a 100 mV	25 $\mu$ V
ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	0 a 500 mV	125 $\mu$ V
OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	0 a 1 V	250 $\mu$ V
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 a 5 V	1,25 mV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 a 20 mA	5 $\mu$ A
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	0 a 10 V	2,5 mV
Bipolar						Rango máx.	Resolución
Int. 1	Int. 2	Int. 3	Int. 4	Int. 5	Int. 6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	$\pm$ 25 mV	12,5 $\mu$ V
OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF	$\pm$ 50 mV	25 $\mu$ V
OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	$\pm$ 100 mV	50 $\mu$ V
ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	$\pm$ 250 mV	125 $\mu$ V
OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	$\pm$ 500 mV	250 $\mu$ V
OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	$\pm$ 1 V	500 $\mu$ V
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	$\pm$ 2,5 V	1,25 mV
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	$\pm$ 5 V	2,5 mV
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	$\pm$ 10 V	5 mV

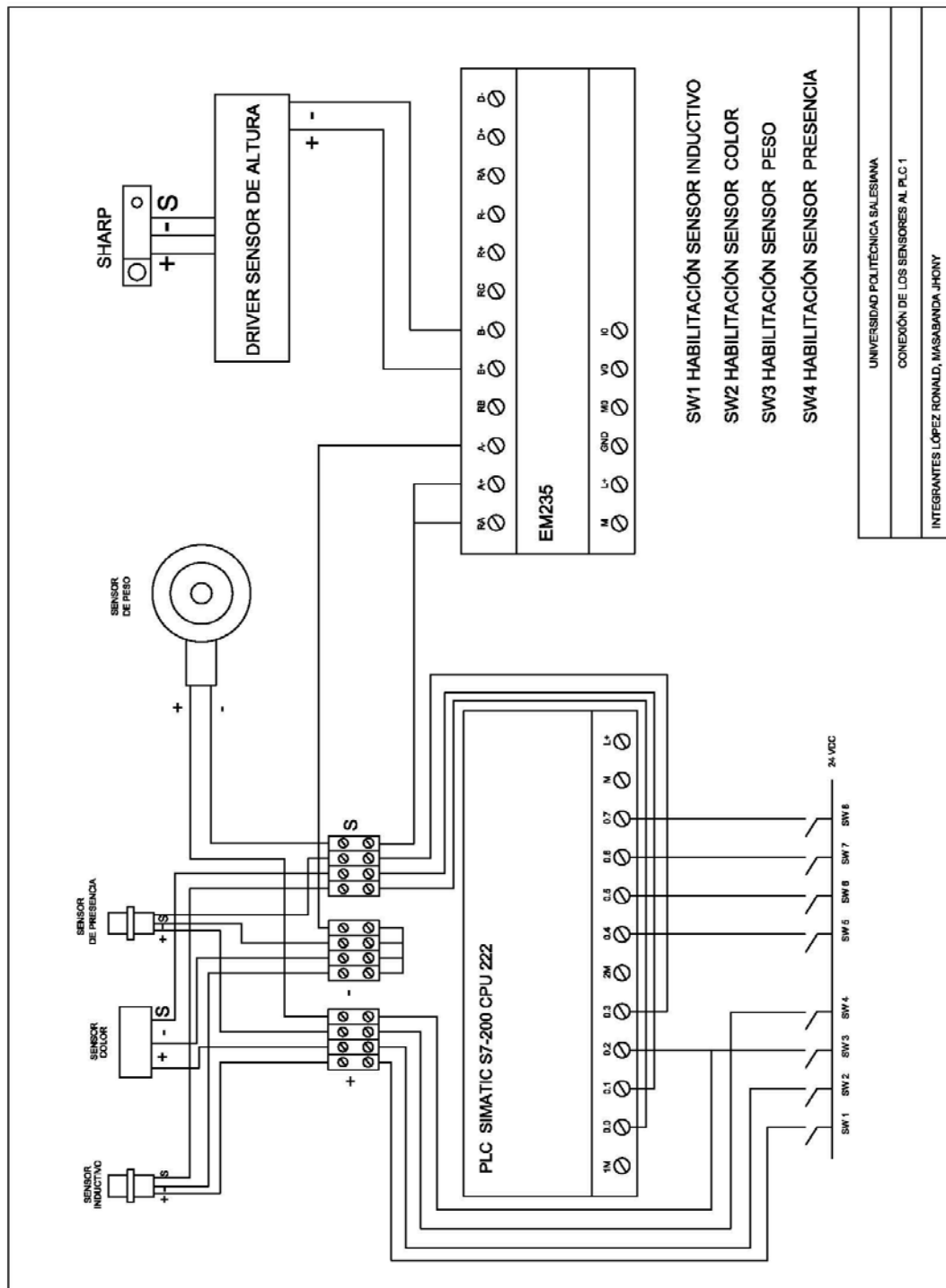
Fuente: (Universidad Don Bosco, 2013, pág. 3)

