



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
RED INDUSTRIAL MODBUS PARA EL CONTROL DE ACTUADORES
TRIFÁSICOS EN EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN FLEXIBLE.**

AUTORES:

**JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ
EDDY HARRY DELGADO GUERRERO**

DIRECTOR:

ING. JORGE FARIÑO

Guayaquil, Marzo del 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Jefferson Mario Gallegos Ramírez, portador de cédula de identidad N° 091560133-0 y Eddy Harry Delgado Guerrero, portador de cédula de identidad N° 093015896-9 estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana declaramos que la responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, corresponde exclusivamente y es propiedad intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Marzo 2015.

Jefferson Mario Gallegos Ramírez

CI: 0915601330

Eddy Harry Delgado Guerrero.

CI: 0930158969

DEDICATORIAS

A ti Dios padre todopoderoso por darme sabiduría y salud durante mi formación académica, a mis padres por estar presentes durante mi crecimiento profesional con su apoyo incondicional en todo este proceso, siendo ellos quienes me han guiado por el camino del bien enseñándome a ser honrado y a esforzarme para alcanzar mis metas.

Jefferson Mario Gallegos Ramírez.

Dedico la finalización de mi carrera a mi madre por haberme hecho una persona perseverante decidida dándome el ejemplo necesario para aprender a alcanzar mis metas.

La dedico también a mi padre por haber estado siempre conmigo y brindarme sus consejos en los momentos necesarios.

Eddy Harry Delgado Guerrero.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme una familia grandiosa. Mis padres Waldo Gallegos e Inés Ramírez, quienes me apoyaron incondicionalmente durante mi formación profesional, fruto de su esfuerzo y sacrificio. A mis hermanas Jessica y Sara por su ayuda y consejos sabios que supieron darme en su momento.

Amigos y amigas que aportaron con detalles considerables para el desarrollo de mi tesis los cuales destaco a continuación: Alexander Constantine, Karen Pérez, entre otros.

A los docentes que aportaron con sus conocimientos y experiencias durante mis estudios superiores.

Jefferson Mario Gallegos Ramírez

AGRADECIMIENTO

Al culminar un arduo trabajo en la elaboración de mi tesis de graduación, es indudable reconocer que no lo hubiera logrado sin la colaboración de personas que me han facilitado su ayuda para la culminación de la misma. Por lo tanto, es muy grato para mí poder dedicar este espacio para brindarles mis más sinceros agradecimientos.

Debo de agradecer en primer lugar a Dios por darme la perseverancia y paciencia para seguir adelante y no darme por vencido cuando aparecían obstáculos en el camino. Por guiarme siempre en mi vida estudiantil y ayudarme a alcanzar mis objetivos.

A mi madre Lidia María Guerrero Bajaña y a mi tía Jacqueline Guerrero por siempre haberme inculcado buenos valores y a no darme por vencido sin intentarlo primero. Por enseñarme a ser siempre humilde y ayudar a los demás sin esperar nada a cambio. Por siempre tener las palabras exactas para darme el ánimo y fuerzas cuando más lo necesitaba.

A mi padre Euro Delgado Salazar y mis hermanos por siempre confiar en mí y saber que iba a lograr la obtención de mi título con excelencia como siempre lo he logrado en mi vida estudiantil.

A mi director de tesis el Ing. Jorge Fariño por siempre haber brindado sus conocimientos, aclarar nuestras dudas con respecto al tema y habernos ayudado a sacar adelante nuestro tema de graduación.

A mis profesores por haber sido mi fuente de conocimientos. A mis compañeros amigos, por la confianza puesta en mí por las palabras de ánimo para que no me dé por vencido. Por su ayuda incondicional sin esperar nada a cambio y haber puesto su granito de arena para ayudarme a alcanzar la obtención de mi título.

Eddy Harry Delgado Guerrero

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Delimitación del problema.....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Hipótesis.....	4
1.6 Variables e Indicadores.....	4
1.6.1 Variables.....	4
1.6.2 Indicadores.....	4
1.7 Metodología.....	5
1.7.1 Métodos.....	5
1.7.1.1 Método Inductivo.....	5
1.7.1.2 Método Teórico y Sistemático.....	5
1.7.2 Técnicas.....	6
1.7.2.1 Técnica Documental.....	6
1.8 Población y Muestra.....	6
1.8.1 Población.....	6
1.8.2 Muestra.....	6
1.9 Descripción de la propuesta.....	7
1.10 Beneficiarios.....	8
1.11 Impacto.....	8

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Controlador lógico programable	9
2.1.1 Estructura de un PLC	10
2.1.2 Procesador	10
2.1.3 Tareas principales.....	10
2.1.4 Memoria	10
2.1.4.1 Tipos de memoria.....	11
2.1.4.2 La memoria de datos	11
2.1.4.3 Memoria del usuario	11
2.1.5 Dispositivos de entrada	12
2.1.6 Dispositivos de salida.....	13
2.1.7 Tipos de entradas.....	13
2.1.7.1 Entradas Digitales	13
2.1.7.2 Entradas Analógicas.....	14
2.1.8 Campos de aplicación	14
2.1.9 Ventajas e Inconvenientes.....	15
2.1.9.1 Ventajas.....	15
2.1.9.2 Inconvenientes.....	16
2.2 Controlador programable Twido.....	16
2.2.1 Lenguaje Twido	17
2.3 Controlador lógico programable Zelio.....	17
2.3.1 Campos de aplicación para la industria.....	18
2.3.2 Zelio Soft.....	18
2.3.2.1 Características	18
2.4 Introducción al protocolo Modbus.....	19
2.4.1 Comunicación Maestro-Eslavo en Modbus.....	20
2.4.2 Tipos de Modbus.....	22
2.4.2.1 Modbus RTU.....	22
2.4.2.2 Modbus ASCII	23
2.4.2.3 Modbus TCP	24
2.4.3 Representación de datos Modbus.....	25

2.4.4 Estructura de tablas Modbus.	25
2.4.4.1 Estructura de tablas de control	26
2.4.4.2 Estructura de tablas (Emisión y Recepción)	29
2.4.4.2.1 Referencias	29
2.4.4.2.2 Intercambio de mensajes	30
2.4.4.3 Lectura de N bits para un máster Modbus.	30
2.4.4.4 Lectura de N palabras para un máster Modbus.....	31
2.4.4.5 Escritura de un bit para un máster Modbus.....	32
2.4.4.6 Escritura de una palabra para un máster Modbus	33
2.4.4.7 Escritura de N bits para un máster Modbus	34
2.4.4.8 Escritura de N palabras para un máster Modbus.....	35
2.5 Transformador.....	36
2.6 Motor eléctrico trifásico	36
2.6.1 Partes y funcionamiento del motor eléctrico trifásico.....	37
2.6.2 Tipos y características del motor eléctrico trifásico.....	38
2.6.3 Principio de funcionamiento del motor eléctrico trifásico	38
2.7 Variador de frecuencia	39
2.7.1 Principio de funcionamiento del variador de frecuencia.....	40
2.8 Disyuntor.....	41
2.8.1 Tipos de disyuntores	42
2.9 Guarda-motor	42
2.10 Luces indicadoras.....	43
2.11 Pulsadores y selectores.....	44
CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	45
3.1. Antecedentes.	45
3.2 Equipos de los módulos didácticos.	45
3.3 Maletas de Polietileno.....	46
3.4 Fabricación de base metálica para montaje de equipos.	47

3.5 Montaje de base metálica y equipos en la maleta.	49
3.6 Montaje de canaletas y prensas estopas.	51
3.7 Colocación de fuente de alimentación DC y repartidores de carga.	52
3.8 Instalación de luces indicadoras, pulsadores, selectores y stop de emergencia. ..	53
3.9 Cableado de equipos y elementos instalados.	54
3.10 Etiquetados de cables de los equipos instalados.	54
3.11 Cableado de equipos de control.	55
3.12 Instalación del soporte de control y visualización.	56
3.13 Conexión del variador de frecuencia.....	57
3.13.1 Conexión de motor.....	57
3.14 Conexión del transformador.....	58
3.15 Instalación del adaptador de red.....	58
3.16 Maletas terminadas para realizar pruebas de comunicación.	60
3.17 Configuración de software Twido Suite	60
3.17.1 Creación de un proyecto en Twido Suite	61
3.17.2 Descripción del producto	62
3.17.3 Selección del adaptador serie.....	63
3.17.4 Selección del módulo reloj.....	64
3.17.5 Configuración de elementos Modbus.....	64
3.17.6 Configuración de red Modbus.....	65
3.17.7 Programación en Ladder.	66
3.17.8 Configuración del software Zelio Soft.....	67
3.17.9 Configuración del módulo Zelio.....	67
3.17.10 Configuración del tipo de programación.....	68
CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS.....	70
4.1 Práctica 1: Lectura y escritura de palabras desde un PLC Twido (Máster) hacia un PLC Zelio (Esclavo).....	70

4.1.1	Objetivos	70
4.1.2	Descripción de la práctica	70
4.1.3	Desarrollo de la práctica.....	70
4.2	Práctica 2: Comunicación PLC Twido (Máster) y Variador ATV312 (Esclavo) se realiza una aplicación con inversión de giro de un motor.....	79
4.2.1	Objetivos	79
4.2.2	Descripción de la práctica.	79
4.2.3	Desarrollo de la práctica.....	80
4.3	Práctica 3: Escritura de palabras desde PLC Twido (Máster) hacia un PLC Twido (Esclavo) para la activación de una secuencia de luces.	85
4.3.1	Objetivos	85
4.3.2	Descripción de la práctica.	85
4.3.3	Desarrollo de la práctica.....	85
4.4	Práctica 4: Escritura y lectura de palabras, bits desde PLC Twido (Máster) hacia PLC Zelio (Esclavo) y Variador de Frecuencia (Esclavo).....	93
4.4.1	Objetivos	93
4.4.2	Descripción de la práctica.	93
4.4.3	Desarrollo de la práctica.....	93
4.5	Práctica 5: Escritura y lectura de palabras, bits desde PLC Twido (Máster) hacia los esclavos PLC Twido, 2 PLC Zelio, 2 Variadores de Frecuencia.	99
4.5.1	Objetivos.	99
4.5.2	Descripción de la práctica.	99
4.5.3	Desarrollo de la práctica.....	99
	CONCLUSIONES.....	117
	RECOMENDACIONES.....	118
	CRONOGRAMA	119
	PRESUPUESTO.....	120
	REFERENCIAS	121
	ANEXOS	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Población de estudiantes de Ingeniería Electrónica.....	6
Tabla 2 Bloques de memoria para Modbus.....	25
Tabla 3 Estructura de tabla Modbus.....	25
Tabla 4 Estructura de tabla de control 1.....	26
Tabla 5 Estructura de tabla de control 2.....	27
Tabla 6 Estructura de tabla de control 3.....	28
Tabla 7 Estructura de tabla de control 4.....	28
Tabla 8 Tabla para lectura de N bits.	30
Tabla 9 Tabla para lectura de N palabras.....	31
Tabla 10 Tabla para escritura de un bit.....	32
Tabla 11 Tabla para escritura de una palabra.....	33
Tabla 12 Tabla para escritura N bits.	34
Tabla 13 Tabla para escritura N palabras.....	35
Tabla 14 Equipos utilizados en maleta didáctica.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Gráfico estadístico de la población específica para la investigación.....	7
Figura 2.1	Controlador lógico programable.....	9
Figura 2.2	Registro de tabla en la unidad de procesamiento	11
Figura 2.3	Entradas y salidas de un PLC.	12
Figura 2.4	Señales digitales binarias ON-OFF.	13
Figura 2.5	Señales analógicas.	14
Figura 2.6	Controlador lógico programable Twido.	16
Figura 2.7	Relé inteligente Zelio Logic	18
Figura 2.8	Protocolo Modbus.....	19
Figura 2.9	Arquitectura Modbus.....	21
Figura 2.10	Formato de las tramas Modbus Serie.	22
Figura 2.11	Formato de las tramas Modbus Serie	23
Figura 2.12	Encapsulado de un mensaje en una trama TCP.....	24
Figura 2.13	Aspecto físico de un transformador.....	36
Figura 2.14	Motor trifásico y sus partes.	37
Figura 2.15	Pequeña unidad de variación de frecuencia.....	40
Figura 2.16	Un disyuntor magneto térmico monofásico bipolar.	41
Figura 2.17	Guarda-motor.....	43
Figura 2.18	Indicadores industriales	44
Figura 2.19	Pulsadores y selectores industriales.....	44
Figura 3.1	Esquema de maletas didácticas.....	45
Figura 3.2	Maleta Gator GRR-10L.....	46
Figura 3.3	Estado físico de la maleta.	47
Figura 3.4	Base metálica.....	47

Figura 3.5 Soporte de pulsadores y luces piloto.	48
Figura 3.6 Pintado de base metálica.....	48
Figura 3.7 Montaje de base y equipos.....	49
Figura 3.8 Base metálica con riel Din.....	50
Figura 3.9 Ubicación de equipos en la base.....	50
Figura 3.10 Instalación de canaletas.	51
Figura 3.11 Perforaciones para prensas estopas.....	52
Figura 3.12 Instalación de prensas estopas.	52
Figura 3.13 Instalación de fuente de poder.	53
Figura 3.14 Soporte con pulsadores y luces.....	53
Figura 3.15 Cableado de pulsadores y luces.	54
Figura 3.16 Etiquetado de los conductores.	55
Figura 3.17 Cableado de equipos de control.....	55
Figura 3.18 Ensamblaje del soporte de pulsadores y luces.....	56
Figura 3.19 Conexión del variador de frecuencia.	57
Figura 3.20 Conexión del motor con el variador	58
Figura 3.21 Instalación del transformador 120 a 240 V.	58
Figura 3.22 Instalación del adaptador de red.	59
Figura 3.23 Adaptador de red instalado.....	59
Figura 3.24 Módulos didácticos terminados.	60
Figura 3.25 Programación en software TwidoSuite.....	61
Figura 3.26 Crear nuevo proyecto en TwidoSuite.	61
Figura 3.27 Información del proyecto.....	62
Figura 3.28 Selección del producto a utilizar en la programación.....	62
Figura 3.29 Selección del modelo de PLC.....	63

Figura 3.30 Adaptador serie.....	63
Figura 3.31 Tarjeta reloj PLC.	64
Figura 3.32 Elementos Modbus.	64
Figura 3.33 Configuración de elemento Modbus.....	65
Figura 3.34 Configuración de red Modbus	65
Figura 3.35 Configuración completa del autómatas programable.....	66
Figura 3.36 Programación de encendido de una bobina.	66
Figura 3.37 Creación de programa.....	67
Figura 3.38 Selección del modulo Zelio	68
Figura 3.39 Selección del tipo de programación Zelio	68
Figura 3.40 Programación Set y Reset.....	69
Figura 3.41 Simulación del programa.....	69
Figura 4.1 Configuración de PLC y elemento Modbus.	70
Figura 4.2 Programa de marcha y paro general	71
Figura 4.3 Bloqueo de inicio de marcha de la secuencia	71
Figura 4.4 Reset de secuencia de salidas.	71
Figura 4.5 Activación de marca M4 para el bloque de secuencia.....	72
Figura 4.6 Inicialización del Temporizador 1	72
Figura 4.7 Desactivación de salida Q0.1 y M3.....	72
Figura 4.8 Inicialización del Temporizador 2.....	73
Figura 4.9 Desactivación de la salida Q0.2.....	73
Figura 4.10 Inicialización del Temporizador 3	73
Figura 4.11 Reset de la salida Q0.3	74
Figura 4.12 Inicialización del Temporizador 4.....	74
Figura 4.13 Reset de la salida M0.....	74

Figura 4.14	Inicialización del Temporizador 5 y Reset de la marca M1.....	75
Figura 4.15	Inicialización del Temporizador 6 y Reset de la marca M2.....	75
Figura 4.16	Escritura de bits en PLC Zelio.....	76
Figura 4.17	Configuración de parámetros de los Temporizadores.....	77
Figura 4.18	Asignación de tiempo a los Temporizadores.....	77
Figura 4.19	Escritura de bits en PLC Zelio.....	78
Figura 4.20	Lectura de palabras en PLC Zelio.....	78
Figura 4.21	Generación de frecuencia en el programa Zelio Soft.....	79
Figura 4.22	Configuración de PLC y elemento Modbus.....	80
Figura 4.23	Configuración de los parámetros Macros Drive.....	81
Figura 4.24	Escritura de palabras y bits en el Variador.....	81
Figura 4.25	Activación de secuencia automática.....	82
Figura 4.26	Tiempo de parada automática.....	82
Figura 4.27	Programación de parada del motor.....	82
Figura 4.28	Tiempo de espera para la inversión de giro.....	83
Figura 4.29	Marcha del motor en sentido contrario.....	83
Figura 4.30	Programación de tiempo de parada automática.....	83
Figura 4.31	Reinicio de secuencia.....	84
Figura 4.32	Reset de marcas del programa.....	84
Figura 4.33	Configuración de PLC y elemento Modbus.....	85
Figura 4.34	Activación de indicadores en Twido (Maestro).....	86
Figura 4.35	Programación de tiempo de espera en el Temporizador.....	86
Figura 4.36	Desactivación salida Q0.1 y activación de conteo de tiempo de espera.....	87
Figura 4.37	Desactivación salida Q0.2 y activación del Temporizador 3.....	87

Figura 4.38 Activación de indicadores en Twido (Esclavo).....	88
Figura 4.39 Desactivación de salida M0 e inicio de conteo del Temporizador 5.	88
Figura 4.40 Desactivación de salida Q0.2 del Twido (Esclavo) e inicio de conteo del Temporizador 6.	89
Figura 4.41 Configuración de parámetros de los Temporizadores.	90
Figura 4.42 Tabla de escritura de bits en PLC Twido (Esclavo).	90
Figura 4.43 Asignación de tiempo a los Temporizadores.....	91
Figura 4.44 Lectura de palabras en PLC Twido (Esclavo).	91
Figura 4.45 Activación de marca M4 para el bloque de secuencia.....	92
Figura 4.46 Reset de todas las marcas del programa.	92
Figura 4.47 Setpoint de Generación de Frecuencia.	92
Figura 4.48 Descripción de modelo de PLC y elementos Modbus.....	93
Figura 4.49 Configuración de los parámetros Macros Drive.....	94
Figura 4.50 Escritura de palabras y bits en el variador.	95
Figura 4.51 Marcha y paro del motor.	95
Figura 4.52 Lectura de palabras en PLC Zelio.	96
Figura 4.53 Marcha, Paro y conversión de palabras a bits.	97
Figura 4.54 Generación de Frecuencia automática.	98
Figura 4.55 Descripción de PLC y elementos Modbus.	100
Figura 4.56 Activación de indicadores en PLC Twido (Maestro).	100
Figura 4.57 Desactivación de salida y activación del Temporizador 2.	101
Figura 4.58 Desactivación de salida y activación del Temporizador 3.	101
Figura 4.59 Desactivación de salida y activación del Temporizador 4.	102
Figura 4.60 Desactivación de salida y activación del Temporizador 5.	102
Figura 4.61 Desactivación de salida y activación del Temporizador 6.	103

Figura 4.62	Desactivación de salida y activación del Temporizador 7.	103
Figura 4.63	Desactivación de salida y activación del Temporizador 8.	103
Figura 4.64	Desactivación de salida y activación del Temporizador 9.	104
Figura 4.65	Desactivación de salida y activación del Temporizador 10.	104
Figura 4.66	Desactivación de salida y activación del Temporizador 11.	105
Figura 4.67	Desactivación de salida y activación del Temporizador 12.	105
Figura 4.68	Bits que se escriben en Twido (Esclavo).....	106
Figura 4.69	Configuración de parámetros de los Temporizadores.	107
Figura 4.70	Asignación de tiempo a los Temporizadores.....	108
Figura 4.71	Configuración de los parámetros Macros Drive.....	109
Figura 4.72	Escritura de palabras y bits en el Variador 1.....	109
Figura 4.73	Escritura de palabras y bits en el Variador 2.....	110
Figura 4.74	Tabla de escritura de bits en PLC Zelio 1.	110
Figura 4.75	Tabla de escritura de bits en PLC Zelio 2.	111
Figura 4.76	Tabla de escritura de bits en PLC Twido (Esclavo).	111
Figura 4.77	Gestión de envío de datos de escritura de un bit.	112
Figura 4.78	Gestión de envío de datos de lectura de palabras.	112
Figura 4.79	Gestión de envío de datos de escritura de un bit Zelio 2.....	112
Figura 4.80	Gestión de envío de datos de escritura de un bit Twido (Esclavo).....	113
Figura 4.81	Setpoints de Variador de Frecuencia.	113
Figura 4.82	Paro de secuencia, reset de salidas y marcas.	114
Figura 4.83	Bloqueo de entrada I0.1.....	114
Figura 4.84	Comparación de tiempos de setpoints.	115
Figura 4.85	Conversión de palabra a bit en Zelio Soft.	115
Figura 4.86	Codificación de temporizadores para variación de velocidad.....	116

ABSTRACT

AÑO	ALUMNO	DIRECTOR DE TESIS	TEMA DE TESIS
2015	Gallegos Ramírez Jefferson Mario	Ing. Jorge Fariño	Diseño e implementación de una red industrial Modbus para el control de actuadores trifásicos en el laboratorio de fabricación flexible.

El siguiente trabajo de investigación consiste en el diseño e implementación de dos módulos de entrenamiento compactos, los cuales están dotado de un autómatas compacto Twido como Maestro, un relé inteligente Zelio Logic y un Variador de Frecuencia como esclavos, también contiene pulsadores, selectores y actuadores necesarios para establecer una red industrial con sus respectivos módulos. Los equipos de campo son convencionales de la marca Schneider Electric, para la demostración de las múltiples alternativas de enlace en la red industrial. La conexión de la red está basada específicamente en el Protocolo Modbus RTU que utiliza la arquitectura maestro - esclavo para el intercambio de mensajes, por medio del envío y recepción de señales discretas.

La investigación desarrollada es dirigida especialmente a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, que manipularán los módulos para realizar prácticas y simulaciones con equipos industriales de diferentes estándares, que son muy utilizados en el campo laboral, permitiendo familiarizarse con el protocolo Modbus RTU y la arquitectura maestro – esclavo, mediante la transmisión y recepción de datos con bloques de función, este trabajo permitirá a los estudiantes la adquisición de experiencia en la parte académica y laboral, para solucionar varios problemas que se presentan en las industrias.

PALABRAS CLAVES: Diseño, implementación, protocolo Modbus, transmisión, recepción y adquisición de datos, módulo de entrenamiento.

ABSTRACT

YEAR	AUTHORS	ADVISOR	TITLE
2015	Gallegos Ramírez Jefferson Mario	Ing. Jorge Fariño	Design and implementation of a Modbus industrial network for controlling actuators three phase in the laboratory flexible manufacturing.

This research involves the design and implementation of two compact training modules, which are provided with a compact Twido as Master, a Zelio Logic smart relay and a drive frequency as slaves, also contains buttons, switches and actuators to establish an industrial network with their respective modules. Field teams are conventional Schneider Electric brand, for the demonstration of multiple alternatives in the industrial network link. The network connection is based specifically on the Modbus RTU protocol that uses the architecture master - slave to exchange messages by sending and receiving discrete signals.

The work is particularly aimed at students of the Polytechnic University Salesiana located on Guayaquil, which handled the modules for practice and simulations with industrial equipment of different standards, which are widely used in the workplace. Allows them to become familiar with the Modbus RTU protocol and architecture master-slave by transmitting and receiving data with function blocks, this thesis will can students to gain experience in academic and professional, to solve various problems that currently happen in a lot industries.

KEYWORDS: Design, implementation, Modbus protocol, transmission, reception and data acquisition, training module.

INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto consiste en diseñar e implementar dos módulos de entrenamiento portátil tipo maleta para realizar prácticas de comunicación Modbus, el mismo que contiene controladores lógicos programables, variador de frecuencia, motor trifásico, pulsadores y luces indicadoras.

El objetivo principal de estas maletas de entrenamiento es facilitar el aprendizaje y reforzar los conceptos de las materias como: circuitos industriales, automatismo, permitiendo interactuar en forma física y virtual con diferentes prácticas relacionadas con procesos industriales.

En el Capítulo 1 se detallan todos los hechos preliminares, tales como, el planteamiento del problema, delimitación, objetivos, justificación, beneficiarios, metodología, variables e indicadores, hipótesis y un resumen de la propuesta de intervención.

En el Capítulo 2 se especifica el marco teórico sobre los elementos más importantes de este proyecto para brindar al lector una mejor comprensión de los elementos y equipos industriales aplicados en la parte académica y reforzando varios conceptos que son utilizados para la implementación del proyecto, teniendo con esto un material de consulta para el desarrollo de este trabajo.

En el Capítulo 3 se especifican todos los parámetros, normas y pasos necesarios para el diseño y construcción de los módulos de entrenamiento.

En el Capítulo 4 se detallan los tutoriales de las prácticas en las cuales los usuarios de los módulos didácticos podrán explotar todas sus características para poder desarrollar nuevas prácticas de laboratorio basados en el protocolo de comunicación Modbus.