### Anexo 2: Secuencia de activación wave drive para motor paso a paso

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

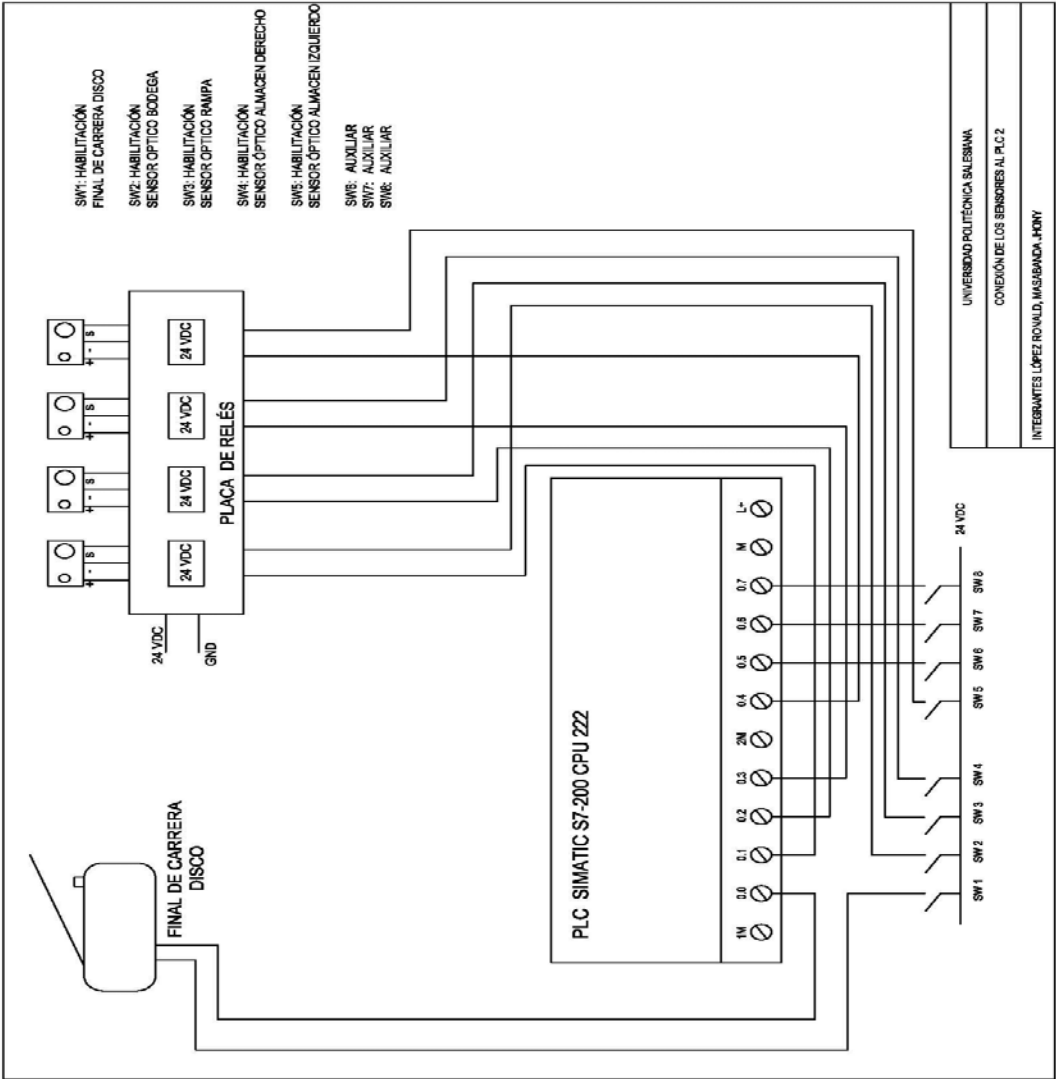
Fuente: (Unal, 2005, págs. 4-5)

### Anexo 3: Conexión de los sensores al PLC1



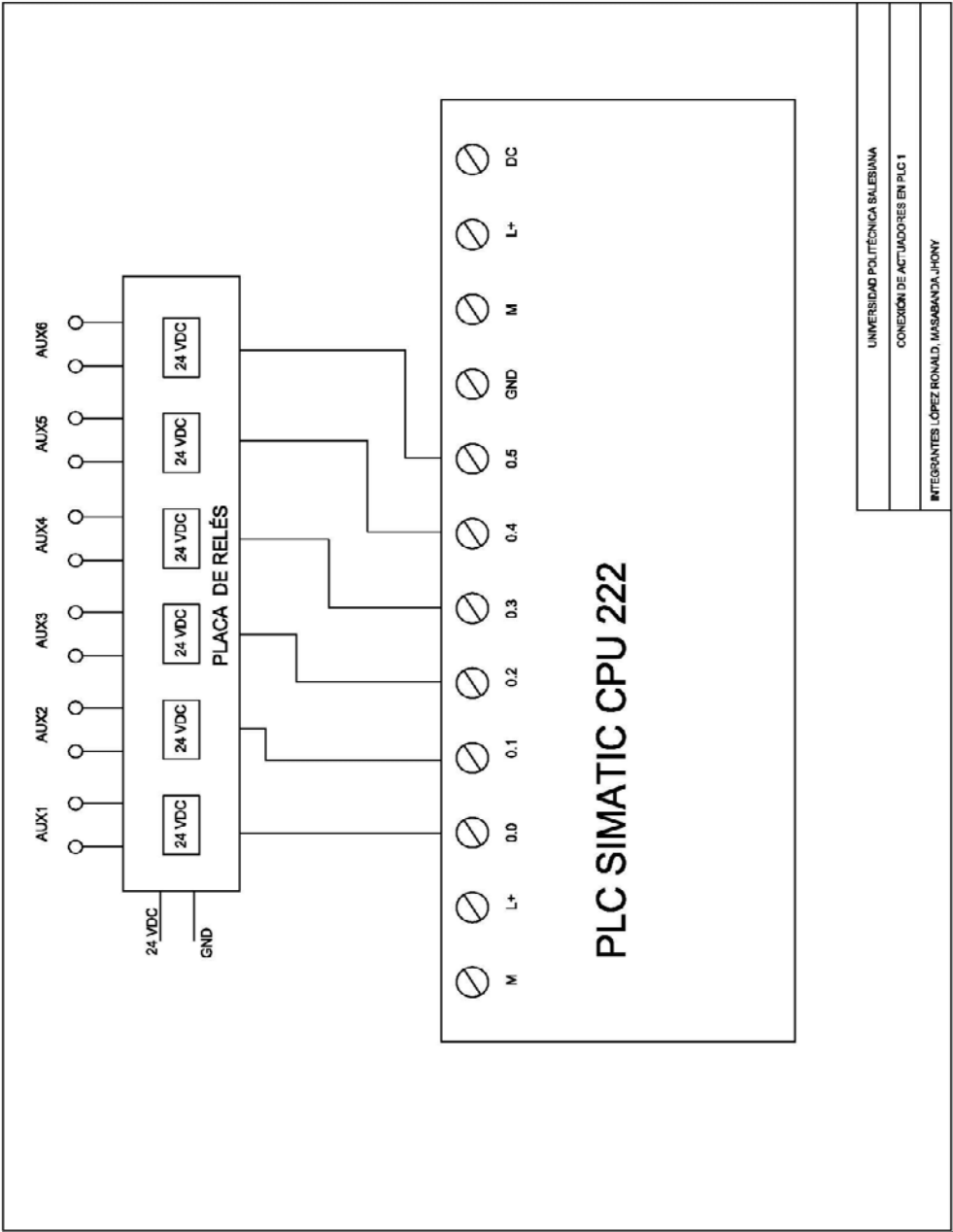
Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Anexo 4: Conexión de los sensores al PLC 2