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente el laboratorio de fabricación flexible del bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil (UPSSG), carecen de maletas de entrenamiento de comunicación industrial, se propuso diseñar e implementar dos módulos de entrenamiento portátil tipo maleta para el laboratorio, que permitirá a los estudiantes realizar prácticas y solucionar varios de los problemas industriales al adaptar la diversidad de equipos de diferentes estándares que se encuentran en el mercado con el protocolo Modbus.

En los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil constan de pocas marcas de equipos de automatización para las prácticas de laboratorios, los mismos que no pueden ser integrados con otras marcas y comunicarlos en una red industrial debido a la falta de un módulo de comunicación, con el protocolo Modbus nos permite integrar un sistema conformado por varios dispositivos y equipos de automatización industrial independientemente de la marca que estos fueran.

La implementación de sistemas automatizados de control, son cada vez más exigidas al momento de realizar mejoras en los procesos industriales, ya que se obtiene una mayor calidad y rapidez de trabajo con una variedad de beneficios. Dada la creciente demanda de mejoras en los procesos industriales, se han tenido que implementar más protocolos de control de comunicación.

Actualmente existen diversos protocolos de comunicación industrial disponibles en el medio, que al momento de hacer la selección más idónea, para la integración de diferentes procesos en una planta industrial resulta complejo, debido a la falta de estandarización por parte de las empresas; así como también prácticas técnicas con estos protocolos durante la formación académica de los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, las mismas que influyen en la toma de decisiones técnicas, al momento de implementar una red industrial en una

determinada planta con equipos no estandarizados haciendo un poco más complejo el trabajo.

1.2 Delimitación del problema

La implementación de las maletas de entrenamiento se realizó en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil en el laboratorio de fabricación flexible en el periodo de octubre del 2014 a marzo del 2015.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar dos maletas de entrenamiento compactas, que posean controladores lógicos programables, módulos de comunicación serial, pulsadores, selectores y actuadores necesarios para establecer una red industrial con arquitectura maestro-esclavo o cliente-servidor, utilizando el protocolo de comunicación Modbus.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Construir y equipar dos maletas de entrenamiento con autómatas, relés inteligentes, variadores de frecuencia y motores asíncronos como actuadores.
- Instalar los elementos de campo, tales como: pulsadores, selectores, guarda motores, disyuntores y luces indicadoras.
- Implementar una comunicación entre los diferentes equipos mediante el protocolo Modbus.
- Configurar los respectivos envíos y recepción de datos, a través de la red industrial Modbus.
- Realizar 5 prácticas referentes a la programación, configuración y comunicación de equipos dentro de una red industrial Modbus.

1.4 Justificación

En la actualidad el control de procesos en industrias tiene una demanda del manejo versátil de diferentes equipos existentes en el campo laboral, es por eso, que la adquisición de las maletas de entrenamiento para el laboratorio de fabricación flexible ayudará a la captación de experiencia en el desarrollo de nuevos proyectos de

automatización utilizando el protocolo Modbus. Permitiendo familiarizarse con la arquitectura maestro-esclavo o cliente-servidor, utilizando bloques de funciones para el envío y recepción de datos haciendo mucho más sencilla la comunicación entre equipos de diferentes estándares.

El proyecto permitirá emplear los conocimientos adquiridos para el desarrollo de varias prácticas didácticas de simulación para el estudio de un protocolo de comunicación industrial entre diversos equipos al tener una comunicación maestro-esclavo.

1.5 Hipótesis

El autómata Twido será capaz de mantener una comunicación continua con los diversos equipos que se utilizan en la red industrial que se va a implementar.

Este autómata realizará la comunicación entre los equipos a una velocidad constante de 19200 baudios, el protocolo Modbus permite realizar una comunicación de lectura o escritura con 2 o más equipos (hasta 247 esclavos).

1.6 Variables e Indicadores

1.6.1 Variables

- Señales discretas, selectores, pulsadores, luces indicadoras, guarda-motores.
- Señales Digitales
- Comunicación de datos.

1.6.2 Indicadores

- Señal discreta: Por medio de la visualización de luces indicadoras.
- Señal analógica: Por medio de la pantalla del variador.
- Registros Modbus: Por medio del software de programación.

1.7 Metodología

1.7.1 Métodos

1.7.1.1 Método Inductivo

Se aplica este método ya que la unión de varios conocimientos de las materias Automatismo I y II, Circuitos industriales y Circuitos eléctricos industriales permitirán construir las maletas de entrenamiento.

Estas maletas de entrenamiento podrán ser utilizadas en las diferentes materias impartidas que tengan como herramienta el estudio de los controladores lógicos programables en la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil.

En este módulo se aplicará el análisis y verificación de la transferencia de datos e información en cada práctica con el protocolo Modbus.

1.7.1.2 Método Teórico y Sistemático

Para la elaboración y cumplimiento del proyecto lo primero que se realizó es el levantamiento de la información como son:

- Funcionamiento del PLC Twido.
- Funcionamiento del PLC Zelio
- Funcionamiento de un variador de frecuencia.
- Software a utilizar licenciados.
- Búsqueda de información en sitios web.
- Consulta de información referente al tema en textos de ayuda e internet.
- Buscar en el mercado proveedores de equipos industriales.
- Consultas sobre el tema con ingenieros docentes de la universidad.
- Tiempo en obtener las partes a utilizar lo cual prolongo la culminación del proyecto.

Todos estos puntos fueron de mucha importancia dentro del levantamiento de la información ya que a más de un tema de tesis, era un reto a realizar; sin mencionar los

problemas de índole personal que generalmente no se estiman dentro de una planificación.

1.7.2 Técnicas

1.7.2.1 Técnica Documental

Utilizamos esta técnica por la recopilación de información para enunciar las teorías que sustentan el estudio de nuestro proyecto a implementar basados en bibliografías de libros o paginas encontradas en la web.

1.8 Población y Muestra

1.8.1 Población

La población son los estudiantes que están cursando la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana que escogen las materias impartidas de control y automatización de PLC en el laboratorio de fabricación flexible.

1.8.2 Muestra

Como muestra se escoge a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica que escogen la materia Automatismo II, dada en séptimo semestre ya que dentro del contenido académico estudian los protocolos de comunicación industrial.

Tabla 1 Población de estudiantes de Ingeniería Electrónica

Descripción	Cantidad
Estudiantes de la materia de automatismo I	30
Estudiantes de la materia de automatismo II	35
Estudiantes de la materia de circuitos eléctricos I	25
Total	90

Nota: En la tabla 1 se muestra el resultado de estudiantes beneficiados.

Fuente Los autores

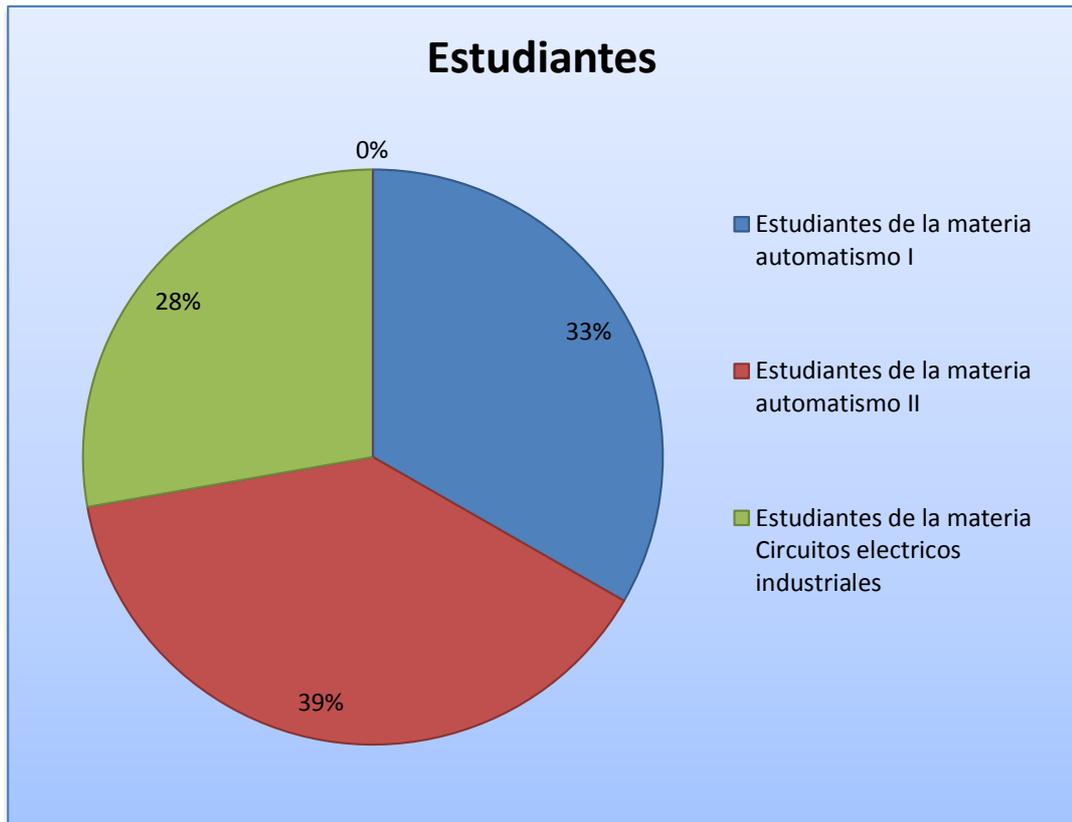


Figura 1.1 Gráfico estadístico de la población específica para la investigación.

Fuente Los autores

La siguiente gráfica está dividida en 3 secciones que nos indica el porcentaje de la población de estudiantes en las distintas materias que estudiarán los protocolos de comunicación industrial.

1.9 Descripción de la propuesta

Se implementaron dos maletas didácticas las mismas que servirán para el aprendizaje de la comunicación de equipos industriales mediante el protocolo Modbus. Las maletas didácticas constan de componentes como: autómata (Maestro), relé inteligente (Esclavo), un variador de frecuencia (Esclavo), pulsadores, selectores, luces indicadoras, y un motor trifásico (actuador).

También constan de un transformador de 120 a 240 VAC para la alimentación del variador de frecuencia, una fuente de 24VDC para la alimentación del relé inteligente,

pulsadores, selectores y luces indicadoras. Cada maleta con sus respectivas protecciones para los equipos como: disyuntores, guarda-motor y un pulsador tipo hongo de paro de emergencia que desconecta la alimentación principal de la maleta didáctica.

1.10 Beneficiarios

Los beneficiarios de las maletas de didácticas serán los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana de ciclos superiores a quinto semestre.

1.11 Impacto

El proyecto es dirigido especialmente a los estudiantes que manipularán los equipos para prácticas y adquisición de experiencias académicas, al hacer simulaciones con equipos industriales de diferentes estándares que son muy utilizados en el campo laboral, permitiendo familiarizarse con el protocolo Modbus y la arquitectura maestro - esclavo, utilizando transmisión y recepción de datos para su comunicación.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Controlador lógico programable

El PLC es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como pueden ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos. (Moreno, 2011)



Figura 2.1 Controlador lógico programable.

Fuente Siemens, (2010)

También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal. (Moreno, 2011)

Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida, para responder en tiempo real. Los PLC son utilizados donde se requieran tanto controles lógicos como secuenciales o ambos a la vez. (Moreno, 2011)

2.1.1 Estructura de un PLC

Un PLC tiene una estructura básica que está compuesta por:

- La CPU.
- Las interfaces de entradas.
- Las interfaces de salidas.

2.1.2 Procesador

Es el responsable de la ejecución del programa desarrollado por el usuario, es el cerebro del PLC.

2.1.3 Tareas principales

- Ejecutar el programa realizado por el usuario.
- Administración de la comunicación entre el dispositivo de programación y la memoria, entre el microprocesador y los bornes de entrada / salida.
- Ejecutar los programas de auto-diagnósticos.

Para poder realizar todas estas tareas, el procesador necesita un programa escrito por el fabricante, llamado sistema operativo.

Este programa no es accesible por el usuario y se encuentra grabado en una memoria que no pierde la información ante la ausencia de alimentación, es decir, en una memoria no volátil. (Moreno, 2011)

2.1.4 Memoria

(Moreno, 2011); Explica que las memorias tienen que ser capaces de almacenar y retirar información, para ello cuentan con memorias. Las memorias son miles de cientos de localizaciones donde la información puede ser almacenada. Estas localizaciones están muy bien organizadas.

Tanto el sistema operativo como el programa de aplicación, las tablas o registros de entradas / salidas y los registros de variables o bits internos están asociados a distintos tipos de memoria.

La capacidad de almacenamiento de una memoria suele cuantificarse en bits, bytes (grupo de 8 bits), o Word (grupo de 16 bits)

2.1.4.1 Tipos de memoria

2.1.4.2 La memoria de datos

(Moreno, 2011); Indica que la memoria de datos o también llamada tabla de registros, se utiliza tanto para grabar datos necesarios los fines de la ejecución del programa, como para almacenar datos durante su ejecución y/o retenerlos luego de haber terminado la aplicación. Este tipo de memorias contiene la información sobre el estado presente de los dispositivos de entrada y salida. Si un cambio ocurre en los dispositivos de entrada o salida, ese cambio será registrado inmediatamente en esta memoria. En resumen, esta memoria es capaz de guardar información originada en el microprocesador incluyendo: tiempos, unidades de conteo y relés internos.

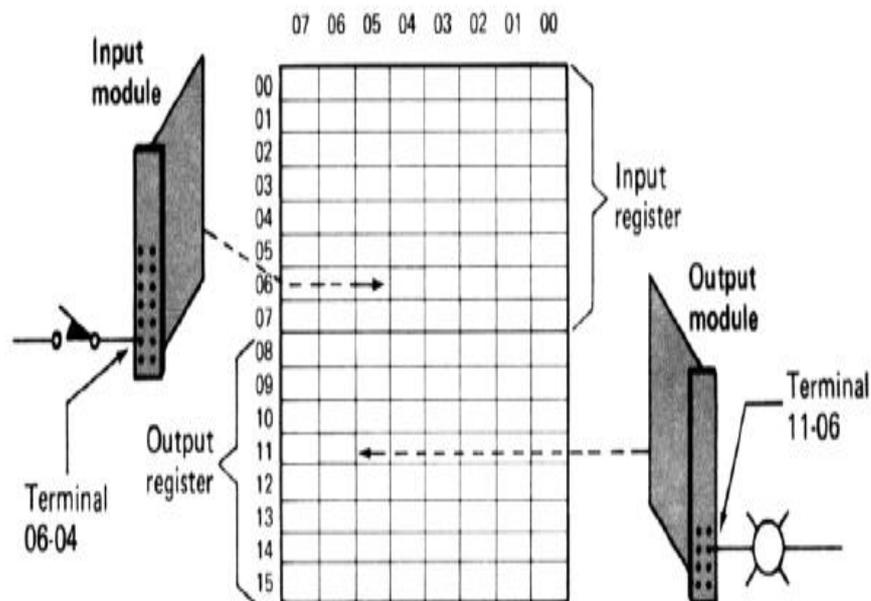


Figura 2.2 Registro de tabla en la unidad de procesamiento.

Fuente Moreno, (2011)

2.1.4.3 Memoria del usuario

(Moreno, 2011); Menciona que la memoria es utilizada para guardar el programa. El programa construido por el usuario debe permanecer estable durante el funcionamiento del equipo, además debe ser fácil de leer, escribir o borrar. Por esta razón se usa para su almacenamiento, memorias tipo RAM o EEPROM. A estas memorias se las llama memoria del usuario o memoria de programa.

En el caso de usar memorias tipo RAM será necesario también el uso de pilas, ya que este tipo de memoria se borra con la ausencia de alimentación. En el caso de usar memorias EEPROM la información no se pierde al quitar la alimentación.

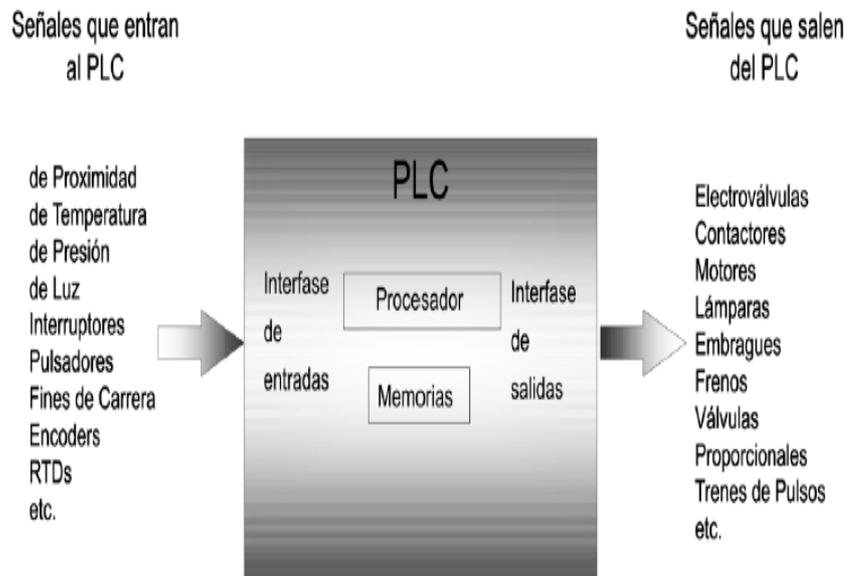


Figura 2.3 Entradas y salidas de un PLC.

Fuente Moreno, (2011)

2.1.5 Dispositivos de entrada

(Moreno, 2011); Explica que los dispositivos de entrada y salida son aquellos equipos que intercambian (o envían) señales con el PLC.

Cada dispositivo de entrada es utilizado para conocer una condición particular de su entorno, como temperatura, presión, posición, entre otras.

Entre estos dispositivos podemos encontrar:

- Sensores inductivos magnéticos,
- Sensores ópticos,
- Pulsadores,
- Termocuplas,
- Termo resistencias,
- Encoders.

2.1.6 Dispositivos de salida

Los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno. Entre los dispositivos típicos de salida podemos hallar:

- Contactores de motor,
- Electroválvulas,
- Indicadores luminosos o simples relés.

Generalmente los dispositivos de entrada, los de salida y el microprocesador trabajan en diferentes niveles de tensión y corriente. En este caso las señales que ingresan y salen del PLC deben ser acondicionadas a las tensiones y corrientes que maneja el microprocesador, para que éste las pueda reconocer. Ésta es la tarea de las interfaces módulos de entrada o salida. (Moreno, 2011)

2.1.7 Tipos de entradas

2.1.7.1 Entradas Digitales

Las entradas digitales también llamadas binarias u “on-off”, son las que pueden tomar sólo dos estados: encendido o apagado, estado lógico 1 ó 0. Los módulos de entradas digitales trabajan con señales de tensión. Cuando por un borne de entrada llega tensión, se interpreta como “1” y cuando llega cero tensiones se interpreta como “0”. Existen módulos o interfaces de entradas de corriente continua para tensiones de 5, 12, 24 o 48 Vdc y otros para tensión de 110 o 220 Vac. (Moreno, 2011)

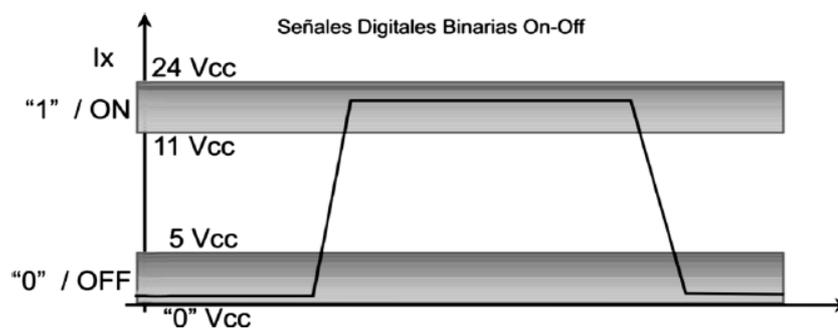


Figura 2.4 Señales digitales binarias ON-OFF.

Fuente Moreno, (2011)

2.1.7.2 Entradas Analógicas

Las entradas analógicas son aquellas que admiten como señal de entrada valores de tensión o corriente intermedios dentro de un rango, que puede ser de 4-20 mA, 0 – 5 Vdc ó 0 - 10 Vdc, convirtiéndola en un número. Este número es guardado en una posición de la memoria del PLC.

Los módulos de entradas analógicas son los encargados de traducir una señal de tensión o corriente proveniente de un sensor de temperatura, velocidad, aceleración, presión, posición, o cualquier otra magnitud física que se quiera medir en un número para que el PLC la pueda interpretar. En particular es el conversor analógico digital (A/D) es el encargado de realizar esta tarea.

Una entrada analógica con un conversor A/D de 8 bits podrá dividir el rango de la señal de entrada en 256 valores (2^8). (Moreno, 2011)

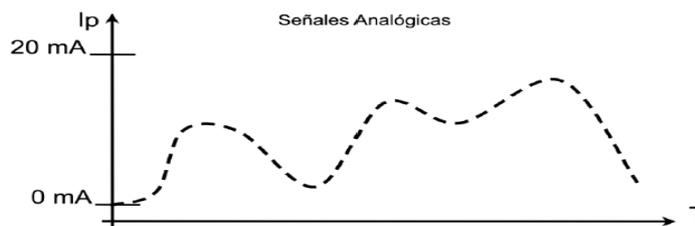


Figura 2.5 Señales analógicas.

Fuente Moreno, (2011)

2.1.8 Campos de aplicación

(Moreno, 2011); Dice que el PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo, para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, o control de instalaciones, entre otras. Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y

rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie principalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

2.1.9 Ventajas e Inconvenientes

Se sabe que no todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

2.1.9.1 Ventajas

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos, debido a que no es necesario dibujar previamente el esquema de contactos, es preciso simplificar las ecuaciones lógicas, ya que por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio del tablero donde se instala el autómata programable.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción. (Moreno, 2011)

2.1.9.2 Inconvenientes

- Como inconvenientes se puede hablar en primer lugar, de un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido. Esta capacitación puede ser tomada en distintos cursos, inclusive en universidades.
- El costo inicial. (Moreno, 2011)

2.2 Controlador programable Twido

La creación de un programa de control para un controlador Twido consiste en escribir una serie de instrucciones en uno de los lenguajes de programación de Twido. Se encuentra disponible en dos versiones: Compacto y Modular, que comparten opcionales, extensiones de E/S y el software de programación, otorgándole máxima flexibilidad y simplicidad de uso.

Twido reduce los espacios en los tableros gracias a su pequeño tamaño. Tanto los controladores como los módulos de extensión de E/S, ofrecen una gran variedad en opciones para simplificar el cableado: borneras extraíbles, conectores a resorte y varios módulos pre cableados llamados Twido Fast. Con Twido es posible ajustar la solución de acuerdo a las necesidades de cada aplicación. (Moreno, 2011)

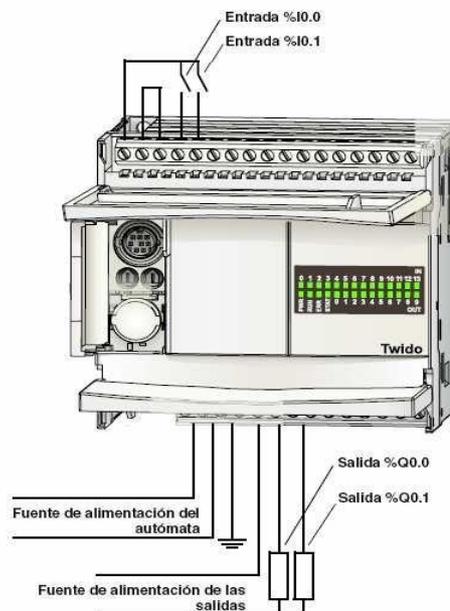


Figura 2.6 Controlador lógico programable Twido.

Fuente Schneider Electric, (2010)

El PLC Twido compacto, disponible en 10, 1 o E/S y extensible hasta 88 E/S. Un mismo rango de módulos de extensión de E/S para ambos controladores: 1 módulos de E/S digitales, módulos de E/S analógicas.

Módulos opcionales que permiten aumentar la capacidad de comunicación en RS232 y RS 485; display de diálogo hombre - máquina; reloj de tiempo real; memoria backup de 32 Kb, y memoria de expansión a 64 Kb; simuladores de entradas; y un surtido de cables, conectores y unidades pre cableadas, que facilitan el montaje ahorrando costos y tiempo. (Schneider Electric, 2010)

2.2.1 Lenguaje Twido

En el lenguaje Twido se puede crear programas de control que se utilizan los siguientes lenguajes de programación:

- Lenguaje de lista de instrucciones: Un programa de lista de instrucciones se compone de una serie de expresiones lógicas escritas como una secuencia de instrucciones booleanas.
- Diagramas ladder logic: Un diagrama ladder logic es una forma gráfica de mostrar una expresión lógica.
- Lenguaje Grafcet: El lenguaje Grafcet está compuesto por una sucesión de pasos y transiciones.

Twido admite las instrucciones de lista Grafcet, pero no Grafcet gráfico. Puede utilizar un ordenador personal (PC) para crear y editar programas de control Twido mediante estos lenguajes de programación.

La función de reversibilidad de lista / ladder logic permite pasar un programa de lista a ladder Logic y viceversa, según convenga. (Moreno, 2011)

2.3 Controlador lógico programable Zelio

Según (Schneider Electric, 2011); El relé inteligente Zelio Logic está diseñado para pequeños sistemas de automatismos. Se usa tanto en los sectores de la industria como en el de servicios.