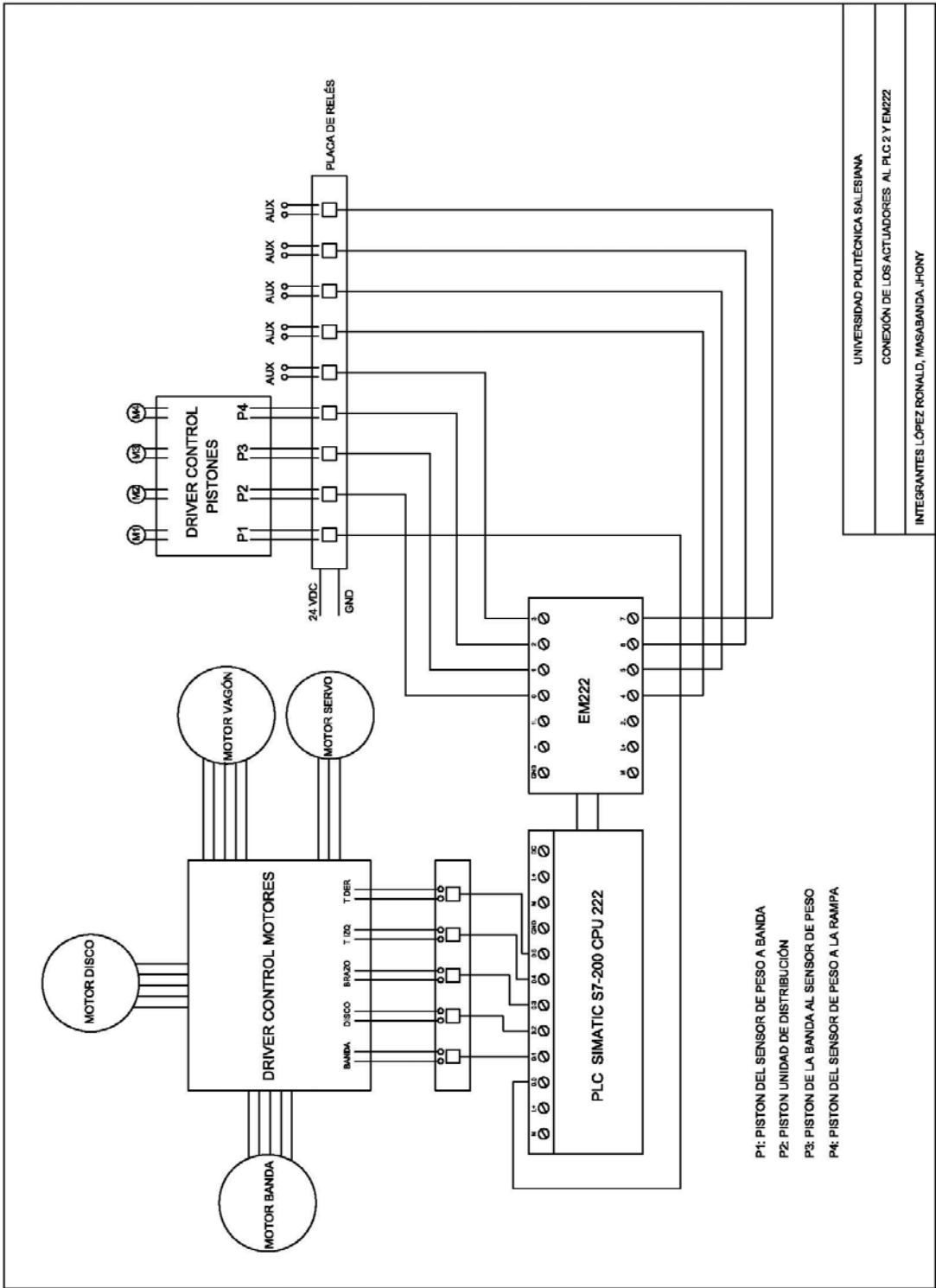
Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Anexo 5: Conexión de los actuadores al PLC 1