Figura 2.7 Relé inteligente Zelio Logic.

Fuente Schneider Electric, (2011)

2.3.1 Campos de aplicación para la industria

- Automatización de máquinas de terminaciones, producción, ensamblaje o embalaje.
- Automatización de equipos auxiliares en máquinas del sector textil, plásticos y sector de proceso de materiales.
- Automatización de maquinarias para la agricultura (riego, bombeo, invernaderos, etc.).

Para los sectores de construcción e infraestructura:

- Automatización de barreras, cortinas eléctricas, controles de acceso.
- Automatización de instalaciones de iluminación,
- Automatización de compresores y sistemas de aire acondicionado.

2.3.2 Zelio Soft

El programa Zelio Soft fue diseñado especialmente para controladores lógicos programables (PLC) en el cual se pueden realizar simulaciones de circuitos que después pueden ser trasladados a un PLC para que este lo reproduzca. (Schneider Electric, 2011)

2.3.2.1 Características

Las características principales del software Zelio Soft son las siguientes:

- * Programación libre

- * En símbolos Zelio
- * En símbolos ladder (escalera)
- * En símbolos eléctricos
- * Permite realizar simulación de control sin necesidad de estar conectado al PLC
- * Permite ver los resultados de E/S del programable en su entorno de aplicación
- * Corrige cuando hay alguna falla en el circuito mediante la función de test de coherencia.

2.4 Introducción al protocolo Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación serial desarrollado y publicado por Modicon en 1979. En su origen el uso de Modbus estaba orientado exclusivamente al mundo de los controladores lógicos programables o PLCs de Modicon. No hace falta más que echar un vistazo al mercado industrial actual para darse cuenta que, a día de hoy, el protocolo Modbus es el protocolo de comunicación más común utilizado en entornos industriales, sistemas de telecontrol y monitorización. (Schneider Electric, 2008)

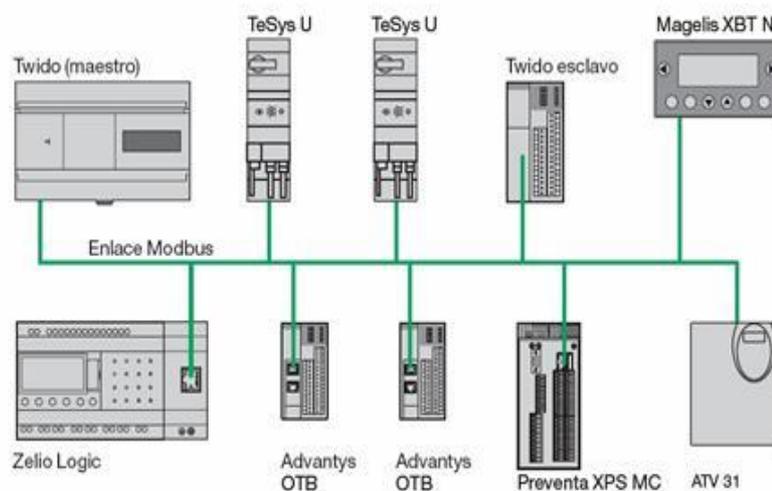


Figura 2.8 Protocolo Modbus.

Fuente Schneider Electric,(2008)

(Schneider Electric, 2008); El objeto del protocolo Modbus es la transmisión de información entre distintos equipos electrónicos conectados a un mismo bus.

Existiendo en dicho bus un solo dispositivo maestro (Master) y varios equipos esclavos (Slaves) conectados. En su origen estaba orientado a una conectividad a través de líneas serie como pueden ser RS-232 o RS-485, pero con el paso del tiempo han aparecido variantes como el Modbus TCP, que permite el encapsulamiento del Modbus serie en tramas Ethernet TCP/IP de forma sencilla.

Esto sucede porque desde el modelo OSI, el protocolo Modbus se ubica en la capa de aplicación. El hecho que se haya extendido su uso hasta convertirse en el protocolo más estandarizado en el sector industrial se debe a varias razones diferenciales respecto a otros protocolos.

El estándar Modbus es público, lo que permite a los fabricantes desarrollar dispositivos tanto Master como Slave sin royalties aplicados al protocolo. Este hecho facilita el acceso a la información y estructura del protocolo que, además, es muy básica pero funcional para su objetivo. Desde el punto de vista técnico, su implementación es muy sencilla y en consecuencia el tiempo de desarrollo se acorta considerablemente respecto a otros protocolos en los que se complica la estructura de las tramas y en consecuencia el acceso a los datos que no están almacenados en estructuras complejas. La transmisión de la información no está comprometida a ningún tipo de datos. Lo que implica cierta flexibilidad a la hora del intercambio de información. Para expresarlo de forma más clara, si se transmite un dato de 16 bits de información su representación no está sujeta a ninguna restricción, por lo que puede tratarse de un dato tipo Word con signo, un entero sin signo de 16 bits o la parte alta de una representación tipo Float de 32 bits, etc. La representación del valor es definido por la especificación que el fabricante proporciona sobre el dispositivo, lo que permite representar un amplio rango de valores. (Schneider Electric, 2008)

2.4.1 Comunicación Maestro-Eslavo en Modbus

El protocolo Modbus siempre funciona con un maestro y uno o más esclavos, siendo el maestro quién controla en todo momento el inicio de la comunicación con los esclavos, que según la especificación pueden ser hasta 247 en una misma red.

El esclavo por otro lado se limita a retornar los datos solicitados por el maestro, así de simple es la comunicación usando el Modbus, el maestro envía los mensajes y el respectivo esclavo los responde. (Schneider Electric, 2008)

Cada esclavo debe tener una única dirección, así el maestro sabe con quién se debe comunicar. Vea la animación siguiente, observe cómo funciona el envío de mensajes entre el maestro y el esclavo tome en cuenta lo siguiente:

- Cada esclavo tiene su propia dirección, que puede ir desde 1 hasta 247.
- El maestro siempre inicia la comunicación enviando un paquete de información bien estructurado a todos los esclavos, entre otras muchas cosas en la información se incluye el número del esclavo.
- El esclavo elegido responde, enviando lo que se le pide por medio también de un paquete de información bien estructurado.



Figura 2.9 Arquitectura Modbus.

Fuente Schneider Electric, (2008)

2.4.2 Tipos de Modbus

Para intercambiar las peticiones y respuestas, los dispositivos de una red Modbus organizan los datos en tramas. Dado que Modbus es un protocolo de nivel de aplicación, se requiere utilizarlo sobre una pila de protocolos que resuelva los temas específicos del tipo de red empleada. En función de la arquitectura de protocolos usada, se distinguen tres tipos de Modbus: RTU, ASCII y TCP/IP. (Candelas, 2011)

2.4.2.1 Modbus RTU

Según (Candelas, 2011); Modbus RTU (Remote Terminal Unit) se caracteriza porque los bytes se envían en su codificación binaria plana, sin ningún tipo de conversión. Está inicialmente pensado para comunicaciones en bus serie. Como ventaja principal tiene el buen aprovechamiento del canal de comunicación, mejora la velocidad de la transmisión de los datos. El inconveniente es que requiere una gestión de tiempos entre bytes recibidos para saber cuando empiezan y terminan las tramas.

▪ Trama RTU:

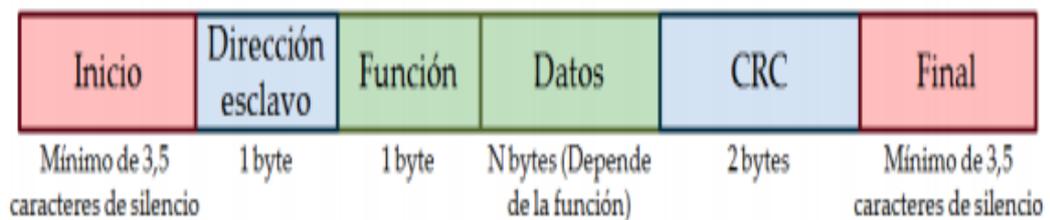


Figura 2.10 Formato de las tramas Modbus serie.

Fuente Candelas, (2011)

Con la trama Modbus RTU, la delimitación de la misma se realiza por intervalos de tiempo de caracteres de silencio. Un caracter de silencio tiene la duración de un byte de datos enviado por el medio, pero no transporta datos, y su duración (T) depende de la velocidad (Vt) y del número bits que se usen para su codificación (N) según $T=N/Vt$. El estándar de Modbus, para velocidades de hasta 19.200 bps, el tiempo entre tramas debe ser como mínimo 3,5 veces la duración de un caracter, y para velocidades superiores se recomienda un tiempo fijo de 1,75 ms. Por ejemplo, para una

configuración del puerto serie de 19.200 bps, con un bit de parada y un bit de paridad (11 bits en total, sumando el de inicio y 8 de datos) se tiene: $3,5 \cdot 11 / 19.200 = 2\text{ms}$.

La trama Modbus RTU incorpora un código Cyclical Redundancy Check (CRC) de 16 bits para poder detectar errores, que debe ser calculado por el emisor a partir de todos los bytes de la trama enviados antes del CRC, exceptuando los delimitadores. Para ello se usa un algoritmo específico, bien definido en la especificación de Modbus serie. El receptor debe volver a calcular el código de igual forma que el emisor, y comprobar que el valor obtenido del cálculo es igual al valor presente en la trama para poder validar los datos. (Candelas, 2011)

2.4.2.2 Modbus ASCII

Los datos se codifican como caracteres ASCII entre el "0" (16#30) y el "9" (16#39) y entre "A" (16#41) y "F" (16#46). Por ejemplo, si se requiere enviar el byte de valor 16#FF, se tiene que enviar la cadena "FF", por lo que realmente se enviarían dos bytes: 16#46 y 16#46. Además se utilizan 3 caracteres especiales. El carácter ":" (16#3A) se emplea para marcar el comienzo de la trama y el par Modbus RTU y ASCII están pensados para ser utilizadas directamente sobre un medio físico serie asíncrono, como por ejemplo EIA/TIA RS-232, EIA/TIA RS-485, o EIA RS-422. (Candelas, 2011)

▪ Trama ASCII:

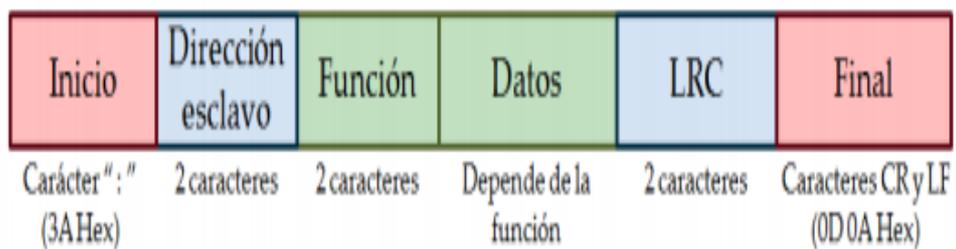


Figura 2.11 Formato de las tramas Modbus Serie.

Fuente Candelas, (2011)

2.4.2.3 Modbus TCP

En contraste, Modbus TCP está desarrollado para funcionar sobre redes que utilizan la arquitectura TCP/IP, por lo que permite usar Modbus sobre redes como Ethernet o WiFi. (Candelas, 2011)

En la práctica, el servicio de mensajes emplea una técnica, la cual consiste en encapsular cada mensaje Modbus en una trama TCP (sin incluir los dos bytes del campo de comprobación de errores de Modbus, ni la dirección del esclavo). El campo de comprobación de errores no se incluye debido a que Modbus TCP/IP contiene su propio sistema frente a errores en la capa de BUSCAR. La dirección del esclavo se elimina ya que la conexión, la dirección IP de origen y destino y las direcciones MAC de los dispositivos conectados, se definen en los niveles de transporte, de red o de enlace.

Esto supone una gran ventaja, ya que el límite que existía en el modo RTU de un máximo de 247 dispositivos se supera con creces y aumenta la posibilidad de conectar más dispositivos. (Candelas, 2011)

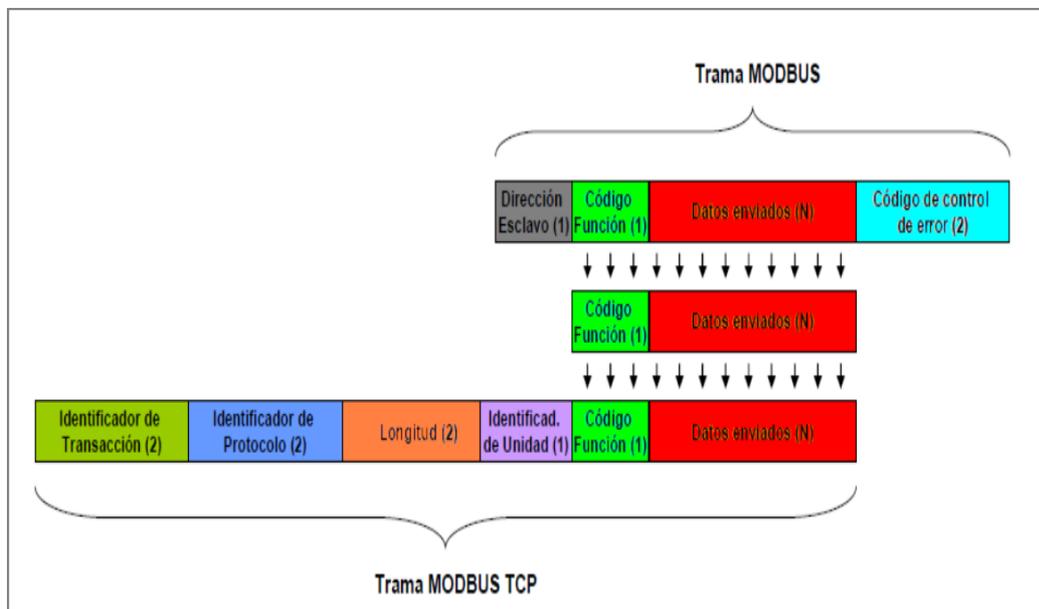


Figura 2.12 Encapsulado de un mensaje en una trama TCP.

Fuente Candelas, (2011)

2.4.3 Representación de datos Modbus

Según (Barragán, 2013); el protocolo Modbus usa el concepto de tablas de datos para almacenar la información en un esclavo, una tabla de datos no es más que un bloque de memoria usado para almacenar datos en el esclavo, las tablas de datos que se usa en Modbus son cuatro y se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2 Bloques de memoria para Modbus

Dirección MODBUS	Dirección Protocolo	Nombre de la Tabla de Datos
1 - 9999	0000 – 9998	Output Coils (Lectura/escritura)
10001 – 19999	0000 – 9998	Inputs Contact (Lectura)
30000 – 39999	0000 – 9998	Inputs Registers (Lectura)
40001 – 49999	0000 – 9998	Holding Registers (Lectura/Escritura)

Nota: En la tabla se observa los direccionamientos del protocolo Modbus.

Fuente Barragan, (2013)

2.4.4 Estructura de tablas Modbus

El modo master de Modbus permite al controlador enviar una solicitud Modbus a un slave y esperar una respuesta. El modo master de Modbus sólo se admite a través de la instrucción EXCHX.

El modo master de Modbus admite Modbus ASCII y Modbus RTU. El tamaño máximo de las tramas enviadas o recibidas es de 250 bytes. La tabla de palabras asociada a la instrucción EXCHX está formada por tablas de control, de envío y de recepción, (Paul Gálvez, 2011)

Tabla 3 Estructura de tabla Modbus

	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	Comando	Longitud (envío/recepción)
	Offset de recepción	Offset de envío
Tabla de envío	Byte 1 enviado	Byte 2 enviado

	-----	----
	-----	Byte N enviado
	Byte N+1 enviado	
	Byte 1 recibido	Byte 2 recibido
	-----	-----
Tabla de recepción	-----	Byte p recibido
	Byte p+1 recibido	

Nota: La tabla indica la estructura de datos de control, envío y recepción.

Fuente Paul Gálvez, (2011)

2.4.4.1 Estructura de tablas de control

El byte longitud contiene la tabla de envío (250 bytes máximo), que se sobrescribe con el número de caracteres recibidos al final de la recepción, en caso de que ésta se solicite. Este parámetro es la longitud en bytes de la tabla de envío. Si el parámetro de offset del envío es igual a 0, será igual a la longitud de la trama de envío. Si el parámetro de offset del envío no es igual a 0, no se enviará un byte de la tabla de envío (indicado por el valor de offset) y este parámetro será igual a la longitud de la propia trama más 1. (Paul Gálvez, 2011)

Tabla 4 Estructura de tabla de control 1

	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	Comando	Longitud (envío/recepción)
	Offset de recepción	Offset de envío

Nota: La tabla muestra los comandos de control para el envío y recepción de datos.

Fuente Paul Gálvez, (2011)

El byte comando, en caso de que se produzca una solicitud RTU Modbus (excepto para una difusión), debe ser siempre igual a 1 (en el envío y la recepción).

Tabla 5 Estructura de tabla de control 2

	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	Comando	Longitud (envío/recepción)
	Offset de recepción	Offset de envío
Tabla de envío	Byte 1 enviado	Byte 2 enviado
	----	----
	----	Byte N enviado
	Byte N+1 enviado	
	Byte 1 recibido	Byte 2 recibido
	-----	-----
Tabla de recepción	-----	Byte p recibido
	Byte p+1 recibido	

Nota: La tabla muestra la descripción del byte comando.

Fuente Paul Gálvez, (2011).

El byte de offset de envío contiene el rango (1 para el primer byte, 2 para el segundo byte, etc.) dentro de la tabla de envío del byte que se ignorará cuando se envíen los bytes. Se utiliza para gestionar los envíos asociados a los valores de byte/palabra del protocolo Modbus. Por ejemplo, si este byte es igual a 3, el tercer byte se ignorará, haciendo que el cuarto byte de la tabla sea el tercero en enviarse. (Paul Gálvez, 2011).

Tabla 6 Estructura de tabla de control 3

	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	Comando	Longitud (envío/recepción)
	Offset de recepción	Offset de envío
Tabla de envío	Byte 1 enviado	Byte 2 enviado

Nota: La tabla define el concepto del byte offset de envío.

Fuente Paul Gálvez, (2011).

El byte de offset de recepción contiene el rango (1 para el primer byte, 2 para el segundo byte, etc.) dentro de la tabla de recepción que se agregará cuando se envíe el paquete. (Paul Gálvez, 2011).

Tabla 7 Estructura de tabla de control 4

	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	Comando	Longitud (envío/recepción)
	Offset de recepción	Offset de envío
Tabla de envío	Byte 1 enviado	Byte 2 enviado
	----	----
	----	Byte N enviado
	Byte N+1 enviado	
	Byte 1 recibido	Byte 2 recibido
	-----	-----
Tabla de recepción	-----	Byte p recibido
	Byte p+1 recibido	

Nota: La tabla define el concepto del byte offset de recepción.

Fuente Paul Gálvez, (2011)

2.4.4.2 Estructura de tablas (Emisión y Recepción)

Según (Paul Gálvez, 2011); Menciona que en uno de los dos modos (Modbus ASCII ó Modbus RTU), la tabla de envío se complementa con la petición antes de ejecutar la instrucción EXCHX.

En el momento de la ejecución, el controlador determina cuál es la capa de enlace de datos y realiza todas las conversiones necesarias para procesar el envío y la respuesta. Los caracteres de inicio, fin y comprobación no se almacenan en las tablas de emisión/recepción.

Una vez enviados todos los bytes, el controlador cambia a modo de recepción y espera a recibir los bytes. La recepción finaliza de una de las formas siguientes:

- Se detecta un time out en un caracter o en una trama.
- Los caracteres de fin de trama se recibe en modo ASCII.
- La tabla de recepción está llena.

Las entradas de byte X enviado contienen los datos del protocolo Modbus (codificación RTU) que se va a emitir. Si el puerto de comunicación está configurado para Modbus ASCII, los caracteres de trama correctos se agregan al envío. El primer byte contiene la dirección del dispositivo (específica o general), el segundo byte contiene el código de función y el resto contiene información asociada al código de función.

2.4.4.2.1 Referencias

El modo slave Modbus permite al controlador responder a las solicitudes Modbus estándar procedentes de un master Modbus. La capa de enlace de datos de Modbus tiene las limitaciones siguientes:

- Dirección 1-247.
- Bits: 128 bits previa solicitud.
- Palabras: 125 palabras de 16 bits previa solicitud.

2.4.4.2 Intercambio de mensajes

El lenguaje le ofrece dos servicios de comunicación:

- Instrucción EXCHX: para enviar/recibir mensajes.
- Bloque de función %MSGX: para controlar los intercambios de mensajes.

2.4.4.3 Lectura de N bits para una máster Modbus

Esta tabla representa las peticiones 01 y 02 que son la de emisión y recepción de lectura de N bits.

Tabla 8 Tabla para lectura de N bits

	Tabla índice	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	0	01 (emisión/recepción)	8 + número de bytes (emisión)
	1	00 (Offset de recepción)	07 (offset de emisión)
Tabla de emisión	2	Slave (de 1 a 247)	15 (código de solicitud)
	3	Número del primer bit que se va a escribir	
	4	N1= Número de bits que se van a escribir	
Tabla de recepción (después de la respuesta)	5	00 (Byte no enviado, efecto de)	N2=Número de bytes de los datos que se van a escribir = $[1+(N1-1)/8]$, donde [] significa parte integral
	6	Valor del 1.º byte	Valor del 2.º byte
	7	Valor del 3.º byte	Valor del 4.º byte

	(N2/2)+5(si N2 es par) (N2/2+1)+5(si N2 es impar)	Valor del byte N2	
		Slave (de 1 a 247)	15 (código de respuesta)
		Dirección del 1.º bit escrito	
		Dirección de los bits escritos (=N1)	

Nota: La siguiente tabla muestra la codificación para en el envío y recepción de lectura de N bits.

Fuente Paul Gálvez, (2011)

2.4.4.4 Lectura de N palabras para una máster Modbus

Esta tabla representa las peticiones 03 y 04 que son la de emisión y recepción de lectura de N palabras.

Tabla 9 Tabla para lectura de N palabras

	Tabla de índice	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	0	01 (emisión/recepción)	06 (Longitud de emisión)(*)
	1	03 (offset de recepción)	00 (offset de emisión)
Tabla de emisión	2	Slave (1 a 247)	03 o 04 (Código de petición)
	3	Dirección de la primera palabra que se va a leer.	
	4	N = Número de palabras de lectura (1)	
Tabla de recepción (después de la respuesta)	5	Slave (1 a 247)	03 o 04 (Código de petición)
	6	00 (byte añadido por la acción offset RX)	2*N (número de bytes leídos)
	7	Primera palabra leída	
	8	Segunda palabra leída (si N>1)	

	N+6	Palabra N leída (si N>2)	

Nota: La siguiente tabla muestra la codificación para en el envío y recepción de lectura de N bits.

Fuente Paul Gálvez, (2011)

2.4.4.5 Escritura de un bit para un máster Modbus

Esta tabla representa la petición 05 de emisión y recepción de escritura de un bit.

Tabla 10 Tabla para escritura de un bit

	Tabla de índice	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	0	01 (emisión/recepción)	06 (Longitud de emisión)(*)
	1	00 (offset de recepción)	00 (offset de emisión)
Tabla de emisión	2	Slave (1 a 247)	05 (Código de petición)
	3	Dirección del bit que se va a escribir.	
	4	Valor del bit que se va a escribir.	
Tabla de recepción (después de la respuesta)	5	Slave (1 a 247)	05 (Código de petición)
	6	Dirección del bit escrito	
	7	Valor escrito	

Nota: La siguiente tabla muestra la codificación para en el envío y recepción de escritura de un bit.

Fuente Paul Gálvez, (2011)

2.4.4.6 Escritura de una palabra para un máster Modbus

Esta tabla representa la petición 06 de emisión y recepción de escritura de una palabra.

Tabla 11 Tabla para escritura de una palabra

	Tabla de índice	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	0	01 (emisión/recepción)	06 (Longitud de emisión)(*)
	1	00 (offset de recepción)	00 (offset de emisión)
Tabla de emisión	2	Slave (1 a 247)	06 (Código de petición)
	3	Dirección de la palabra que se va a escribir.	
	4	Valor del bit que se va a escribir.	
Tabla de recepción (después de la respuesta)	5	Slave (1 a 247)	06 (Código de petición)
	6	Dirección de la palabra escrita	
	7	Valor escrito	

Nota: La siguiente tabla muestra la codificación para en el envío y recepción de escritura de una palabra.

Fuente Paul Gálvez, (2011)

2.4.4.7 Escritura de N bits para un máster Modbus

Esta tabla representa la petición 05 de emisión y recepción de escritura de N bits.

Tabla 12 Tabla para escritura N bits

	Tabla índice	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	0	01 (emisión/recepción)	8 + número de bytes (emisión)
	1	00 (Offset de recepción)	07 (offset de emisión)
Tabla de emisión	2	Slave a (de 1 a 247)	15 (código de solicitud)
	3	Número del primer bit que se va a escribir	
	4	N1= Número de bits que se van a escribir	
Tabla de recepción (después de la respuesta)	5	00 (Byte no enviado, efecto de)	N2=Número de bytes de los datos que se van a escribir = $[1+(N1-1)/8]$, donde [] significa parte integral
	6	Valor del 1.º byte	Valor del 2.º byte
	7	Valor del 3.º byte	Valor del 4.º byte

	$(N2/2)+5$ (si N2 es par) $(N2/2+1)+5$ (si N2 es impar)	Valor del byte N2	
		Slave (de 1 a 247)	15 (código de respuesta)
		Dirección del 1.º bit escrito	
		Dirección de los bits escritos (=N1)	

Nota: La siguiente tabla muestra la codificación para en el envío y recepción de escritura de N bits.

Fuente Paul Gálvez, (2011)

2.4.4.8 Escritura de N palabras para un máster Modbus

Esta tabla representa la petición 16 de emisión y recepción de escritura de N palabras.

Tabla 13 Tabla para escritura N palabras

	Tabla índice	Byte más significativo	Byte menos significativo
Tabla de control	0	01 (emisión/recepción)	$8 + (2*N)$ (Longitud de emisión)
	1	00 (Offset de recepción)	07 (offset de emisión)
Tabla de emisión	2	Slave (de 1 a 247)	16 (código de solicitud)
	3	Dirección de la primera palabra que se va a escribir	
	4	N= Número de palabras que se van a escribir	
Tabla de recepción (después de la respuesta)	5	00 (Byte no enviado, efecto de)	$2*N=N.$ ° de bytes que se van a escribir
	6	Primer valor de la palabra que se va a escribir	
	7	Segundo valor que se va a escribir	

	N+5	Valores N que se van a escribir	
	N+6	Slave (de 1 a 247)	15 (códigos de respuesta)
	N+7	Dirección de la primera palabra escrita	
	N+8	Dirección de los bits escritos (=N)	

Nota: La siguiente tabla muestra la codificación para en el envío y recepción de escritura de N palabras.

Fuente Paul Gálvez, (2011).

2.5 Transformador

“El transformador es una máquina eléctrica que transforma la energía eléctrica recibida en otra de características distintas, bien sea de tensión, intensidad, etc.” (Álvarez Pulido, 2009)



Figura 2.13 Aspecto físico de un transformador.

Fuente General Electric, (2013)

(Álvarez Pulido, 2009) Describe al transformador como un elemento conformado por dos circuitos, el circuito eléctrico y circuito magnético, el primero está constituido por dos devanados (primario y secundario) y el otro circuito formado por la chapa magnética.

(Fowler, 1994) Dice que los transformadores son elementos que constan de dos o más bobinas conectadas por flujo magnético. Las bobinas están conectadas por medio de una inducción generada en una de lados bobinas, es decir que si existe un flujo en una de las bobinas, se induce voltaje en la otra.

2.6 Motor eléctrico trifásico

(Marwin Prada, 2013); Menciona que el motor eléctrico trifásico es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en

energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator (o parte fija del motor).

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas.

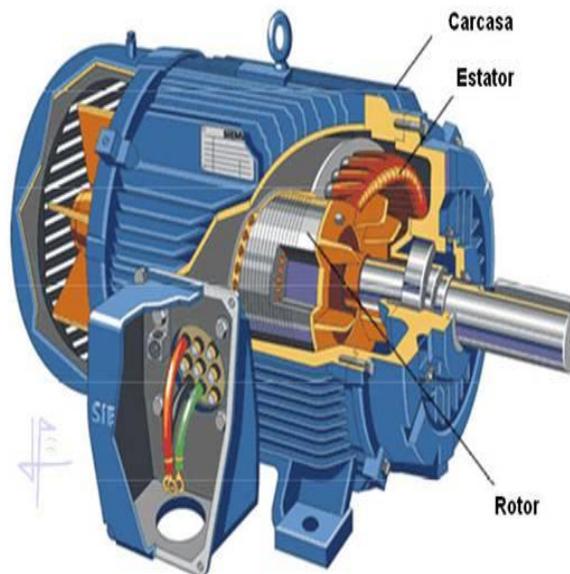


Figura 2.14 Motor trifásico y sus partes.

Fuente Marwin Prada, (2013)

Se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc. (Marwin Prada, 2013)

2.6.1 Partes y funcionamiento del motor eléctrico trifásico

(Marwin Prada, 2013); Independientemente del tipo de motor trifásico del que se trate, todos los motores trifásicos convierten la energía eléctrica en energía mecánica.

1. El estator: está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado. El enchapado es ranurado, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de diferentes diámetros.

2. El rotor: es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla o en cortocircuito porque el anillo y las barras que son de aluminio, forman en realidad una jaula.

3. Los escudos: están hechos con hierro colado (la mayoría de veces). En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".

2.6.2 Tipos y características del motor eléctrico trifásico

Si el rotor tiene la misma velocidad de giro que la del campo magnético rotativo, se dice que el motor es síncrono. Si por el contrario, el rotor tiene una velocidad de giro mayor o menor que dicho campo magnético rotativo, el motor es asíncrono de inducción. (Marwin Prada, 2013)

Los motores eléctricos trifásicos están conformados por dos grandes grupos:

1. Motores Síncronos.
2. Motores Asíncronos.

2.6.3 Principio de funcionamiento del motor eléctrico trifásico

(Marwin Prada, 2013); Explica que cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor.

Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará una para el motor que pondrá en movimiento al rotor. Dicho movimiento es continuo, debido a las variaciones también continuas, de la corriente alterna trifásica.

Solo debe hacerse notar que el rotor no puede ir a la misma velocidad que la del campo magnético giratorio. Esto se debe a que a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje, el rotor se retrasa. A este fenómeno se le llama deslizamiento.

Después de ese momento vendrá un nuevo empuje y un nuevo deslizamiento, y así sucesivamente. De esta manera se comprende que el rotor nunca logre alcanzar la misma velocidad del campo magnético giratorio.

Es por lo cual recibe el nombre de asíncrono o asincrónico. El deslizamiento puede ser mayor conforme aumenta la carga del motor y lógicamente, la velocidad se reduce en una proporción mayor.

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

2.7 Variador de frecuencia

(Fraile Mora, 2008). Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, micro drivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la

frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).



Figura 2.15 Pequeña unidad de variación de frecuencia.

Fuente Fraile Mora, (2008)

2.7.1 Principio de funcionamiento del variador de frecuencia

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CC suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación:

$$RPM = \frac{120 \times f}{p}$$

Donde;

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro CC (Hercio)

p = Número de polos

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en Motor asíncrono son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3000 RPM, 1500 RPM, 1000 RPM y 750 RPM respectivamente para motores

sincrónicos únicamente y a la frecuencia de 50 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos se produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del rotor (velocidad "real" o "de salida") comparativamente con la cantidad de rpm's del campo magnético (las cuales si deberían cumplir la ecuación arriba mencionada tanto en Motores síncronos como en motores asíncronos) debido a que sólo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad (de lo contrario el motor dejaría de tener par en los momentos en los que alcanzase al campo magnético). (Fraile Mora, Jesús, 2008)

2.8 Disyuntor

La utilización de este término puede variar en distintas regiones para referirse a interruptores automáticos accionados por sobrecargas de un circuito o para interruptores automáticos accionados por pérdidas de energía fuera del circuito.



Figura 2.16 Un disyuntor magneto térmico monofásico bipolar.

Fuente Schneider Electric, (2011)

Un disyuntor, interruptor automático, breaker o pastilla (México), taco (Colombia), disyuntor (Argentina), es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un

determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos.

A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el problema que haya causado su disparo o desactivación automática.

Los disyuntores se fabrican de diferentes tamaños y características, lo cual hace que sean ampliamente utilizados en viviendas, industrias y comercios.

Los disyuntores más comúnmente utilizados son los que trabajan con corrientes alternas, aunque existen también para corrientes continuas.

2.8.1 Tipos de disyuntores

Los tipos más habituales de disyuntores son:

- Disyuntor magneto térmico.
- Disyuntor magnético.
- Disyuntor térmico.

También es usada con relativa frecuencia, aunque no de forma completamente correcta, la palabra relé para referirse a estos dispositivos, en especial a los dispositivos térmicos. Coloquialmente se da el nombre de «automáticos», «fusibles», «tacos» o incluso «plomos» a los disyuntores magneto térmicos y al diferencial instalados en las viviendas.

En el caso de los ferrocarriles, se utiliza un disyuntor para abrir y desconectar la línea principal de tensión, cortando la corriente directamente a partir del pantógrafo al resto del tren.

2.9 Guarda-motor

Un guarda motor es un interruptor magneto térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias

típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Su curva característica se denomina D o K.



Figura 2.17 Guarda-motor.

Fuente Schneider Electric, (2011)

Las características principales de los guarda motores, al igual que de otros interruptores automáticos magneto térmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase. Pero contrariamente a lo que ocurre con los pequeños interruptores automáticos magneto térmicos, los guarda motores son regulables; resultado de lo cual se dispone en una sola unidad de las funciones que de otra manera exigirían por ejemplo la instalación de al menos tres unidades a saber: interruptor, contactor y relevo térmico.

2.10 Luces indicadoras

Las luces indicadoras son dispositivos eléctricos que sirven para conocer el estado de un sistema, como por ejemplo una luz puede indicar si esta prendido o apagado, si existe energía de la red eléctrica externa o existe ausencia de la misma y también para indicar si la carga eléctrica instalada se encuentra energizada o desactivada.



Figura 2.18 Indicadores industriales.

Fuente Siemens, (2015)

2.11 Pulsadores y selectores

En las aplicaciones eléctricas el interruptor selector tiene como función seleccionar que dispositivo eléctrico va a funcionar se utiliza por lo regular en nuestro caso para simular una entrada.

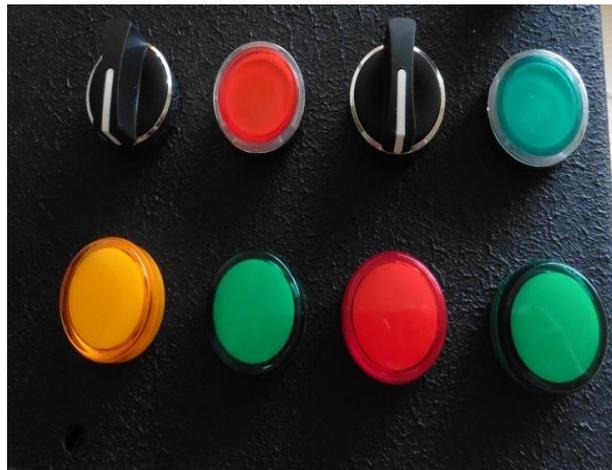


Figura 2.19 Pulsadores y selectores industriales.

Fuente Siemens, (2015)

En este caso tenemos un selector de tres posiciones que consta de una serie de contactos ya sean en modo (NO) que su contacto es normalmente abierto y el modo (NC) que significa normalmente cerrado, por lo tanto regular para instalar en un circuito eléctrico. Estos selectores también se pueden utilizar para activar bobinas de contactores, relés, arrancadores magnéticos y que estos pueden lograr controlar un motor eléctrico industrial por de medio de sus arrancadores magnéticos.

CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

3.1. Antecedentes

En el laboratorio de fabricación flexible de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, carecían de módulos didácticos para el aprendizaje de comunicaciones industriales, por lo que se optó por diseñar e implementar dos maletas portátiles didácticas que contienen una arquitectura maestro-esclavo, las mismas que permitirá realizar prácticas de comunicación industrial utilizando el Protocolo Modbus. Cada maleta está dotada de un autómatas compacto como Maestro (Twido) y dos esclavos (Zelio y Variador de frecuencia) con sus respectivos módulos de comunicación Modbus. Los equipos de campo serán convencionales y de marcas reconocidas como: Schneider Electric, Siemens, General Electric, los mismos que permitirán realizar prácticas de automatización mediante el Protocolo Modbus.

3.2 Equipos de los módulos didácticos

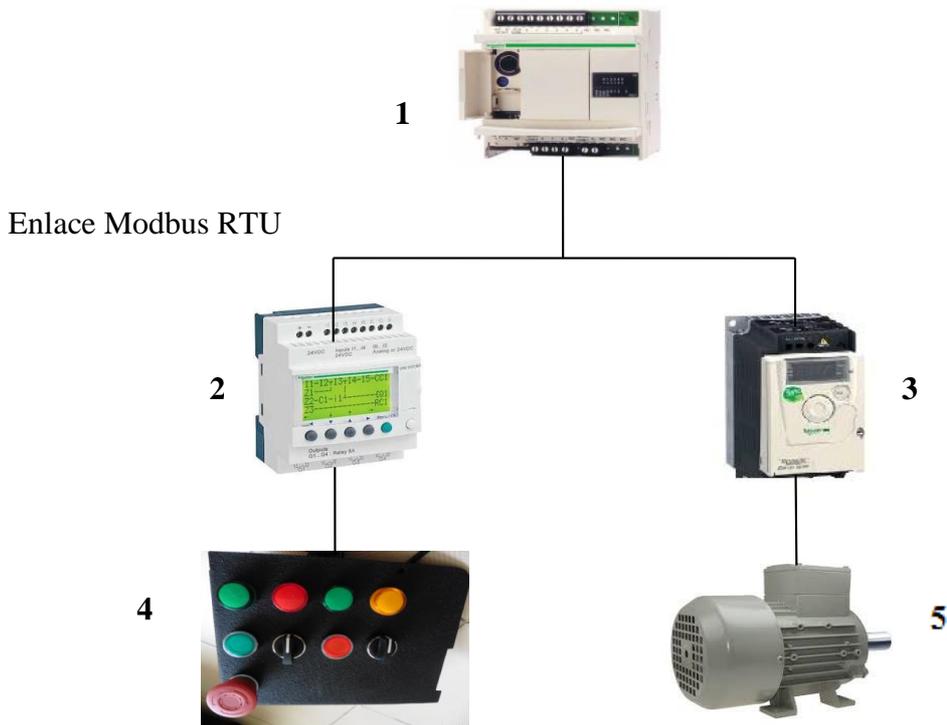


Figura 3.1 Esquema de maletas didácticas.

Fuente Los autores

Tabla 14 Equipos utilizados en maleta didáctica

No.	Elemento
1	PLC Twido referencia: TWDLCAA24DRF
2	PLC Zelio Logic referencia: SR3B101BD
3	Variador de frecuencia referencia: ATV312H075M2
4	Pulsadores, luces indicadoras, selectores
5	Motor Trifásico 0.5HP 1590 RPM referencia: 1LA7070-4YA60

Nota: En la tabla se especifica los nombres de los equipos y referencias que se utilizaron para la implementación de las maletas didácticas.

Fuente Los autores

3.3 Maletas de Polietileno

Se adquirió dos maletas marca Gator modelo GRR-10L, que están hechas de un material resistente como es el polietileno con marco de aluminio para mayor resistencia y sellado de las cubiertas, consta de dos ruedas de goma y un mango ergonómico para su movilización, las dimensiones internas de cada maleta son: alto (44,5 cm.), ancho (41,9 cm.) y profundidad (48,3 cm.)



Figura 3.2 Maleta Gator GRR-10L.

Fuente Los autores

En la figura 3.3 podemos observar la maleta con sus respectivas cubiertas de protección.



Figura 3.3 Estado físico de la maleta.

Fuente Los autores

3.4 Fabricación de base metálica para montaje de equipos

Se procedió a tomar las medidas internas de la maleta para elaborar la base metálica, considerando las medidas de cada uno de los equipos que se instalaron en la base. Para consistencia de la base metálica que contiene a los equipos se seleccionó que el grueso de la lata sea de 1/16”.



Figura 3.4 Base metálica.

Fuente Los autores

En la figura 3.5 se observa el soporte con las perforaciones donde se instaló los pulsadores, luces indicadoras y pulsador tipo hongo de emergencia, el soporte que contiene a estos elementos va sujeto a la base metálica principal con pernos inoxidables.



Figura 3.5 Soporte de pulsadores y luces piloto.

Fuente Los autores

Se pintó la base y el soporte metálico con un fondo negro automotriz tipo PU combinado con un catalizador, cuya función es preservar la superficie en la que fue aplicado y de fondo para la posterior pintura, en este caso se usó bate piedra que es una pintura anticorrosiva y deja la superficie un poco grumosa como protección a la intemperie.

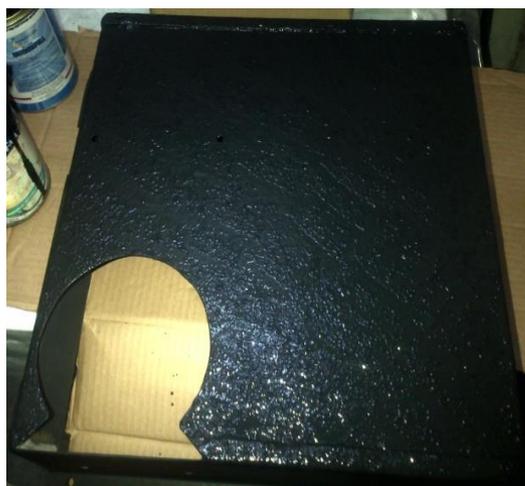


Figura 3.6 Pintado de base metálica.

Fuente Los autores

3.5 Montaje de base metálica y equipos en la maleta

Luego del pintado de la base metálica, se aseguró la misma a la maleta de polietileno con pernos inoxidable. Se realizó el montaje de los equipos que se utilizaron para tener la referencia de la ubicación en que se instalarán sobre la base, se consideró las recomendaciones técnicas dadas por los fabricantes de los equipos referente a los espacios que tienen que haber entre equipos para que exista una buena circulación de aire, ya que cada equipo emite calor y cada uno tienen temperaturas de trabajo diferentes.

Se estableció un orden lógico de los equipos al momento de instalarlos considerando que se está implementando una red industrial Modbus, la misma que tiene un maestro y varios esclavos por lo que al dispositivo maestro se lo ubicó en la parte superior de la base y los esclavos en la parte inferior.



Figura 3.7 Montaje de base y equipos.

Fuente Los autores

En la figura 3.8 se puede observar el riel Din sujeto a la base metálica con pernos pasantes, el mismo que soporta y mantiene a los equipos junto a la base.

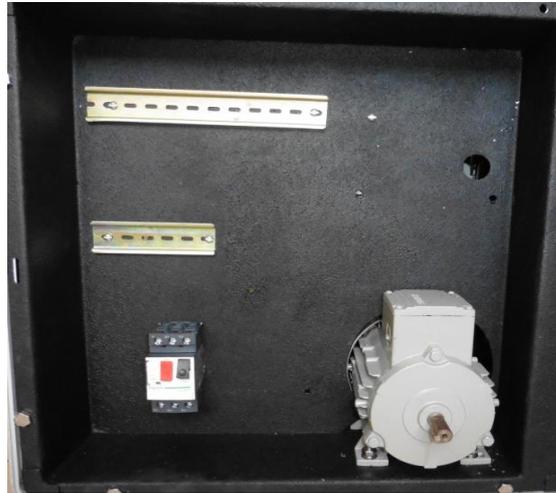


Figura 3.8 Base metálica con riel Din.

Fuente Los autores

En el montaje de los equipos que conforman el módulo didáctico, se consideró la distancia entre equipos de control y fuerza, previniendo que el operador del módulo esté expuesto a un choque eléctrico.

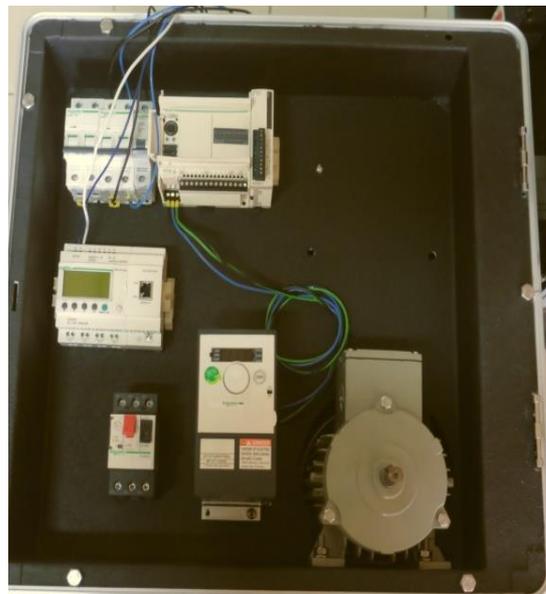


Figura 3.9 Ubicación de equipos en la base.

Fuente Los autores

3.6 Montaje de canaletas y prensas estopas

Se procedió con el montaje de las canaletas ranuradas para que los cables estén organizados, se instaló prensas estopas para que el aislante de los conductores no sean dañados al momento de cablear los equipos del módulo, de la parte frontal hacia la posterior, por el filo de las perforaciones hechas en la base metálica.



Figura 3.10 Instalación de canaletas.

Fuente Los autores

En la figura 3.11 se puede observar las perforaciones realizadas en la base metálica para las prensas estopas las mismas que permitirán el paso de cables, de la parte frontal de la base hacia la parte posterior donde se podrá visualizar la mayor parte del cableado del módulo, para las perforaciones en la base metálica se usó un taladro con brocas metálicas de las siguientes dimensiones: $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " , 1" y una ponchadora para los calados de mayor diámetro.

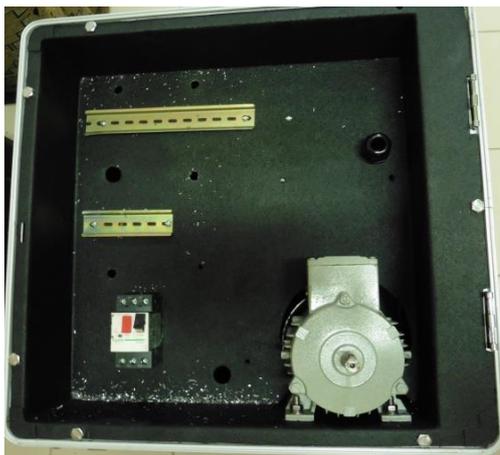


Figura 3.11 Perforaciones para prensas estopas.

Fuente Los autores

En la figura 3.12 se puede observar la instalación de las prensas estopas que servirán para el paso del cableado eléctrico hacia la parte posterior del módulo.



Figura 3.12 Instalación de prensas estopas.

Fuente Los autores

3.7 Colocación de fuente de alimentación DC y repartidores de carga

Se realizó el montaje de una fuente de poder de 24 VDC- 5A para alimentar un repartidor de carga, el mismo que distribuyó el voltaje dc a los siguientes equipos y elementos: plc Zelio, pulsadores, selectores, luces indicadoras y fuente común para el plc Twido.

Continuamente, se instaló un repartidor de carga alimentado con 120 VAC para la distribución y alimentación de los siguientes equipos: PLC Twido, Transformador 120/240V y fuente de alimentación DC.

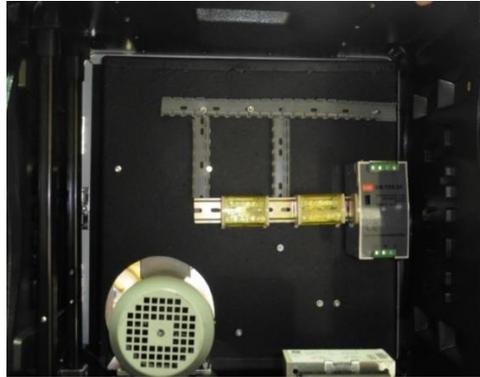


Figura 3.13 Instalación de fuente de poder.

Fuente Los autores

3.8 Instalación de luces indicadoras, pulsadores, selectores y stop de emergencia

Culminadas las perforaciones y pintado de cada soporte metálico que se colocaron en las bases, las mismas que van en cada módulo didáctico; se procedió al montaje de cada uno de los elementos que se citan a continuación: 1 pulsador tipo hongo con enclavamiento, 4 luces indicadoras, 2 pulsadores retro-iluminados y 2 selectores de 3 posiciones. Todos los elementos antes mencionados con alimentación de 24VDC y de las marcas convencionales Schneider Electric y Siemens.



Figura 3.14 Soporte con pulsadores y luces.

Fuente Los autores

3.9 Cableado de equipos y elementos instalados

Se realizó el cableado de los pulsadores, luces piloto y selectores de 3 posiciones con cable AWG #18.

Se utilizó cable de color azul (+24 vdc) y blanco (-0 vdc) según la norma IEC 60445 que es una normativa internacional que establece un código de colores de conductores acorde al voltaje de operación.



Figura 3.15 Cableado de pulsadores y luces.

Fuente Los autores

3.10 Etiquetados de cables de los equipos instalados

En toda instalación es necesario contar con un correcto etiquetado de los conductores y equipos de un determinado proyecto técnico, ya que al existir una falla en el sistema es más fácil identificarlas y por ende minimiza el tiempo de búsqueda y pronta solución al problema. Por lo que a los módulos didácticos se etiquetaron todos los conductores y equipos para que los operadores conozcan la circuitería completa del módulo y puedan guiarse para futuros mantenimientos o prácticas de automatización.



Figura 3.16 Etiquetado de los conductores.

Fuente Los autores

3.11 Cableado de equipos de control

En la figura 3.17 Se puede observar el ajuste de los cables en los terminales de los equipos con un destornillador. Se conectó los cables provenientes del repartidor de 120 VAC para alimentación del PLC Twido con su respectivo disyuntor monopolar de protección, así como la fuente de 24 VDC común para las entradas y salidas digitales del plc. Se procedió a cablear la alimentación del PLC Zelio desde el repartidor de carga de 24VDC, y el correspondiente común para las salidas del PLC Zelio.