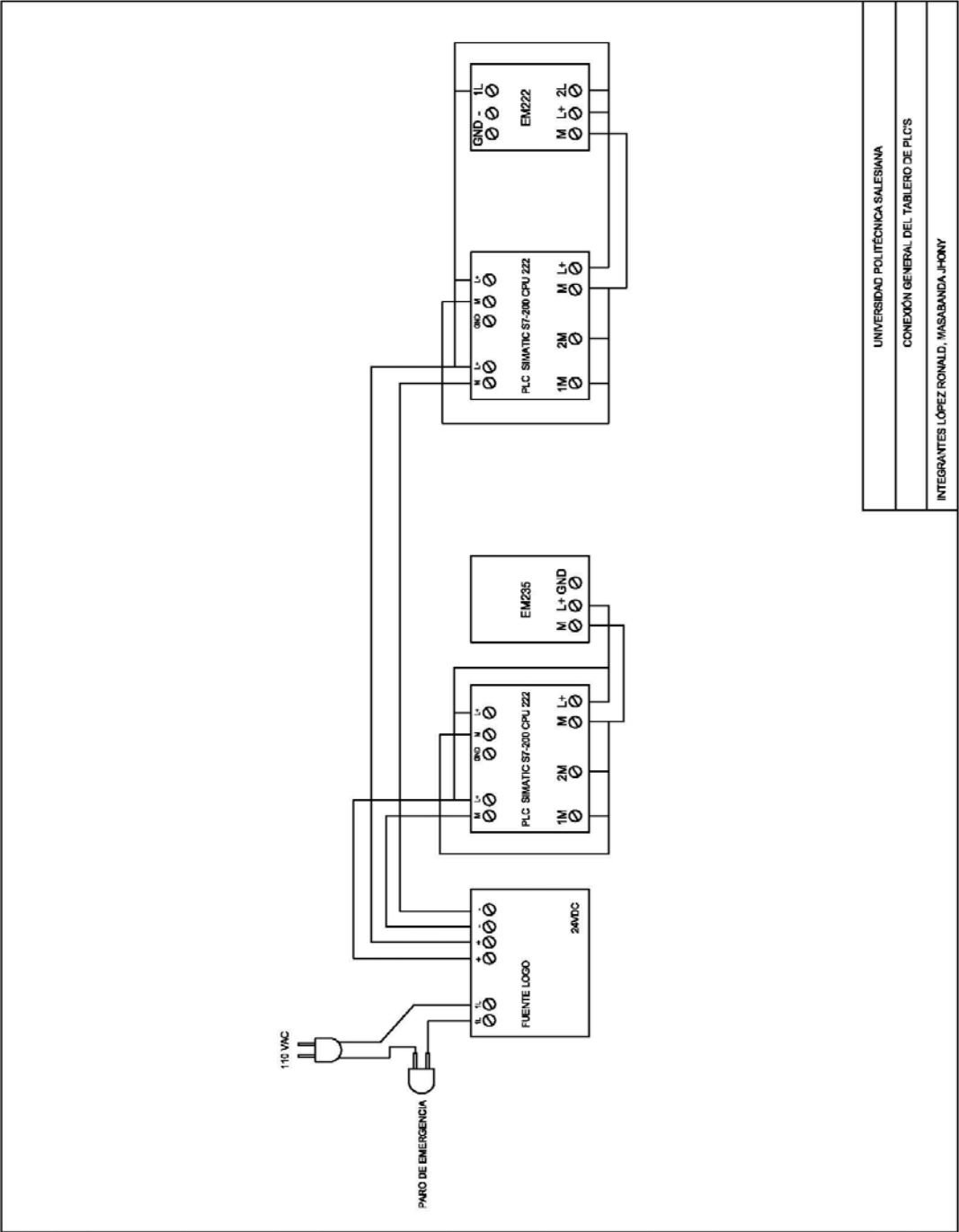
Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Anexo 6: Conexión de los actuadores al PLC 2



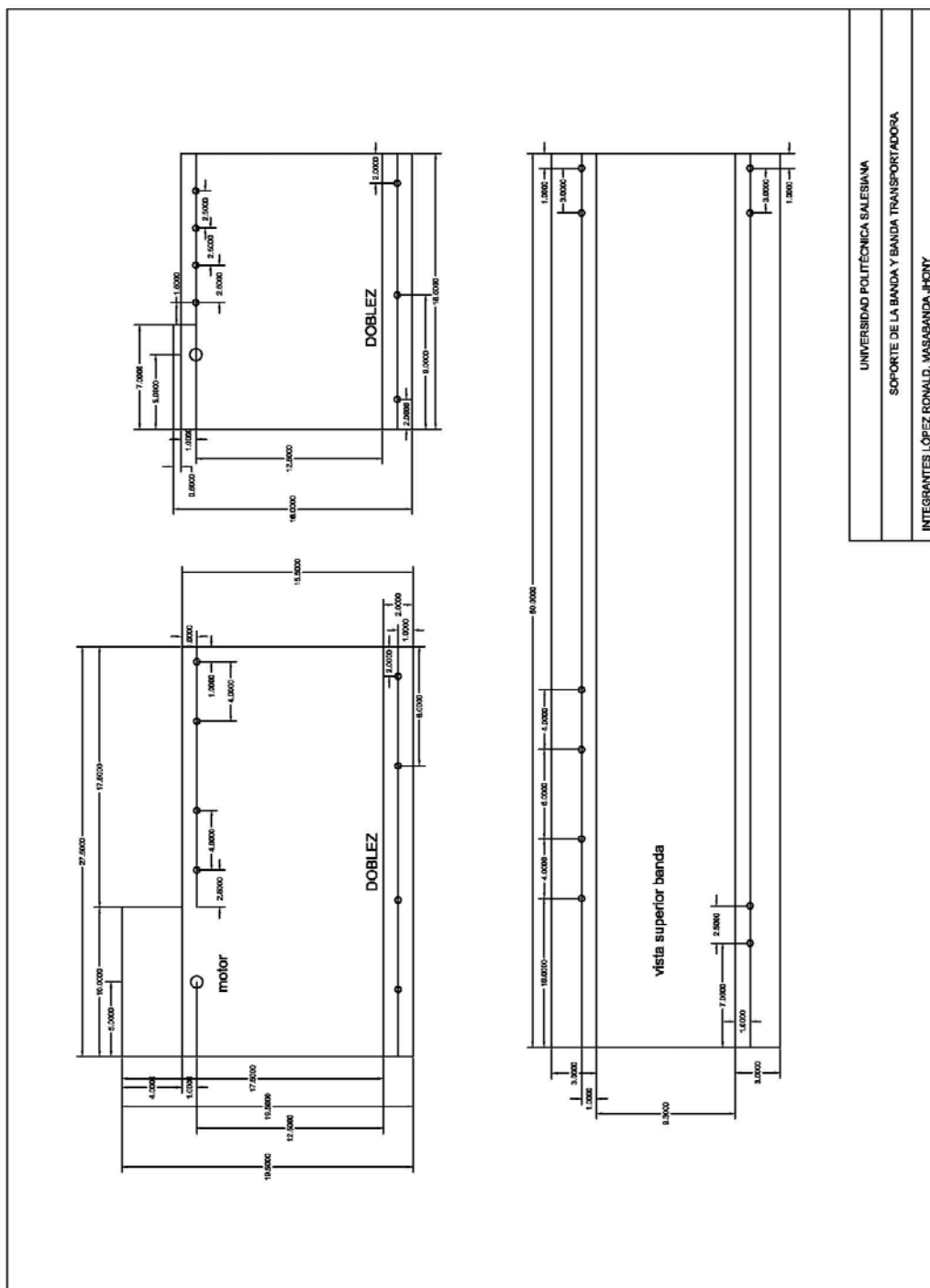
Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