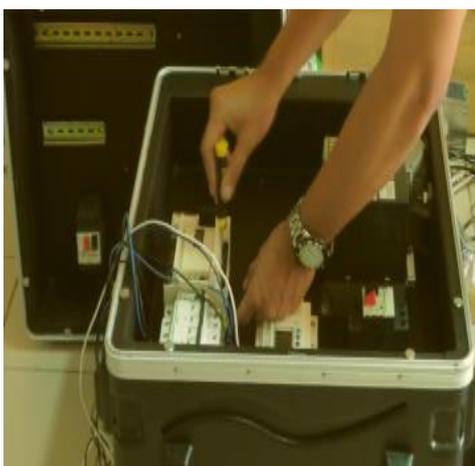


Figura 3.17 Cableado de equipos de control.

Fuente Los autores

3.12 Instalación del soporte de control y visualización

Se realizó el cableado del soporte que contiene los pulsadores, selectores y luces indicadoras a cada uno de los equipos instalados en la base metálica del módulo. Se procedió a conectar los cables correspondientes a los pulsadores y selectores en los terminales de entradas digitales del PLC Twido, los cables de las luces indicadoras se conectaron en los terminales de salidas digitales del PLC Twido.

El procedimiento de conexiones de pulsadores, selectores y luces indicadoras para el PLC Zelio fue el mismo que describió para el PLC Twido.

Los cables +24 VDC y -0 VDC comunes de los elementos de control y visualización fueron conectados al repartidor de carga de 24 VDC. Con la finalidad que el voltaje de operación de los elementos antes descritos se encuentren en 24 VDC por seguridad al operador, a excepción del pulsador tipo hongo que está conectado a 120 VAC de tal forma que corta la energía eléctrica a todos los componentes y equipos que conforman el módulo didáctico, a lo que se le llama un Paro de Emergencia.



Figura 3.18 Ensamblaje del soporte de pulsadores y luces.

Fuente Los autores

3.13 Conexión del variador de frecuencia

El variador de frecuencia ATV312H075M2 de Schneider Electric tiene una propiedad de que la alimentación es a 220VAC y la salida hacia el motor es de 3 líneas de 220 VAC (Trifásico). Por lo que para poder alimentar el variador a 220VAC fue necesario la implementación de un transformador de 500 VA que elevó el voltaje de 120 a 220VAC. Se implementó un guardamotor como protección para el variador y a la vez para desconexión del variador sin que afecte la alimentación a los demás equipos.

En la figura 3.19 se puede observar la conexión del variador de frecuencia hacia el motor con su respectivo etiquetado, se utilizó cable AWG#12 color negro para el cableado. Bajo la normativa IEC60445.

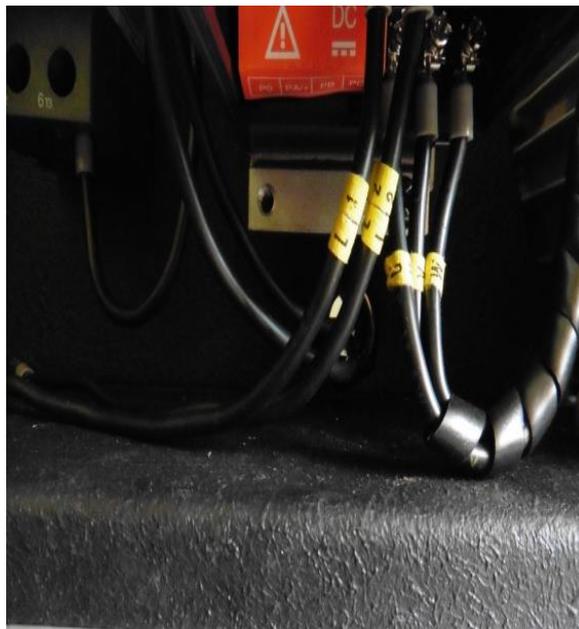


Figura 3.19 Conexión del variador de frecuencia.

Fuente Los autores

3.13.1 Conexión de motor

El motor trifásico Siemens utilizado es de 1590 RPM a 220 V Trifásico. La salida del variador se conectó al motor en Y-Y. Este motor servirá de actuador para las prácticas a implementar mediante el protocolo Modbus. El mismo que será controlado por el variador.



Figura 3.20 Conexión del motor con el variador.

Fuente Los autores

3.14 Conexión del transformador

Se realizó la instalación del transformador de la marca General Electric modelo 9T58R2811, capacidad 500VA.

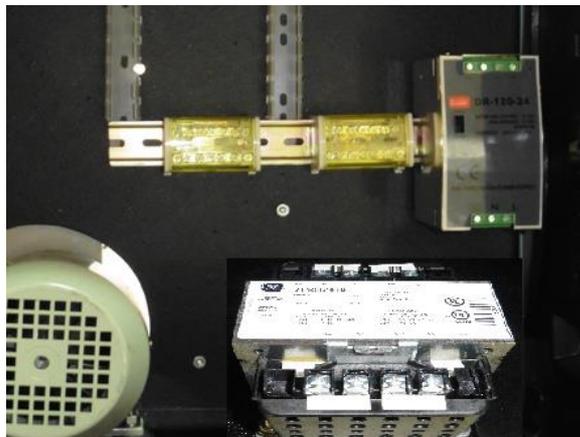


Figura 3.21 Instalación del transformador 120 a 240 V.

Fuente Los autores

3.15 Instalación del adaptador de red.

Se realizó la instalación de un adaptador de red con conectores RJ45 tipo hembra. Se conectaron los tres RJ45 en paralelo con la finalidad de que al momento de realizar las prácticas en el módulo, el operador pueda controlar su red Modbus conectando

patchcords de RJ45; sin tener la necesidad de estar cableando cada uno de los puertos Modbus que posee cada equipo instalado en el módulo.



Figura 3.22 Instalación del adaptador de red.

Fuente Los autores

En la figura 3.23 se puede observar el adaptador de red montado en la base del módulo didáctico cableado internamente, contiene 3 puertos de conexión RJ-45 que corresponden al Zelio, variador de frecuencia y uno de reserva para conectarse con otros equipos que se encuentren fuera del módulo.



Figura 3.23 Adaptador de red instalado.

Fuente Los autores

3.16 Maletas terminadas para realizar pruebas de comunicación

En la figura 3.24 se observan los módulos didácticos terminados con todos sus equipos de fuerza, control, y comunicación.



Figura 3.24 Módulos didácticos terminados.

Fuente Los autores

3.17 Configuración de Software Twido Suite

Este software es el resultado de un estudio ergonómico, Twido Suite ha sido desarrollado para ayudar y simplificar todas las tareas con el objetivo de reducir considerablemente el tiempo de programación, fue diseñado para desarrollar proyectos que utilizan controladores Twido. En la figura 3.27 se puede observar el programa Twido Suite. Se tienen tres opciones en el panel como son: Modo “Programación”, Modo “Vigilancia” y “Actualización autómatas”. Se escoge la opción modo “Programación” para comenzar con la configuración de nuestro proyecto.



Figura 3.25 Programación en software TwidoSuite.

Fuente Los autores

3.17.1 Creación de un proyecto en Twido Suite

Una vez escogido el modo “Programación”, se observa en la figura 3.28 como crear un proyecto nuevo, seleccionar la opción y se crea el proyecto nuevo.

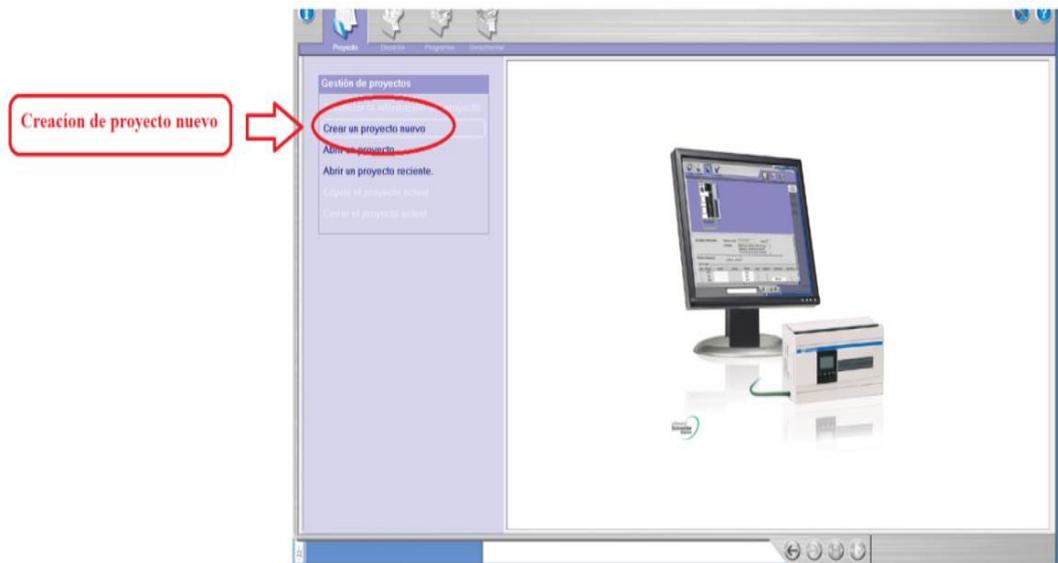


Figura 3.26 Crear nuevo proyecto en TwidoSuite.

Fuente Los autores

Luego, se escoge el nombre del proyecto, la dirección en la que se va a guardar el proyecto, y la información del proyecto que contiene el nombre del autor, departamento, índice y propiedad industrial.

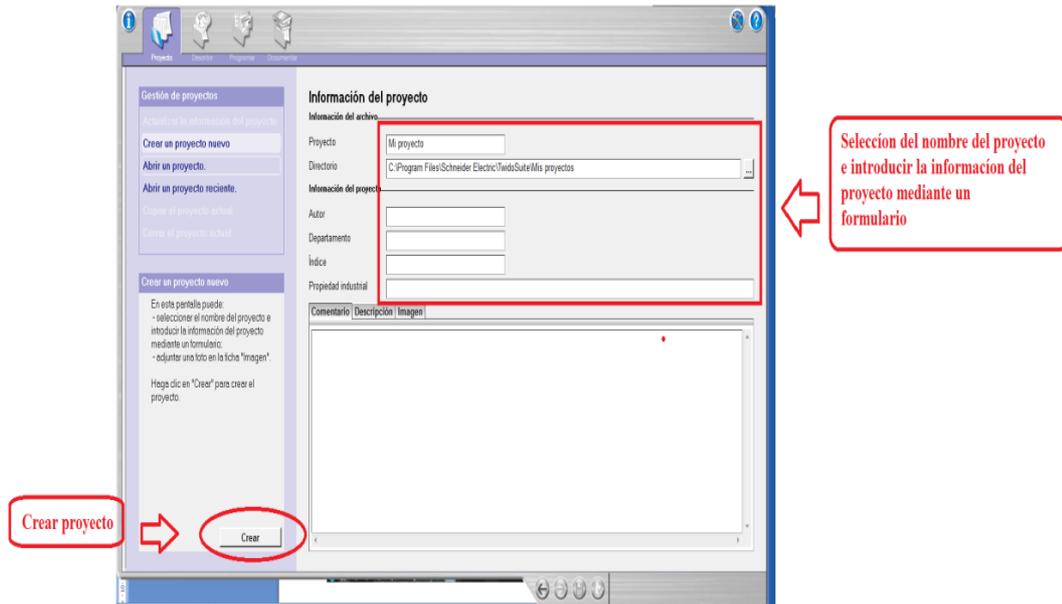


Figura 3.27 Información del proyecto.

Fuente Los autores

3.17.2 Descripción del producto

En la figura 3.30 se observa el catálogo de productos que se pueden seleccionar, como son: bases, módulos de aplicación, módulos de ampliación serie, adaptador serie, cartucho RTC, cartucho de memoria, HMI y elementos de redes.

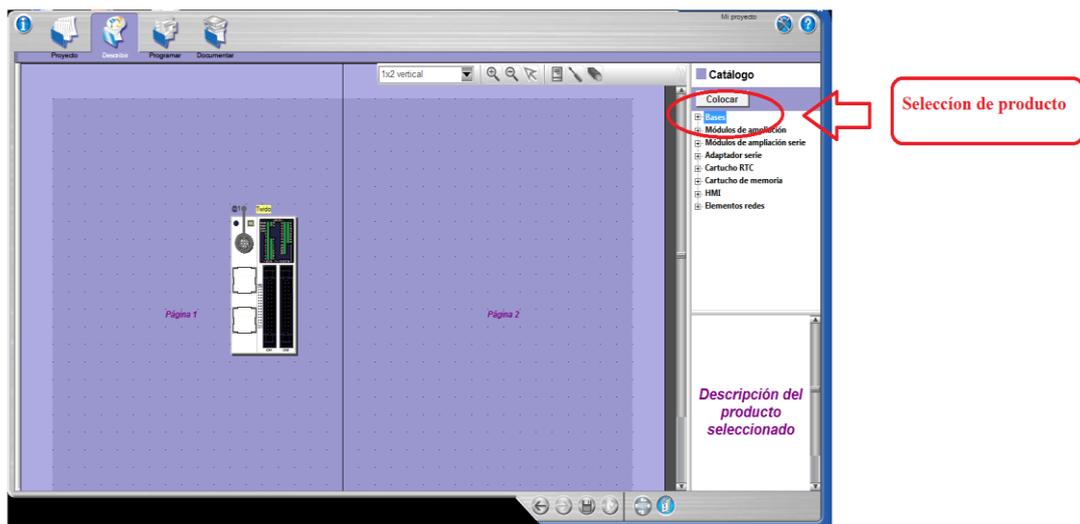


Figura 3.28 Selección del producto a utilizar en la programación.

Fuente Los autores

Se describe el equipo con todos sus componentes. Se selecciona la opción bases compactos y se escoge el modelo del PLC TWDLCAA24DRF que se utilizó en el proyecto.

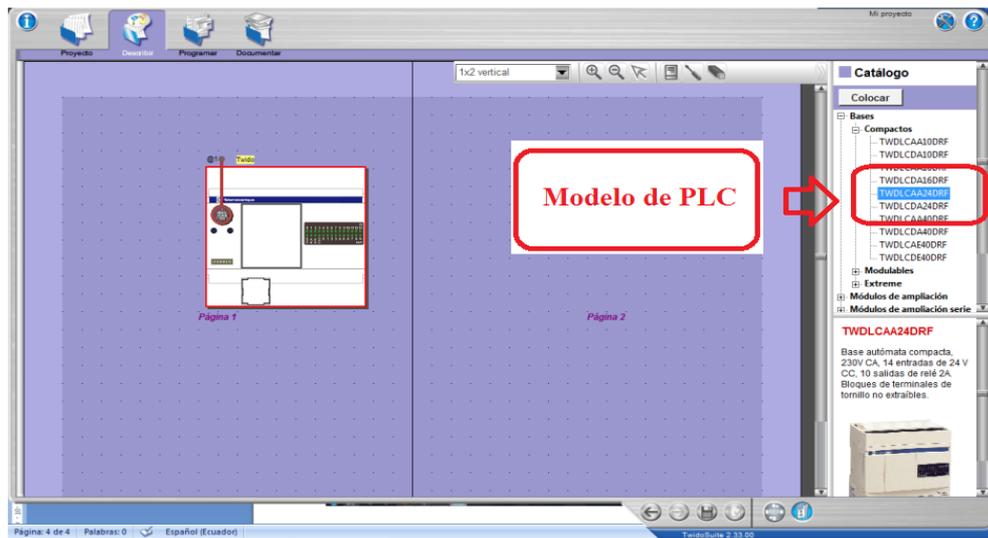


Figura 3.29 Selección del modelo de PLC.

Fuente Los autores

3.17.3 Selección del adaptador serie

Se selecciona el adaptador interfaz serie con su conector de tipo bloque, terminal de 3 husillos de tornillos RS-485, modelo TWDNAC485T.

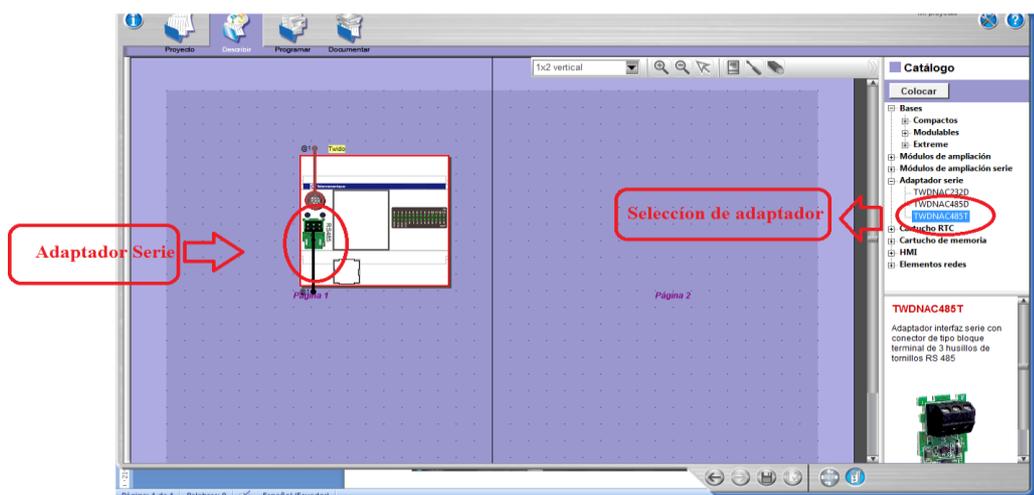


Figura 3.30 Adaptador serie.

Fuente Los autores

3.17.4 Selección del módulo reloj

En la figura 3.33 se escoge en la opción cartucho RTC, el módulo TWDXCPRTC que es la fecha y hora actual del controlador lógico programable.

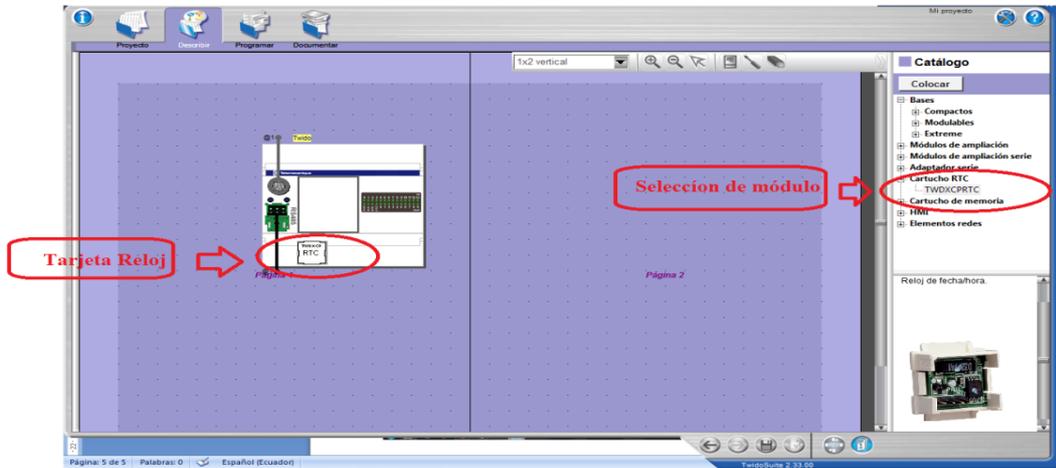


Figura 3.31 Tarjeta reloj PLC.

Fuente Los autores

3.17.5 Configuración de elementos Modbus

Se crea un elemento genérico Modbus, buscar la opción elementos Modbus se selecciona y aparece una lista que contiene interface Ethernet, Twido, modem TD-33/V90, Modem GSM SR2 Modbus, Modem genérico, Magelis, elementos genéricos Modbus, se escoge esa opción y aparece un icono en el cual se crea el ATV 312 como esclavo.

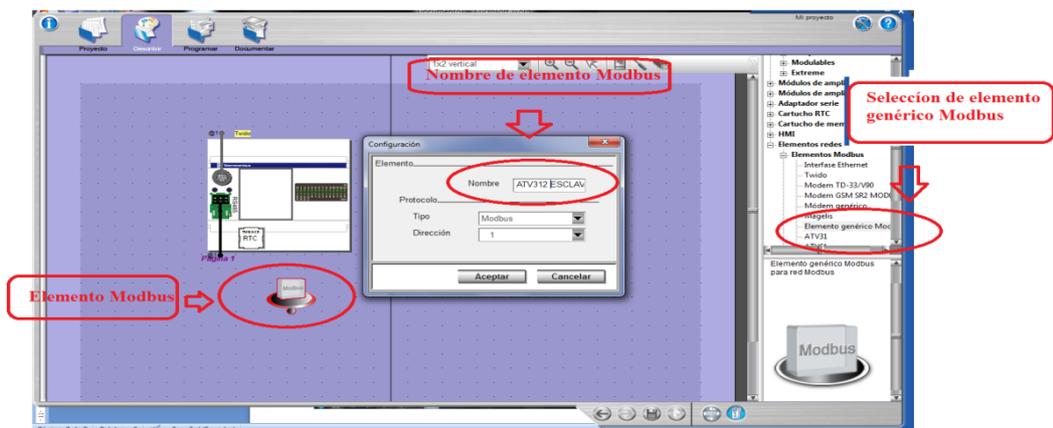


Figura 3.32 Elementos Modbus.

Fuente Los autores

En la figura 3.33 se observa el módulo Modbus creado, se configuró el tipo y la dirección de referencia del equipo que sería esclavo.

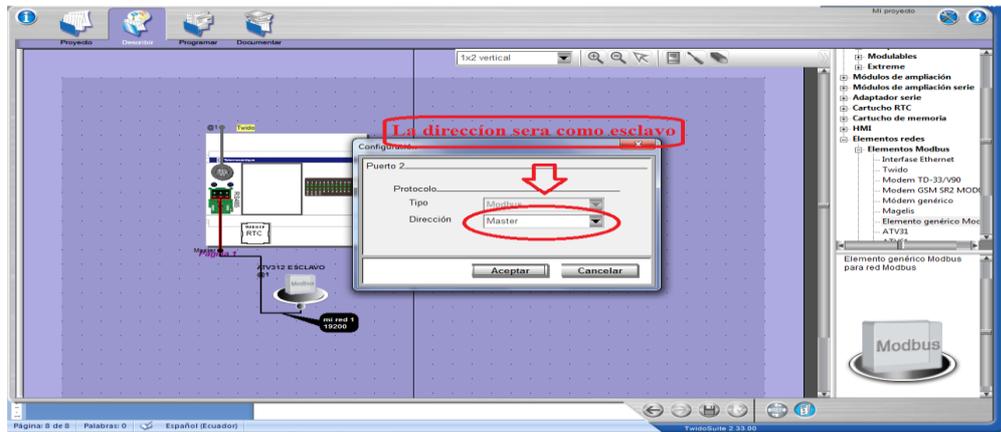


Figura 3.33 Configuración de elemento Modbus.

Fuente Los autores

3.17.6 Configuración de red Modbus

Se configura el tipo de red (Modbus), y los parámetros estandarizados como es el caudal 19200 que es la velocidad de transmisión de baudios o bits por segundos, se configura bit de paridad, bit de datos, tiempo de respuesta y tiempo de espera entre tramas.

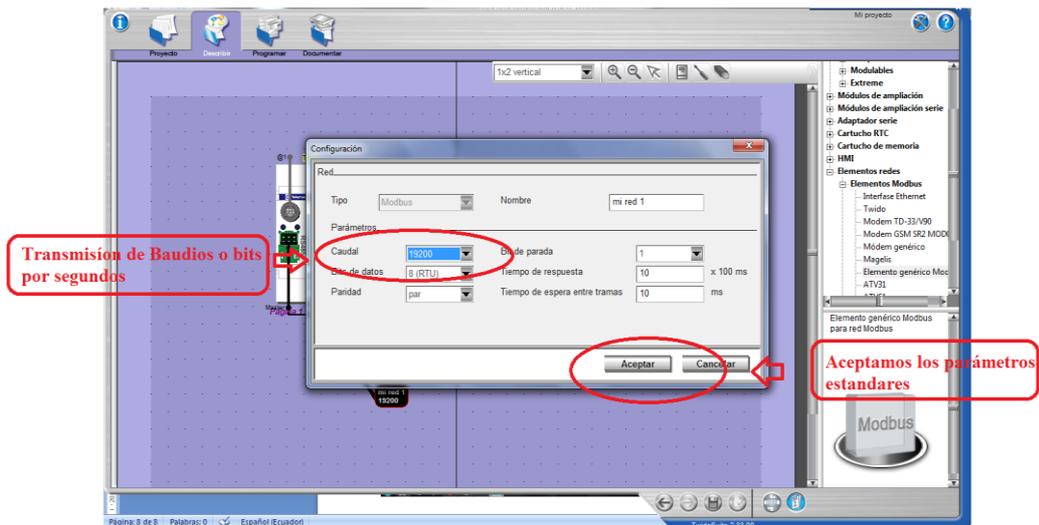


Figura 3.34 Configuración de Red Modbus.

Fuente Los autores

En la figura 3.35 se puede observar la configuración completa de nuestro controlador lógico programable con todos sus módulos y redes configuradas.

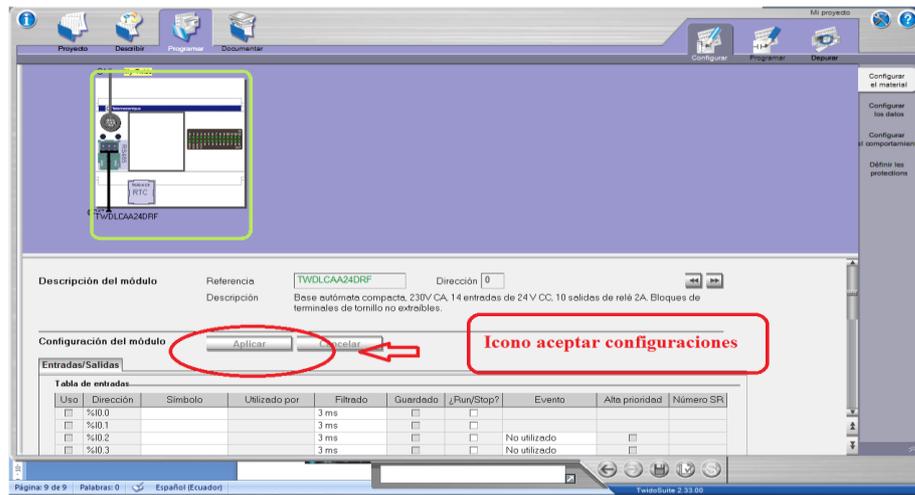


Figura 3.35 Configuración completa del autómata programable.

Fuente Los autores

3.17.7 Programación en Ladder

Una vez terminada la configuración del PLC, se realiza la programación en ladder, con lógica de contactos, y como ejemplo en la figura 3.37 se puede observar un encendido de una bobina con una entrada y salida.

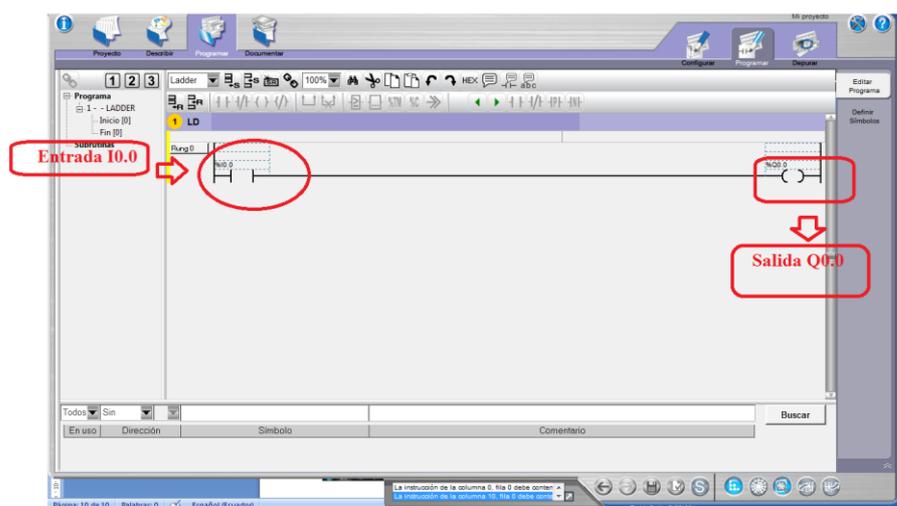


Figura 3.36 Programación de encendido de una bobina.

Fuente Los autores

3.17.8 Configuración del Software Zelio Soft

Sumamente simple y fácil de usar, el software Zelio Soft facilita la configuración de los relés inteligentes Zelio Logic, una programación rápida y segura con una flexibilidad inigualable, programación real con bloques de funciones (FBD) o lenguaje de contacto (LADDER).

En la figura 3.38 se observa el icono de crear nuevo programa, se selecciona y se crea el nuevo programa.

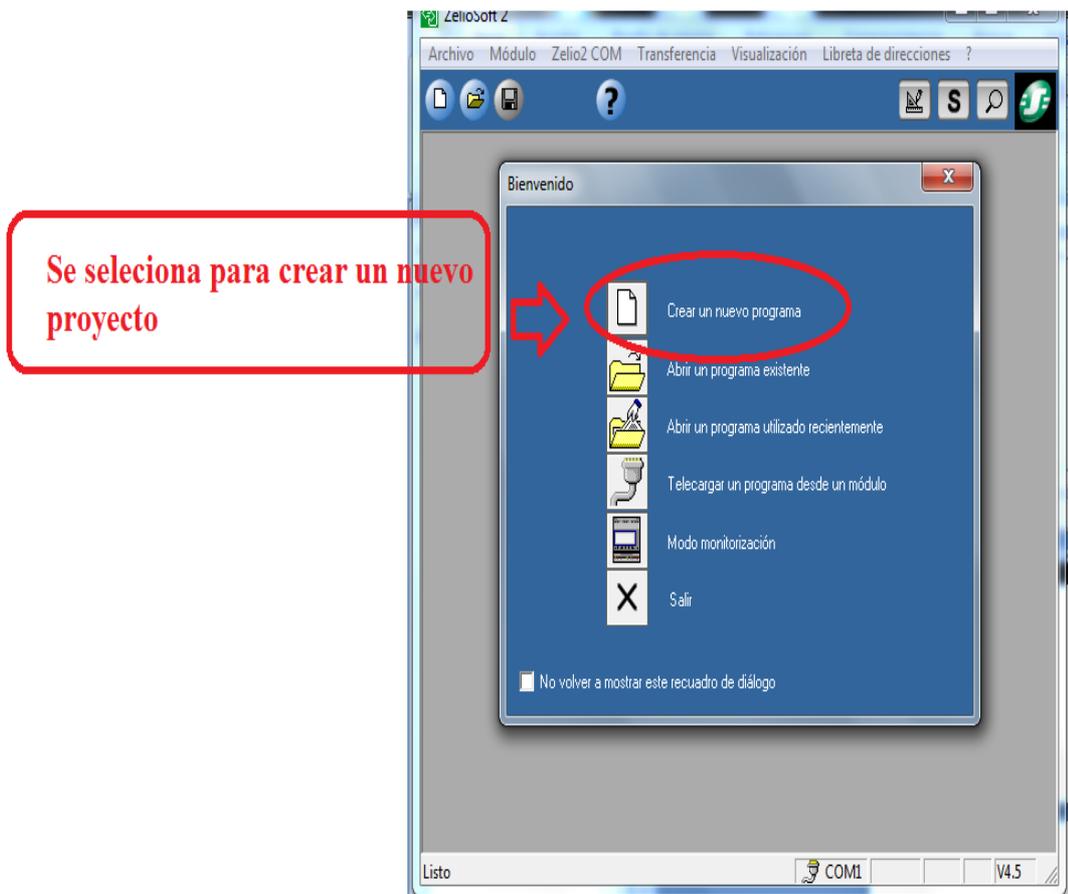


Figura 3.37 Creación de programa.

Fuente Los autores

3.17.9 Configuración módulo Zelio

Una vez creado el programa se selecciona el módulo Zelio que se va a utilizar, en este caso es el SR3B101BD, tiene incorporado 2 entradas digitales, entradas mixtas digitales y analógicas 4 (0-10v), 4 salidas digitales tipo relé.

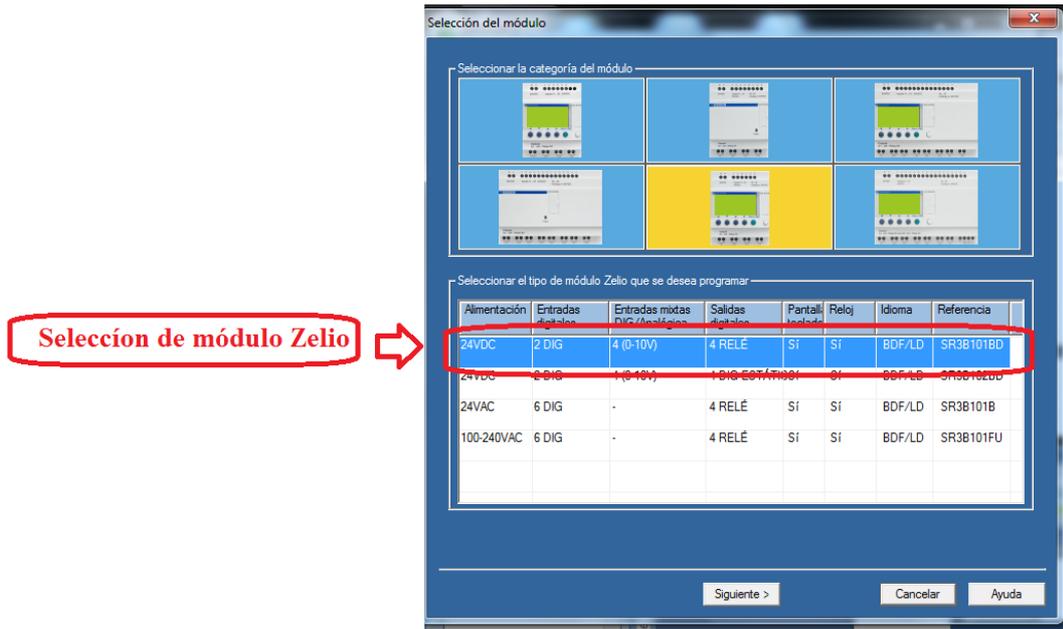


Figura 3.38 Selección del módulo Zelio.

Fuente Los autores

3.17.10 Configuración del tipo de programación

Se escoge el tipo de programación BDF, que se refiere a una programación por diagramas de bloques, la misma que se utilizó para realizar las prácticas.

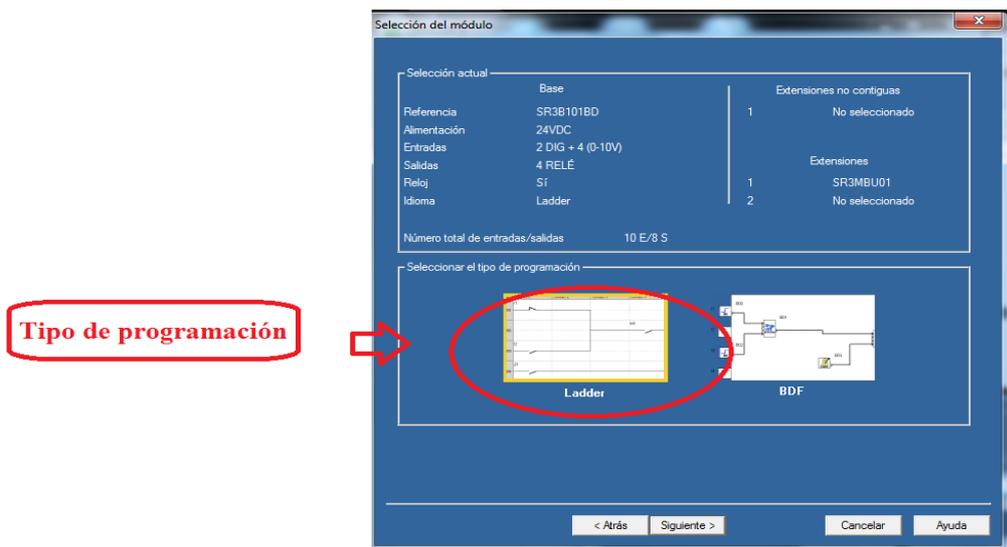


Figura 3.39 Selección del tipo de programación Zelio.

Fuente Los autores

En la figura 3.40 se observa una programación set y reset, con un bloque BDF. Se tienen las entradas en la parte izquierda de la imagen y las salidas se observan en la parte derecha de la imagen.

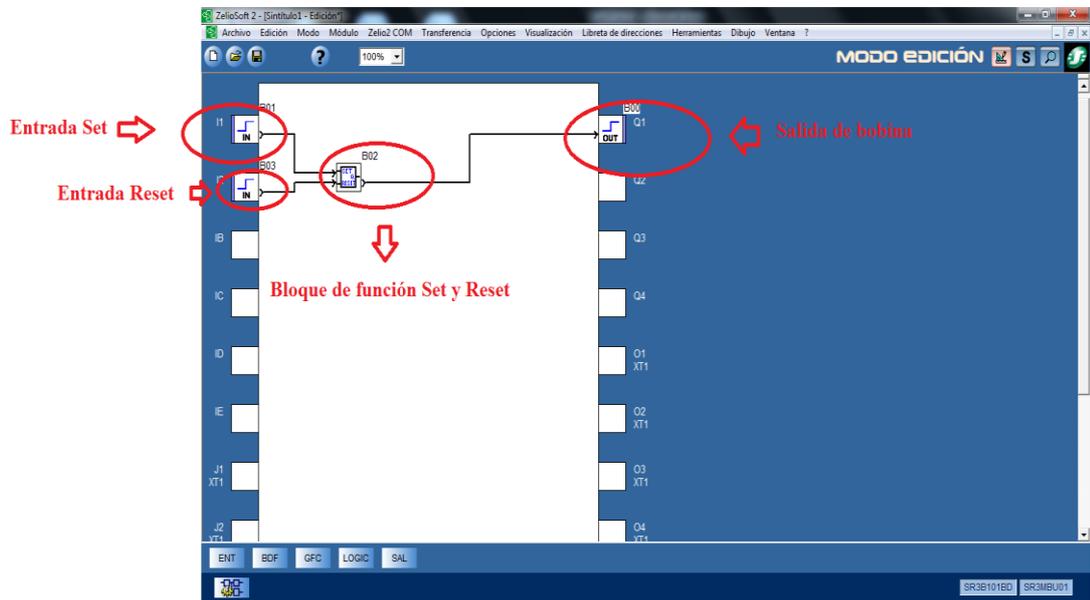


Figura 3.40 Programación Set y Reset.

Fuente Los autores

El programa Zelio Soft tiene incorporado en su software un modo simulación en el que se observa en tiempo real el simulado de nuestro proyecto.

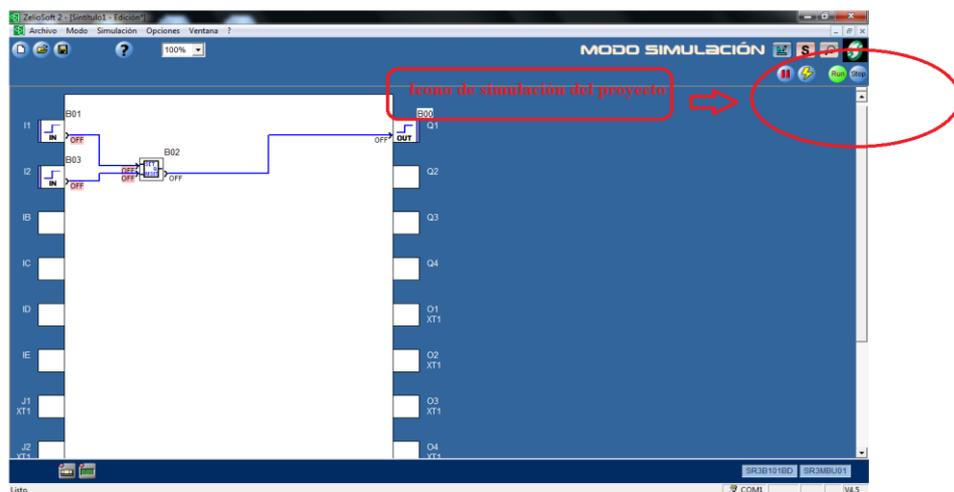


Figura 3.41 Simulación del programa.

Fuente Los autores

CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS

4.1 Práctica 1: Lectura y escritura de palabras desde un PLC Twido (Máster) hacia un PLC Zelio (Esclavo)

4.1.1 Objetivos

- Configurar el PLC Twido como maestro para la escritura y lectura de palabras hacia un PLC Zelio.
- Realizar un programa en Ladder que active las salidas del PLC Twido en secuencia, adicional que envíe bits de activación de salidas hacia el PLC Zelio.
- Realizar una programación que me permita la variación de frecuencia, utilizando el selector del PLC Zelio con el programa Zelio Soft.

4.1.2 Descripción de la práctica

Se realizó una programación con lógica de contactos para la activación de salidas en secuencia mediante escritura y lectura de datos desde el PLC Twido (Maestro) hacia el PLC Zelio (Esclavo), seguidamente se cargó un programa de variación de frecuencia utilizando el selector del PLC Zelio

4.1.3 Desarrollo de la práctica

Se describe el modelo de PLC que se utilizó en la práctica, se seleccionó el elemento Modbus con su respectivo tipo y dirección.

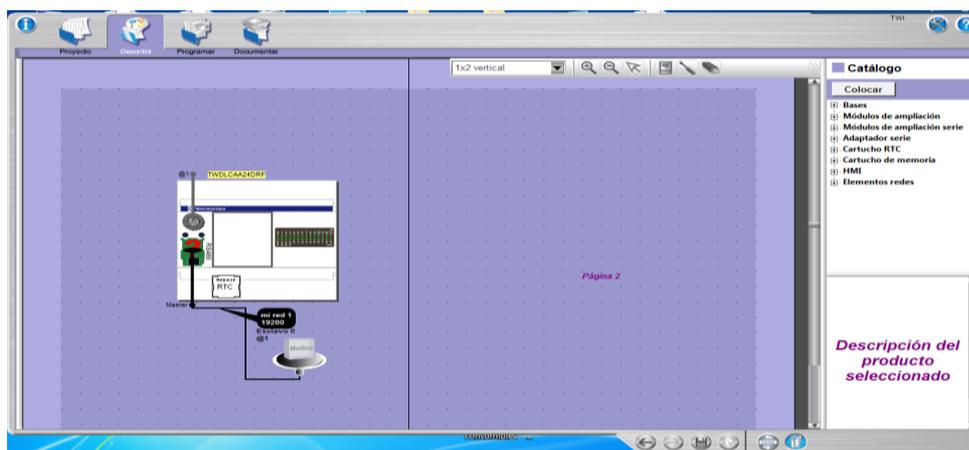


Figura 4.1 Configuración de PLC y elemento Modbus.

Fuente Los autores

Configurado el PLC continua la programación, en la rutina 1 se observa una entrada I0.1 como la marcha que activa la salida Set Q0.1 y la marca M4. La entrada I0.3 sirve de paro general.

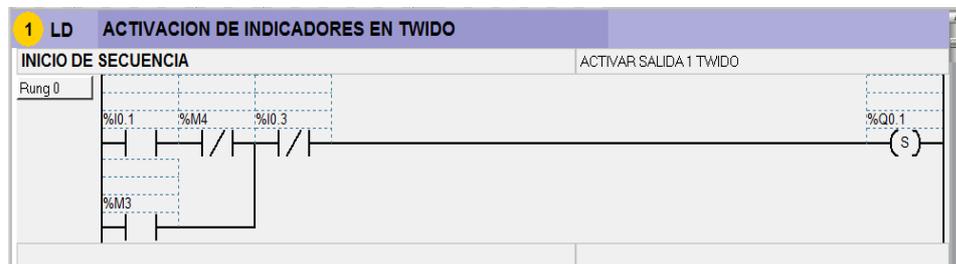


Figura 4.2 Programa de marcha y paro general.

Fuente Los autores

Se colocó un contacto cerrado de la marca M4 en serie con el contacto de entrada I0.3, para la protección y bloqueo de inicio de marcha de la secuencia.



Figura 4.3 Bloqueo de inicio de marcha de la secuencia.

Fuente Los autores

En la siguiente rutina de programación se observa el contacto de entrada I0.3, que es el Reset de las salidas y marcas utilizadas en la programación.

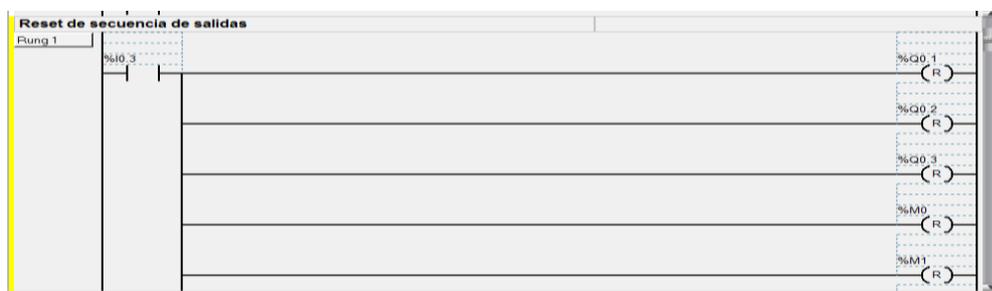


Figura 4.4 Reset de secuencia de salidas.

Fuente Los autores

En la figura 4.5 se observa los contactos de las salidas del Twido y Zelio, se colocó en paralelo los contactos de dichas salidas. Cuando se active la secuencia de encendido de cada una de las salidas se activara la marca M4 que es el bloqueo de la entrada I0.0 del inicio de secuencia. Se observa en la figura 4.3.



Figura 4.5 Activación de marca M4 para el bloque de secuencia.

Fuente Los autores

Se realiza la activación de la segunda salida mediante un temporizador TON, que activa la salida Set Q0.2



Figura 4.6 Inicialización del Temporizador 1.

Fuente Los autores

Un contacto abierto de Q0.2 se activa y resetea la salida 1 Q0.1 y la marca M3.

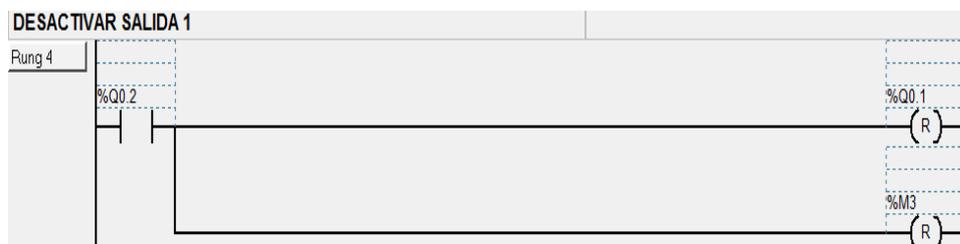


Figura 4.7 Desactivación de salida Q0.1 y M3.

Fuente Los autores

Se puede observar el inicio de conteo del segundo temporizador, que activará la siguiente salida Set Q0.3 de la secuencia.



Figura 4.8 Inicialización del Temporizador 2.

Fuente Los autores

Se activa el contacto Q0.3 el cual resetea la salida Q0.2 y dará inicio al conteo al siguiente temporizador.

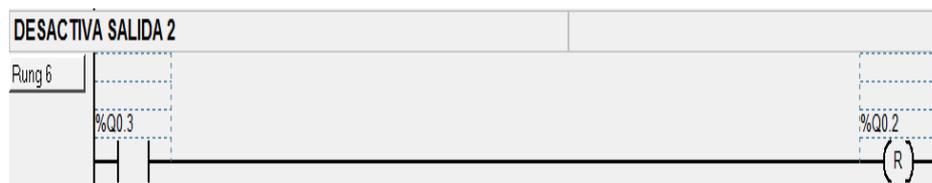


Figura 4.9 Desactivación de la salida Q0.2.

Fuente Los autores

En la siguiente línea de programación se observa el inicio de conteo del tercer temporizador Ton que es activado por un contacto Q0.3 y activa una salida Set M0.

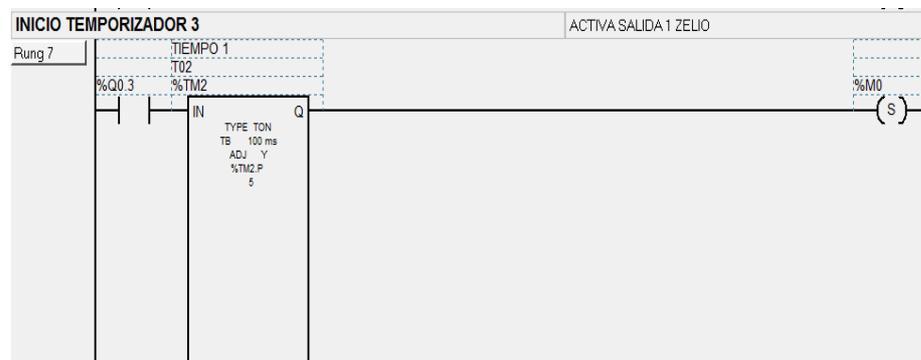


Figura 4.10 Inicialización del Temporizador 3.

Fuente Los autores

Una vez activada la salida M0 se cierra un contacto de la misma y reseteará a Q0.3.

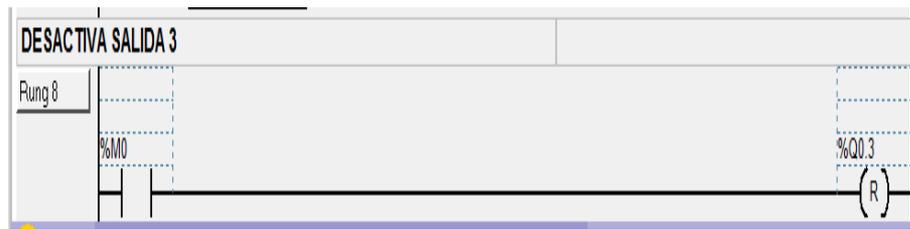


Figura 4.11 Reset de la Salida Q0.3.