Anexo 7: Conexión de alimentación para los PLC's y módulos de expansión



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

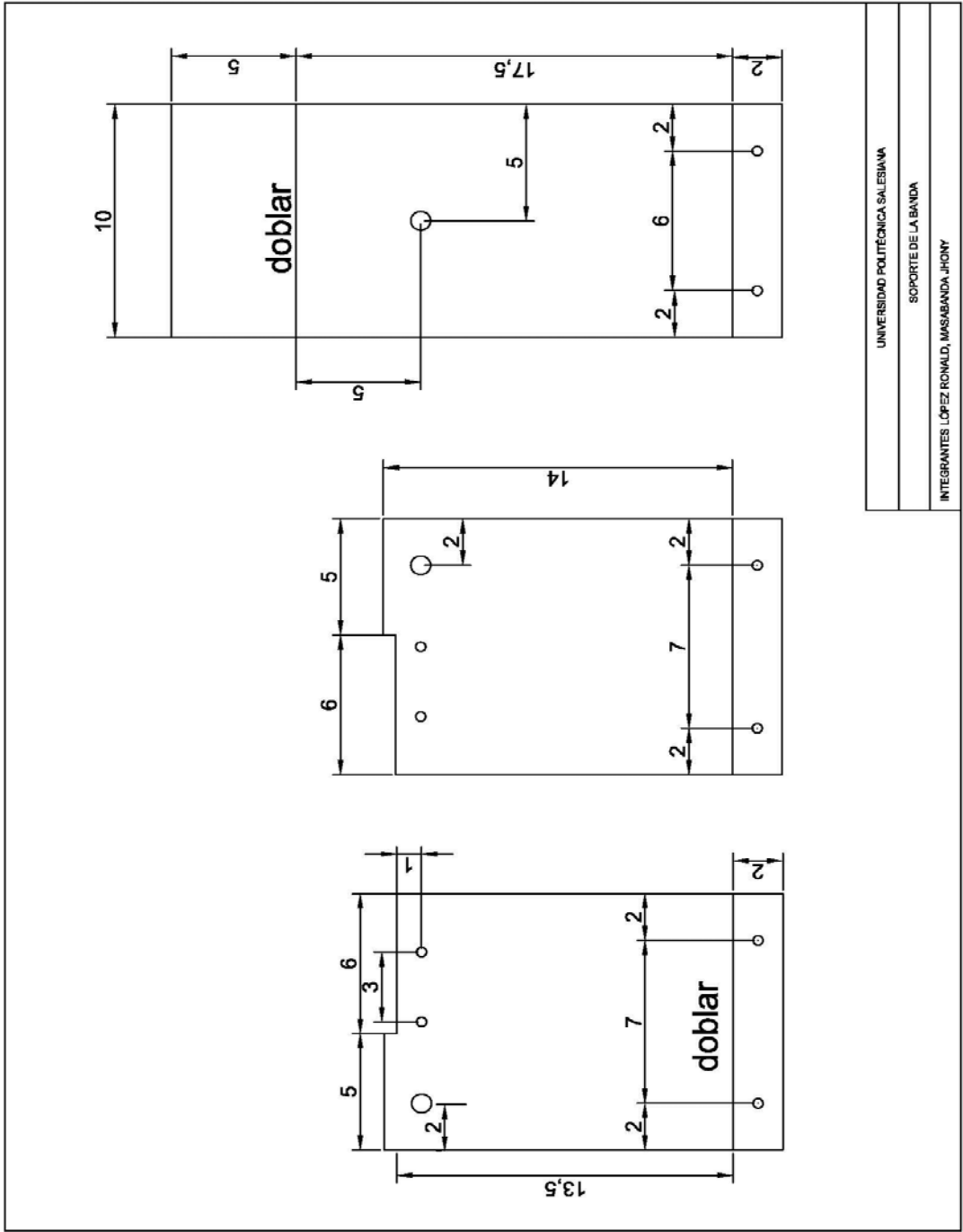
## Anexo 8: Soporte de banda y banda transportadora



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SOPORTE DE LA BANDA Y BANDA TRANSPORTADORA
INTEGRANTES LÓPEZ RONALD, MASABANDA JHONY