Fuente Los autores

Se observa que un contacto de M0 acciona a un cuarto temporizador TON y activará la primera salida Set M1 del PLC Zelio.

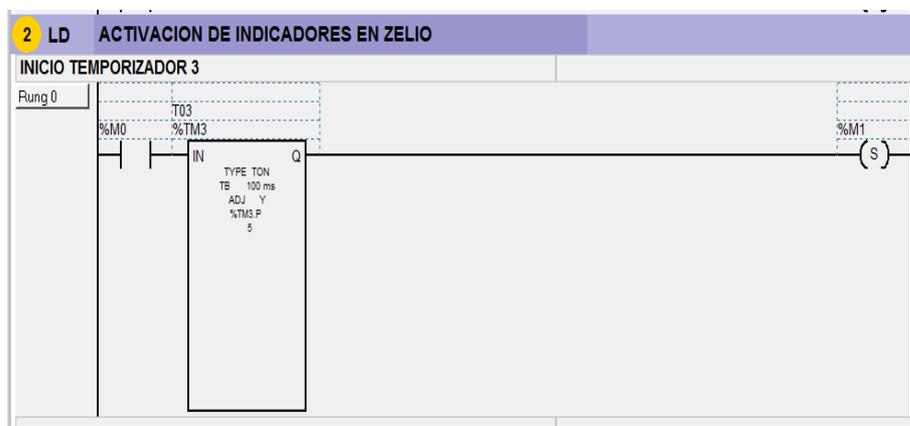


Figura 4.12 Inicialización del Temporizador 4.

Fuente Los autores

En el siguiente gráfico se observa que el contacto M1, resetea a la salida M0.

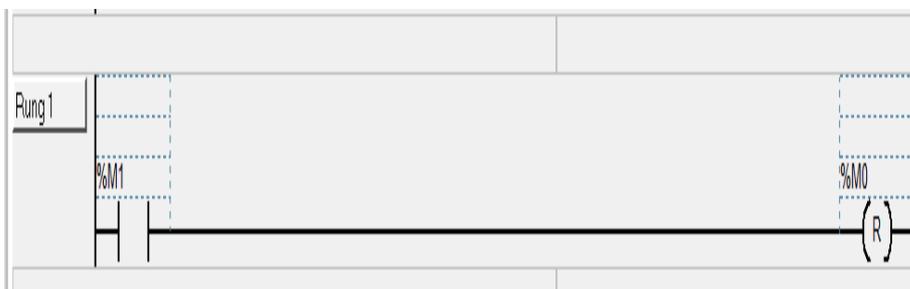


Figura 4.13 Reset de la salida M0.

Fuente Los autores

El contacto M1 activará a un cuarto temporizador TON, que accionará a una salida Set M2 del PLC Zelio. También un contacto de la marca M2 activará el Reset de la marca M1.

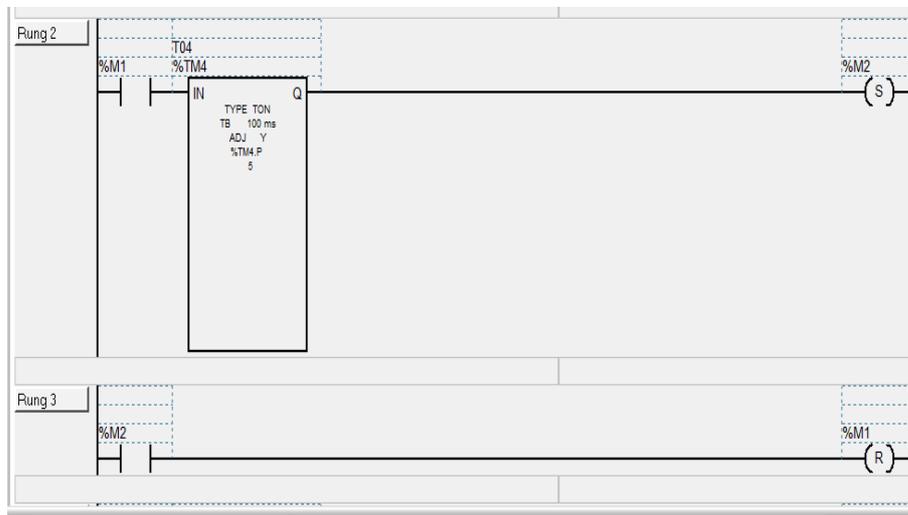


Figura 4.14 Inicialización del Temporizador 5 y Reset de la marca M1.

Fuente Los autores

Luego la marca M2 activa un quinto temporizador, el que activa la salida Set M3, también se observa un contacto M3 que resetea a M2.

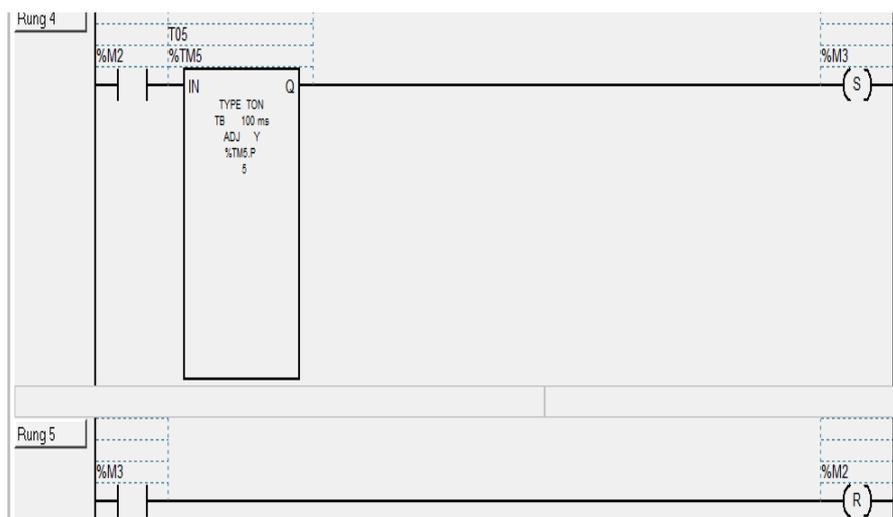


Figura 4.15 Inicialización del Temporizador 6 y Reset de la marca M2.

Fuente Los autores

En la siguiente rutina se activan por intervalos de tiempo y de manera consecutiva los contactos M0, M1 y M2, al activarse se escribe un valor hexadecimal en la marca MW9 que se enviará al PLC Zelio por medio de la red Modbus.

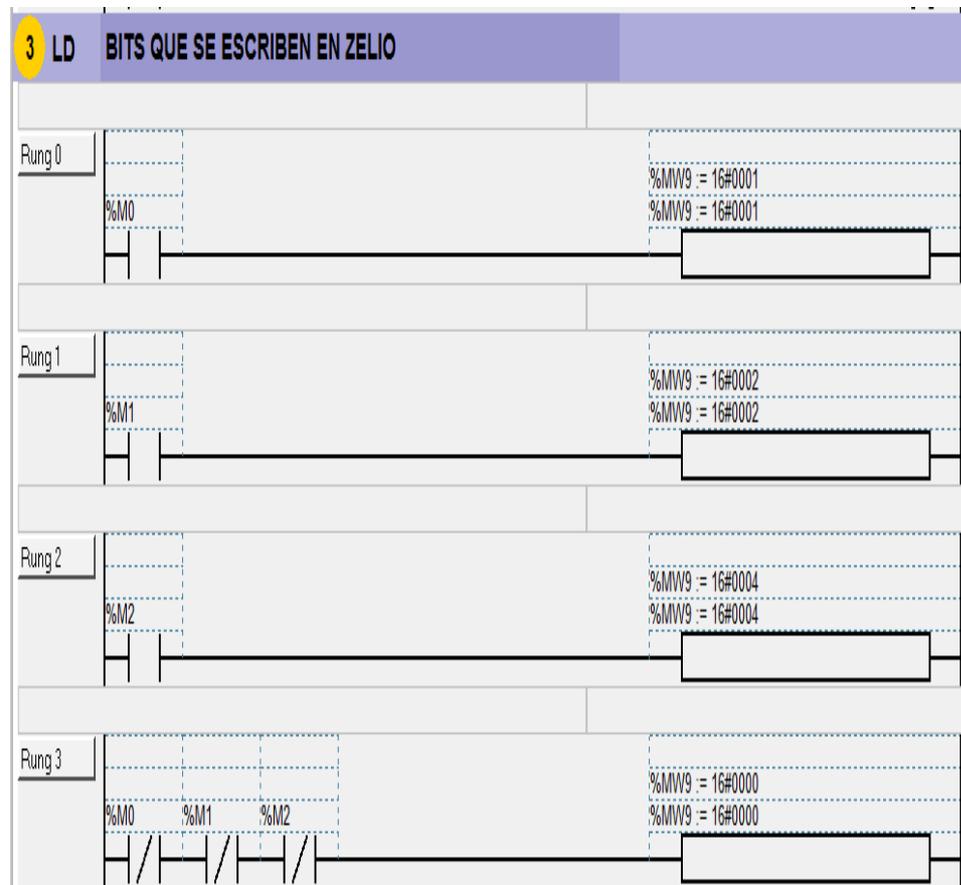


Figura 4.16 Escritura de bits en PLC Zelio.

Fuente Los autores

En la siguiente figura 4.17 se observar la configuración de parámetros de los temporizadores.

En la ventana principal **>Programar >Configurar >Configurar los Datos> Bloques funcionales.**

- En el ícono Símbolo se pone el nombre que le damos al temporizador.
- En el ícono Tipo se selecciona el tipo de temporizador en este caso TON.
- En el ícono Base se establece el tiempo por ejemplo (1 s, 100 ms, 10 ms, 1 ms).

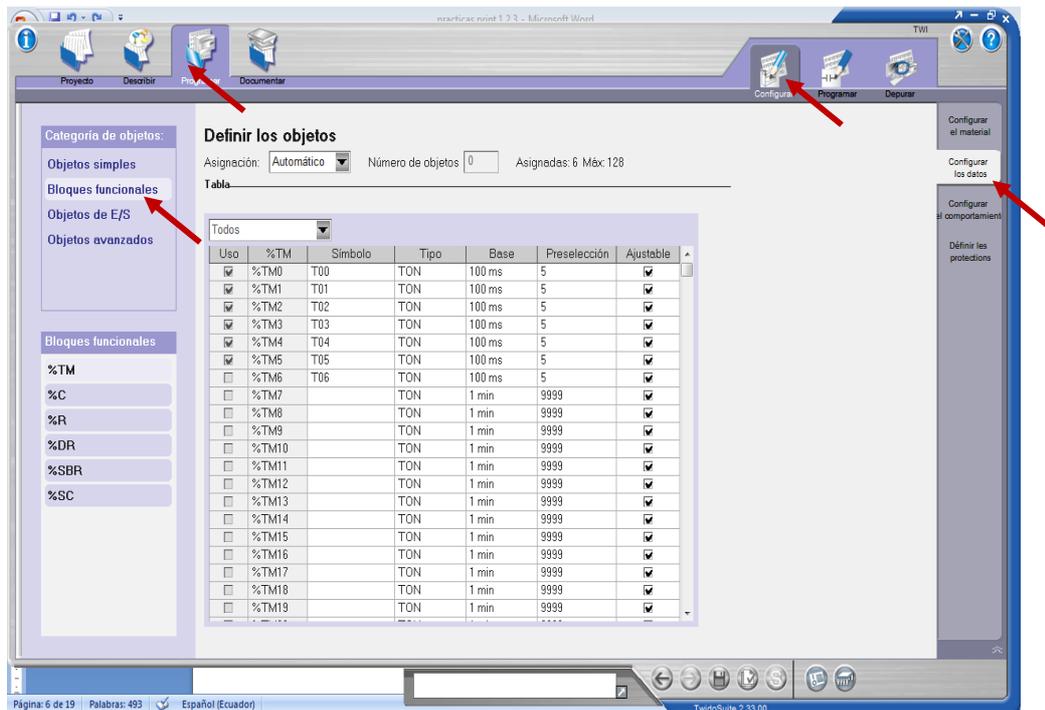


Figura 4.17 Configuración de parámetros de los Temporizadores.

Fuente Los autores

Configurado los valores en los temporizadores que se utilizaron en el proyecto (programa), en esta subrutina se carga un valor asignado en la variable de memoria MW18, este valor es leído desde el PLC Zelio.

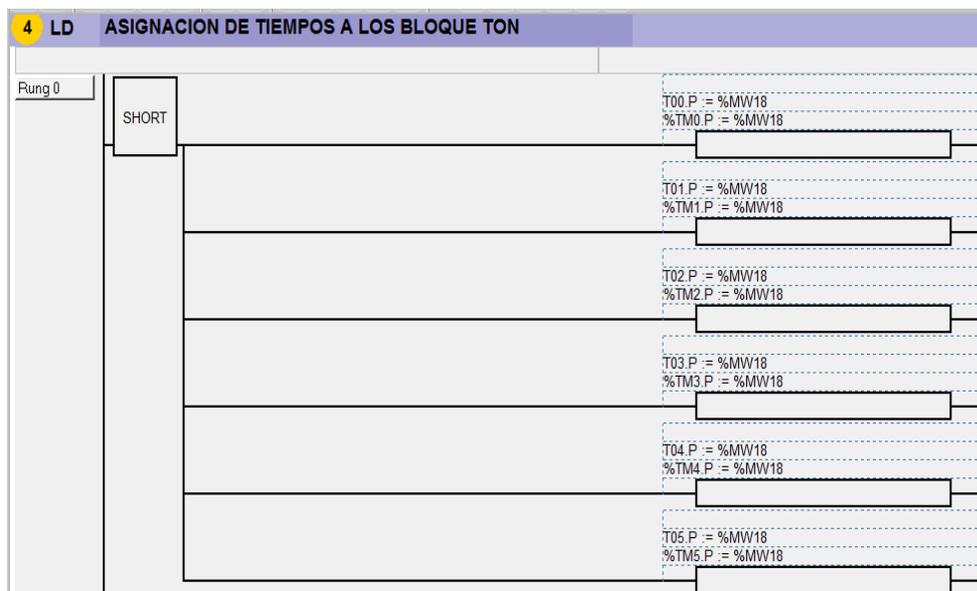


Figura 4.18 Asignación de tiempo a los Temporizadores.

Fuente Los autores

A continuación se muestra la tabla de escritura de bits en el PLC Zelio para la activación de la secuencia de las luces indicadoras. Se toma como referencia la Tabla 11.

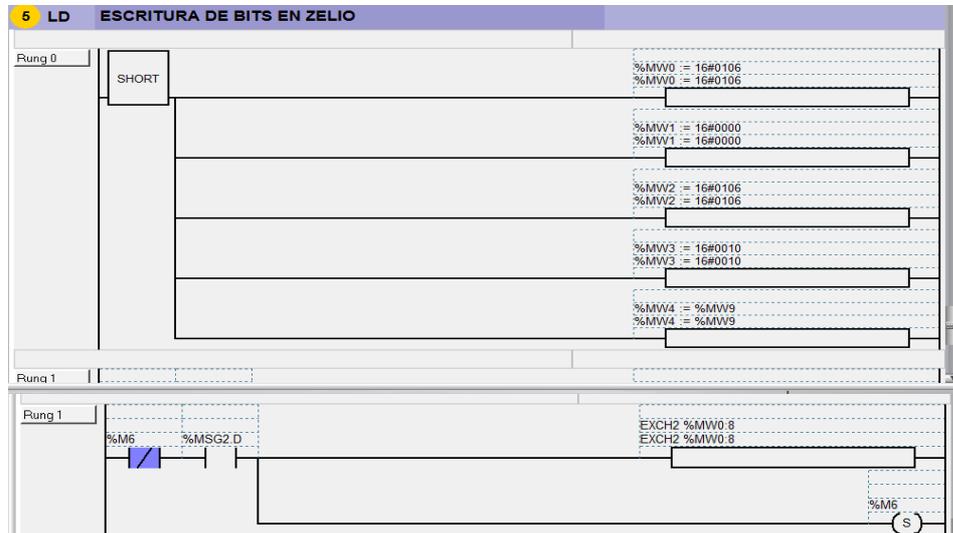


Figura 4.19 Escritura de bits en PLC Zelio.

Fuente Los autores

En esta rutina de programación se muestra la tabla de lectura de palabras en el PLC Zelio para la activación de la secuencia de luces indicadoras. Se toma como referencia la Tabla 9. Se lee la primera palabra (#14), que corresponde a la salida del módulo de comunicación Modbus del Zelio.

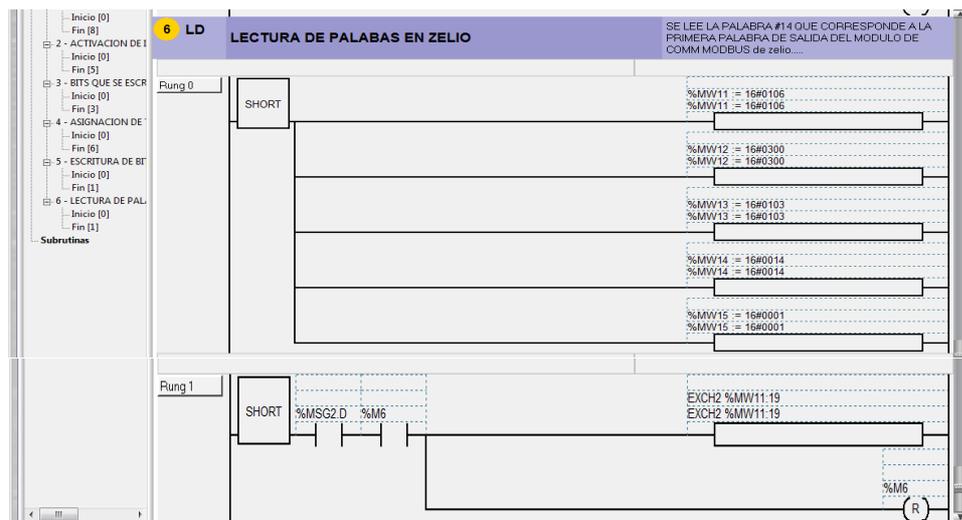


Figura 4.20 Lectura de palabras en PLC Zelio.

Fuente Los autores

Se crea un programa en el software Zelio Soft de generación de frecuencia, cada posición del selector envía una constante que se guarda en la marca MW14, la entrada Modbus MW3 envía una palabra desde el Twido (Maestro) y se utilizó un convertidor de palabras a bits para la activación de 3 salidas.

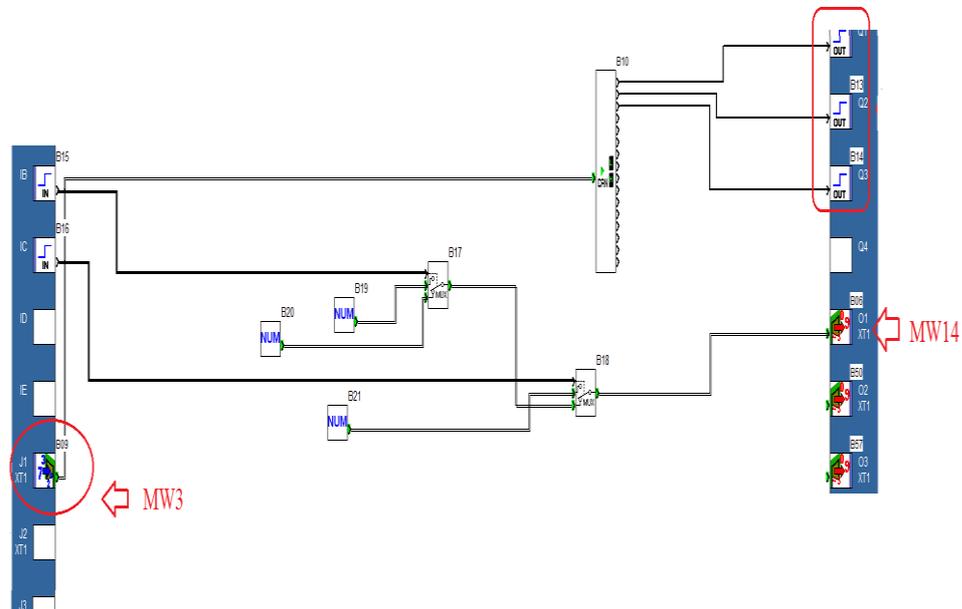


Figura 4.21 Generación de frecuencia en el programa Zelio Soft.

Fuente Los autores

4.2 Práctica 2: Comunicación PLC Twido (Máster) y Variador ATV312 (Esclavo) se realiza una aplicación con inversión de giro de un motor

4.2.1 Objetivos

- Comunicación Modbus entre PLC Twido (Máster) y Variador ATV312 (Esclavo).
- Configuración de Macros del variador de frecuencia con sus parámetros.
- Realizar una programación en Ladder de un sistema de inversión de giro de un motor.

4.2.2 Descripción de la práctica

La práctica consiste en configurar un PLC Twido (Máster) con un Variador de frecuencia ATV312 (Esclavo) mediante una comunicación Modbus, se realiza una

programación en Ladder de un sistema de inversión de giro de un motor en el software Twido Suite.

4.2.3 Desarrollo de la práctica

Se describe el modelo de PLC que se utiliza en la práctica, se selecciona el elemento Modbus con su respectivo tipo y dirección.

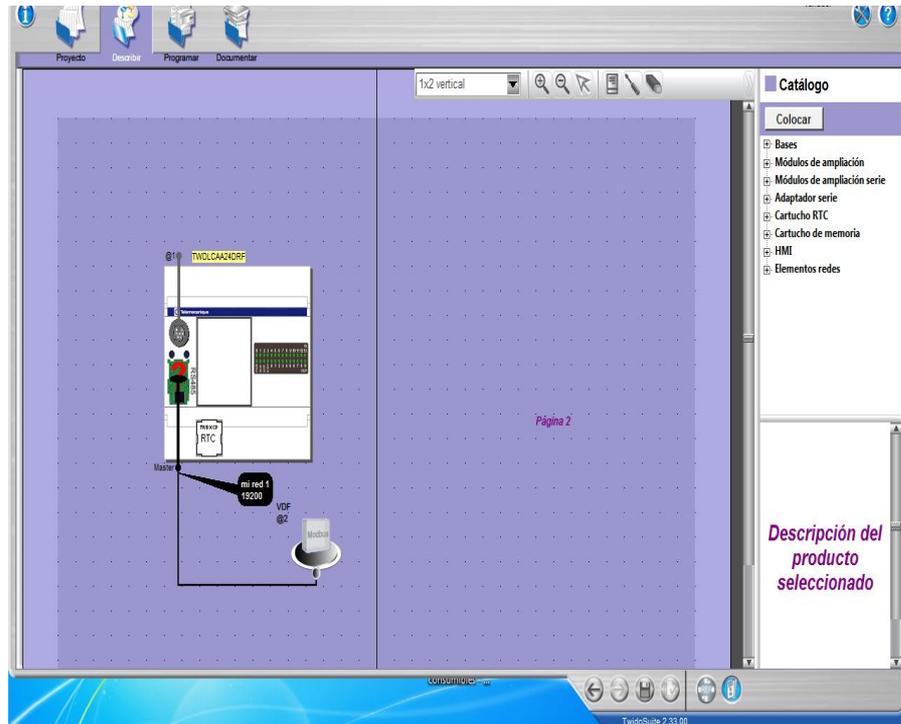


Figura 4.22 Configuración de PLC y elemento Modbus.

Fuente Los autores

Se configuran la Macros con sus parámetros predeterminados para el control del variador a través de modbus, utilizando las siguientes funciones:

- D_MANAGER controla la velocidad del variador.
- D_RUN_FWD activa al variador para dar marcha al motor en un sentido.
- D_RUN_REV activa al variador para dar marcha al motor en sentido contrario.
- D_STOP activa la parada del variador cuando está en marcha.
- D_SELECT_SPEED establece la velocidad con el valor de la consigna.
- D_CLEAR_ERR sirve para resetear errores

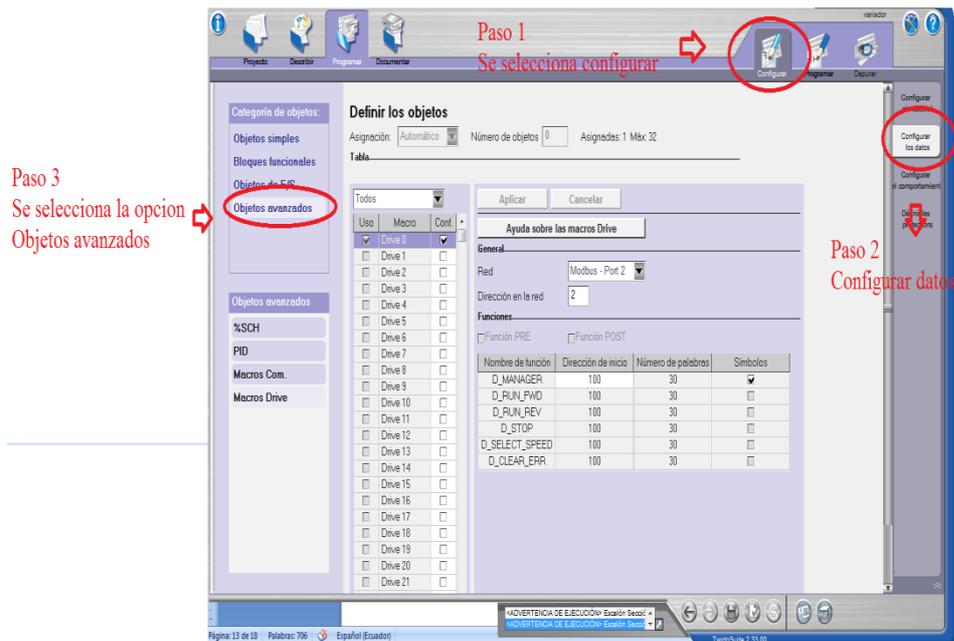


Figura 4.23 Configuración de los parámetros Macros Drive.