Anexo 9: Soporte de la banda

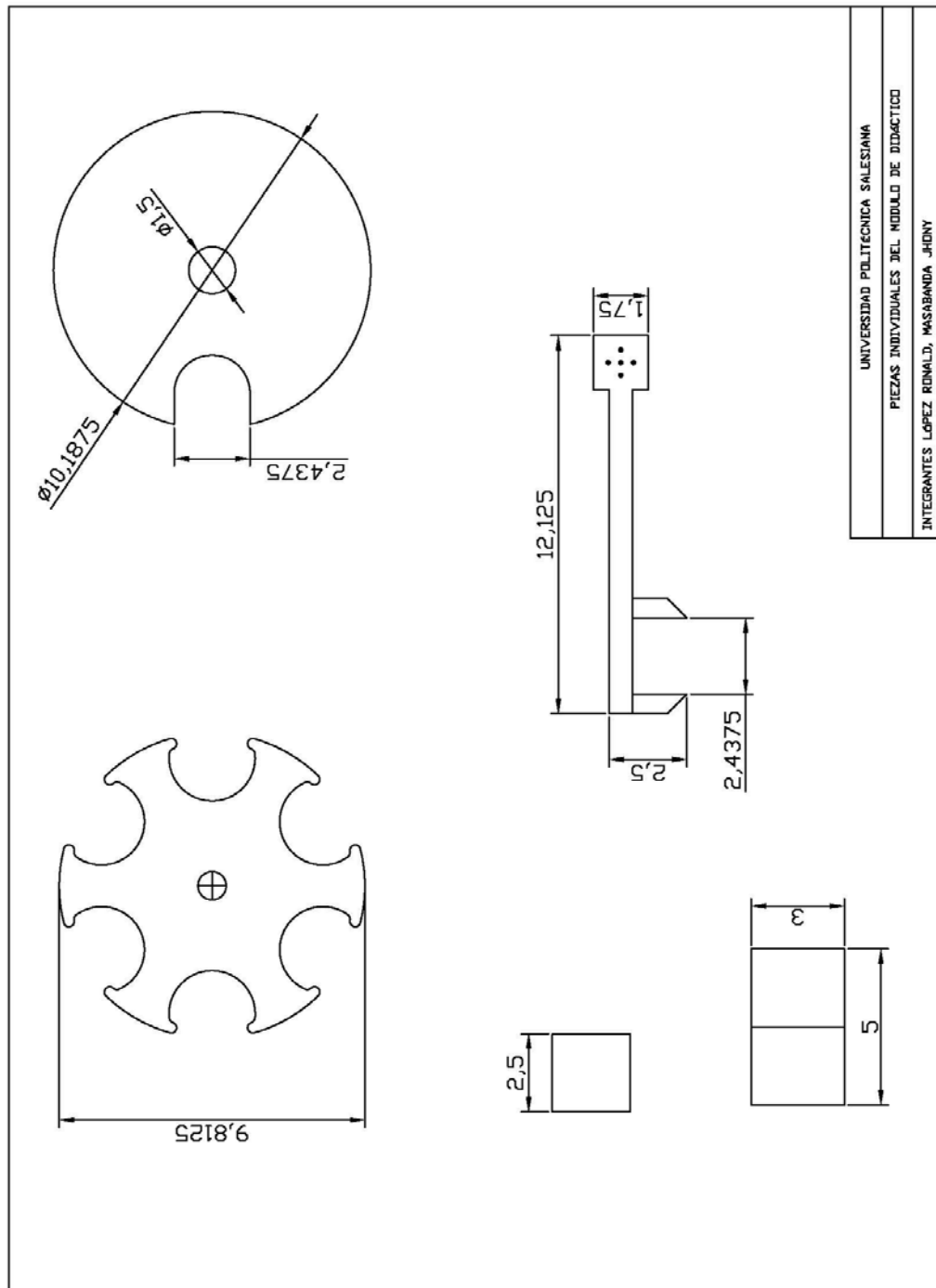


Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SOPORTE DE LA BANDA
INTEGRANTES LÓPEZ RONALD, MASABANDA JHONY



# Anexo 10: Piezas individuales del módulo didáctico



Elaborado por: Ronald López y Jhony Masabanda