Fuente Los autores

Se ejecuta los Macros configurados para establecer la comunicación con el variador, en la palabra 104 se escribe la consigna de frecuencia al VDF que será de 1400 RPM.

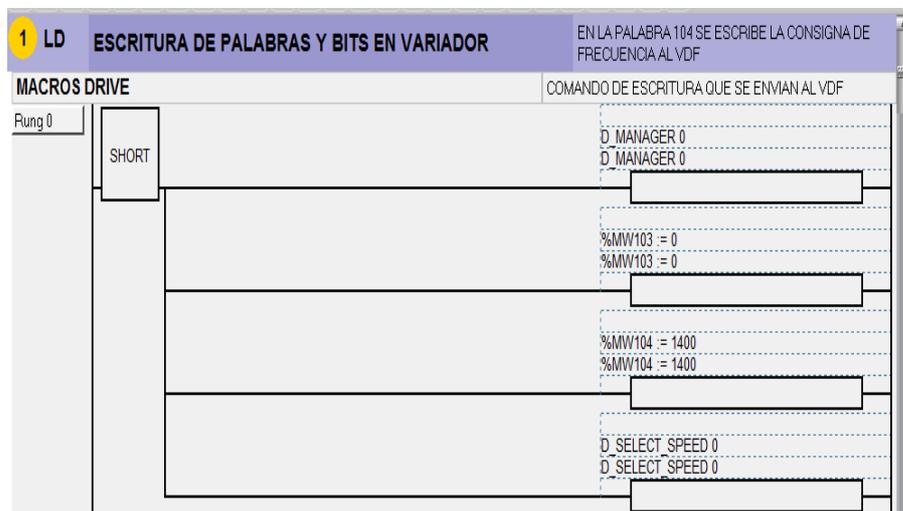


Figura 4.24 Escritura de palabras y bits en el Variador.

Fuente Los autores

Configuradas la macros la entrada IO.1 activa la secuencia automática, el contacto IO.3 es el paro y se observa un flanco positivo M4 que es la marca que reinicia la secuencia automática.

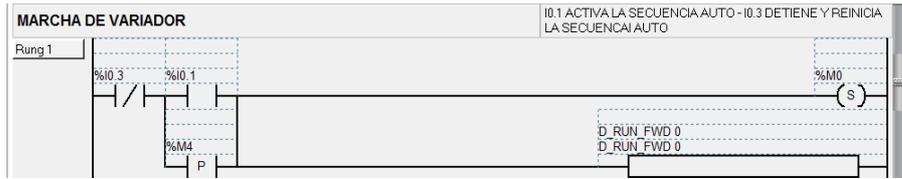


Figura 4.25 Activación de secuencia automática.

Fuente Los autores

Activada la bobina M0, se cierra un contacto M0 que acciona el primer Temporizador TON que enciende una bobina Set M1 y a su vez resetea la marca M4.

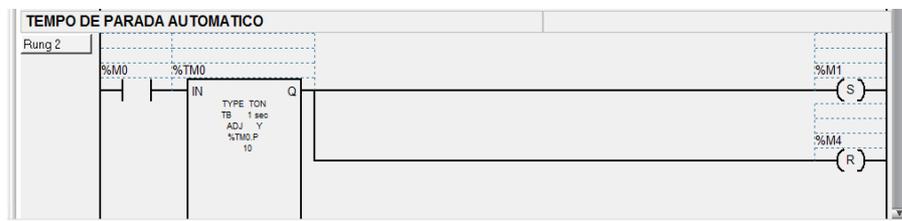


Figura 4.26 Tiempo de parada automática.

Fuente Los autores

Luego que transcurre el tiempo programado en el temporizador activa M1 y a un flanco positivo del mismo, que envía un pulso para la parada del motor. El contacto I0.3 es el paro del programa.



Figura 4.27 Programación de parada del motor.

Fuente Los autores

En la siguiente rutina el contacto abierto de M1 activa el segundo Temporizador TON, se programa el tiempo de espera para realizar la inversion de giro, una vez transcurrido el tiempo se acciona la marca Set M2.

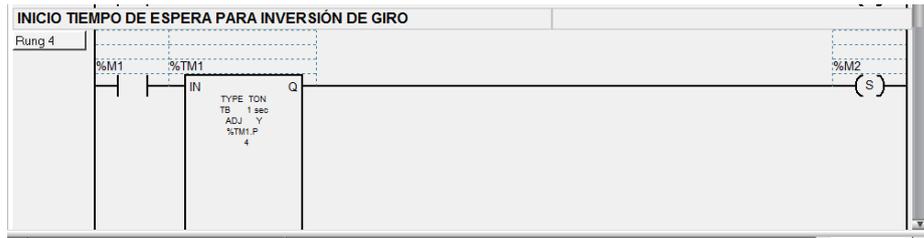


Figura 4.28 Tiempo de espera para la inversión de giro.

Fuente Los autores

Transcurrido el tiempo de espera, se activa la marca y un flanco positivo del Set M2 para iniciar el giro del motor en sentido contrario y a la vez resetear la marca M1.

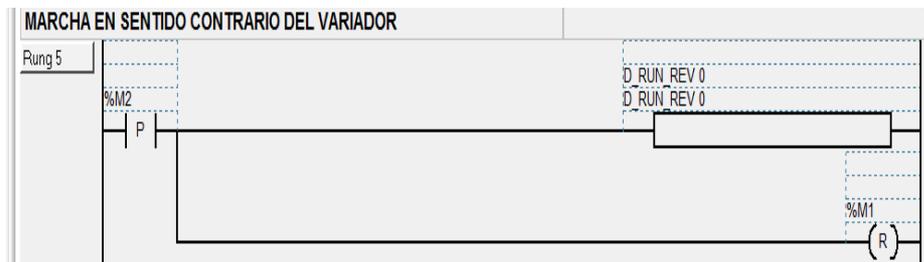


Figura 4.29 Marcha del motor en sentido contrario.

Fuente Los autores

Luego el contacto M2 activa el temporizador TON, transcurre el tiempo y se activa la marca Set M3.

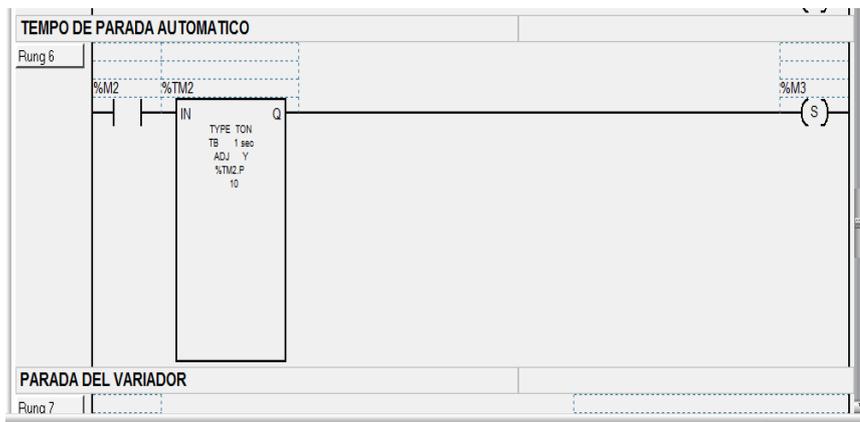


Figura 4.30 Programación de tiempo de parada automática.

Fuente Los autores

Se activa un flanco positivo de M3 que sirve de paro del motor y se programa un temporizador TON para reiniciar la secuencia.

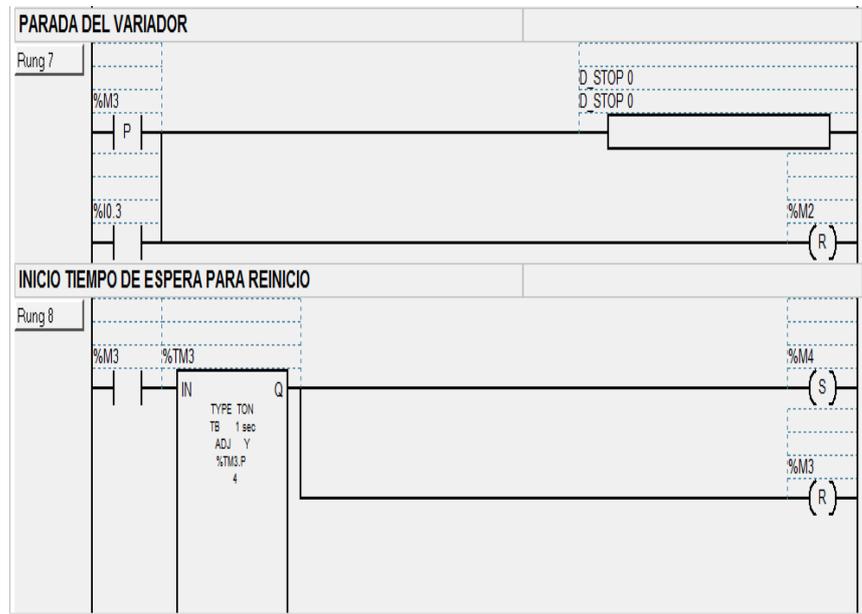


Figura 4.31 Reinicio de secuencia.

Fuente Los autores

El contacto I0.3 (Paro) resetea todas las marcas utilizadas en la programación.

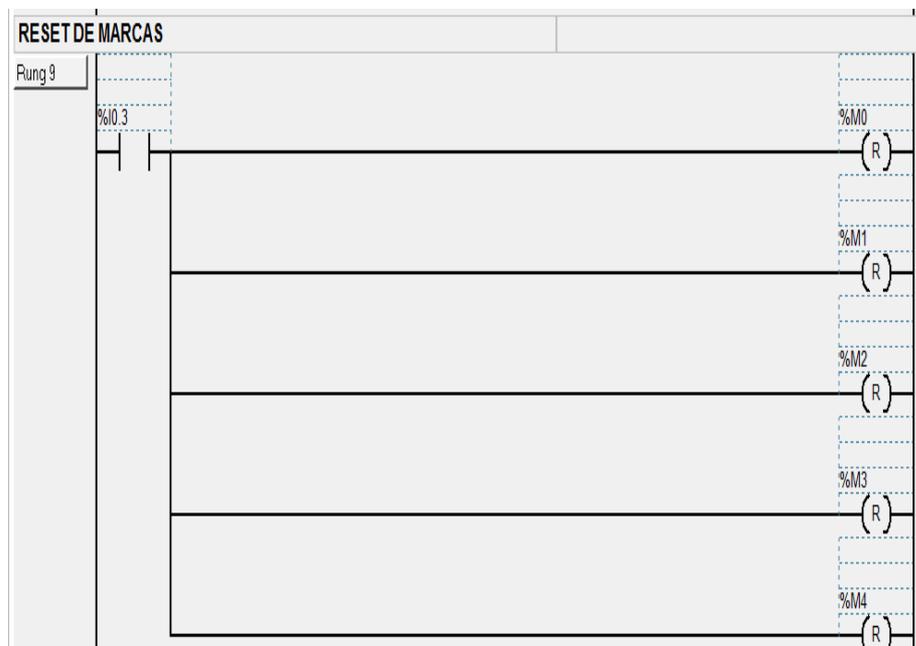


Figura 4.32 Reset de marcas del programa.

Fuente Los autores

4.3 Práctica 3: Escritura de palabras desde PLC Twido (Máster) hacia un PLC Twido (Esclavo) para la activación de una secuencia de luces

4.3.1 Objetivos

- Comunicación Modbus entre el PLC Twido (Máster) y el PLC Twido (Esclavo).
- Configuración para la escritura de palabras desde un PLC Máster.
- Realizar una programación en Ladder para una secuencia de luces indicadoras.

4.3.2 Descripción de la práctica

La práctica consiste en configurar un PLC Twido (Máster) con un PLC Twido (Esclavo) mediante la comunicación Modbus, se realiza una programación con lógica de contacto de una secuencia de luces indicadoras que se visualizan en el PLC Twido (Esclavo). Programado en el software Twido Suite.

4.3.3 Desarrollo de la práctica

Se describe el modelo de PLC que se utiliza en la práctica, se selecciona el elemento Modbus con su respectivo tipo y dirección.

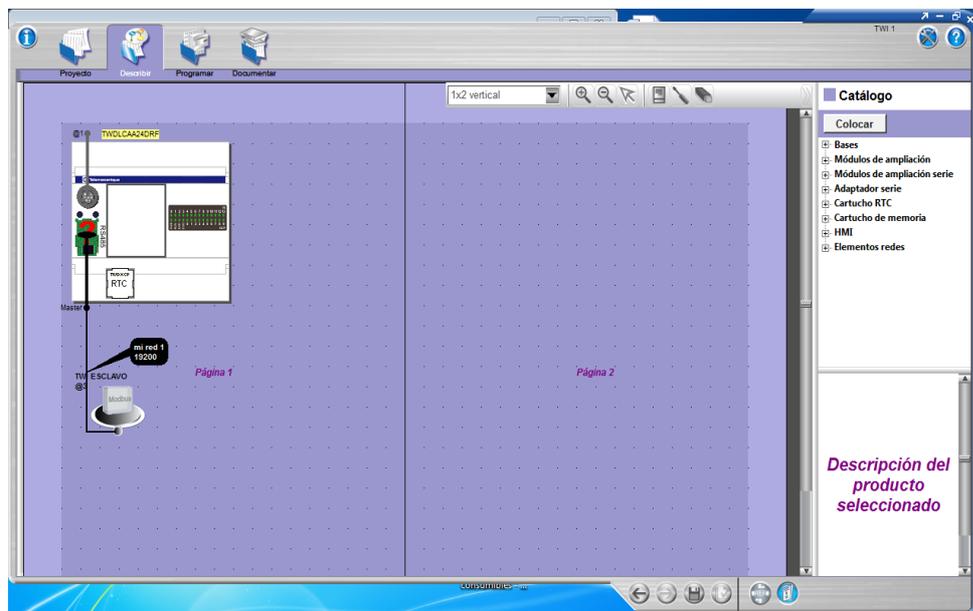


Figura 4.33 Configuración de PLC y elemento Modbus.

Fuente Los autores

Se observa el inicio de la secuencia, la entrada IO.1 será la marcha que activará la salida Set Q0.1 y a su vez resetea la marca M3. Se tiene un contacto cerrado de paro, y una marca M4 que es el bloqueo de inicio nuevamente.

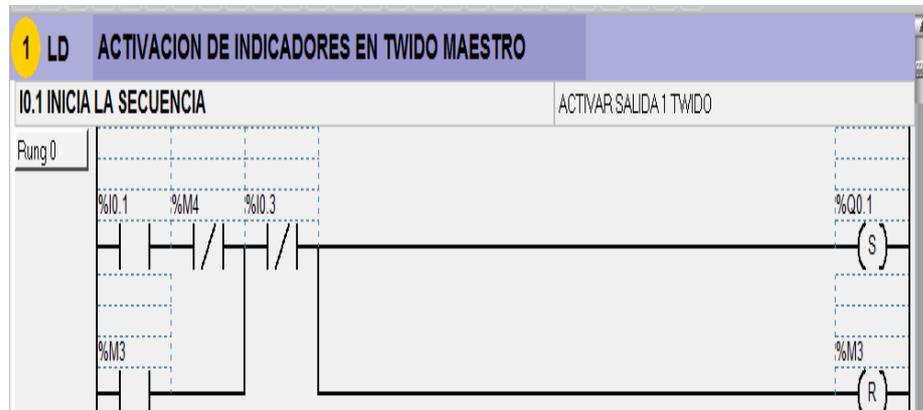


Figura 4.34 Activación de indicadores en Twido (Maestro).

Fuente Los autores

Se programa el tiempo de espera en el temporizador TON 1 para activar la salida Set Q0.2, luego activará un contacto Q0.2 para desactivar la salida Q0.1.

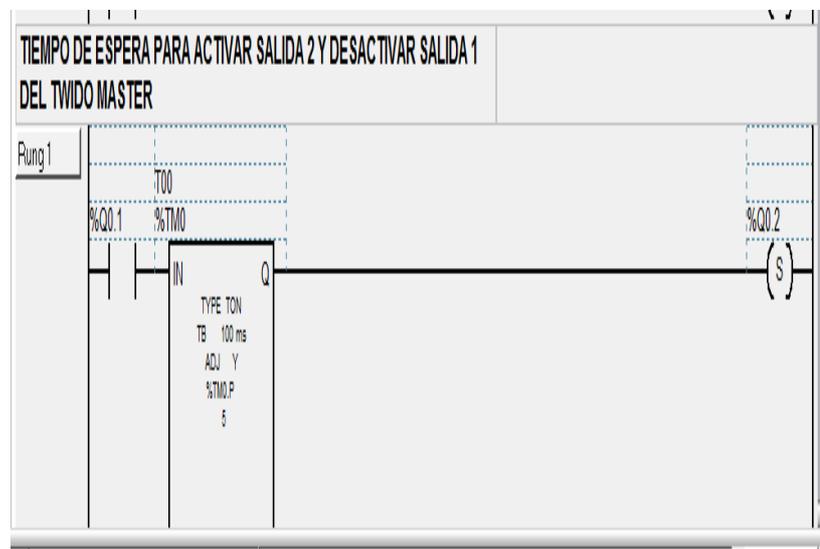


Figura 4.35 Programación de tiempo de espera en el Temporizador.

Fuente Los autores

Una vez que transcurre el tiempo de espera el temporizador activa la salida Q0.2 y un contacto Q0.2 para reseteo de la salida Q0.1 y la marca M4. También se activa el temporizador TON 2 que acciona una salida Set Q0.3.

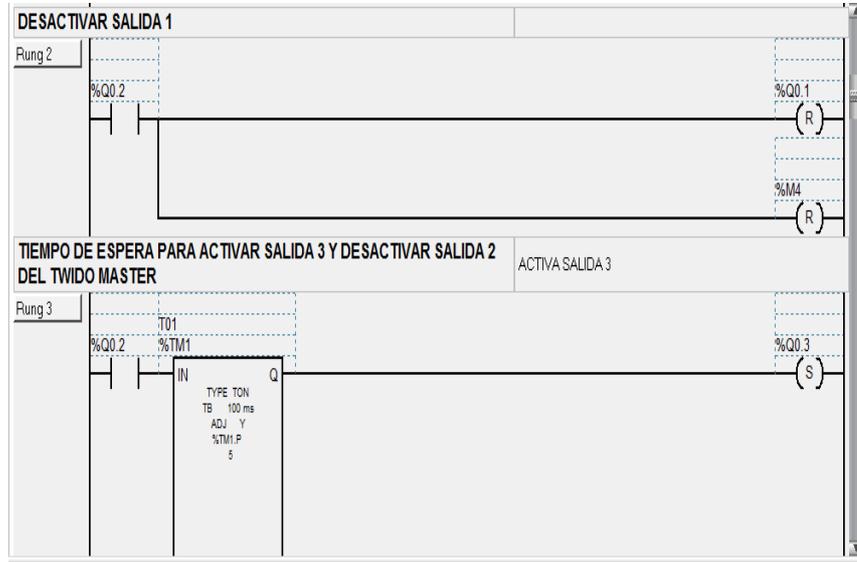


Figura 4.36 Desactivación salida Q0.1 y activación de conteo de tiempo de espera.

Fuente Los autores

Activada la salida Set Q0.3 se resetea la salida Q0.2 y el temporizador TON 3 que setea a la marca M0 del PLC Twido (Esclavo).

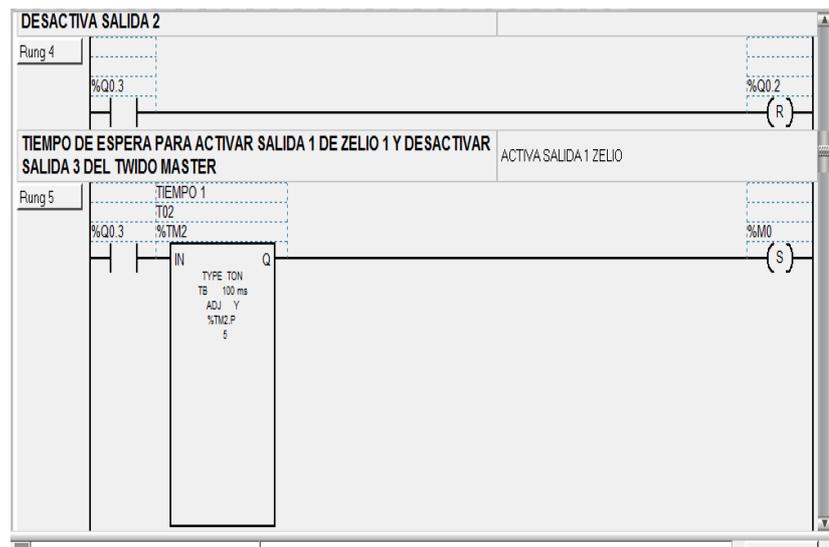


Figura 4.37 Desactivación salida Q0.2 y activación del Temporizador 3

Fuente Los autores

El contacto M0 resetea a Q0.3 y activa un temporizador TON 4 que setea una marca M1 del Twido (Esclavo).

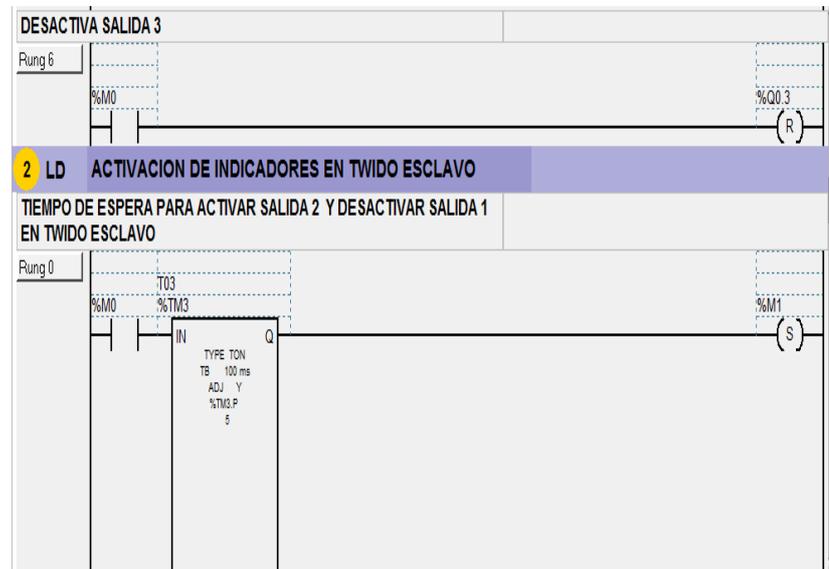


Figura 4.38 Activación de indicadores en Twido (Esclavo).

Fuente Los autores

Activada la salida M1 se cierra un contacto de la misma, la cual resetea M0. Un contacto M1 activa al temporizador TON 5 y setea M2.

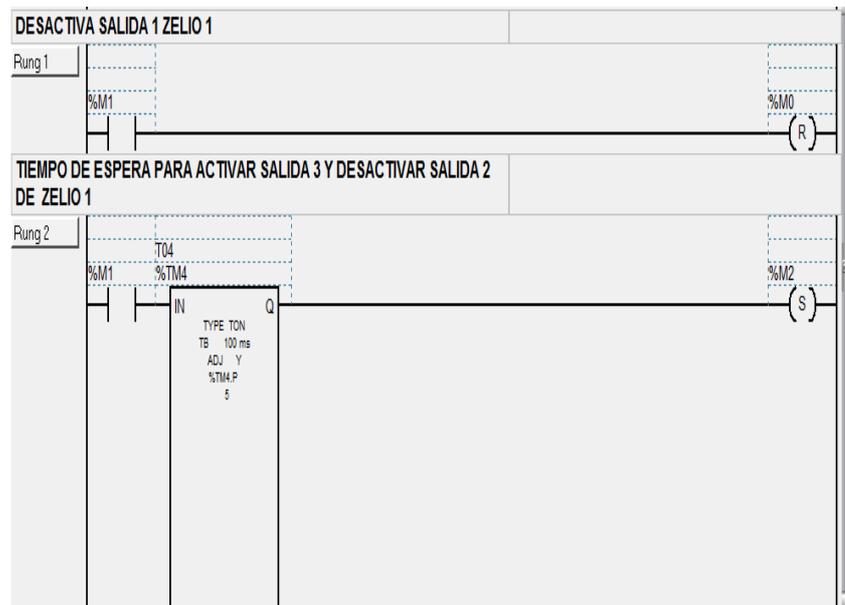


Figura 4.39 Desactivación de salida M0 e inicio de conteo del Temporizador 5.

Fuente Los autores

Se observa que el contacto M2 resetea la salida M1 y activa un Temporizador TON 6 que setea la marca M3.

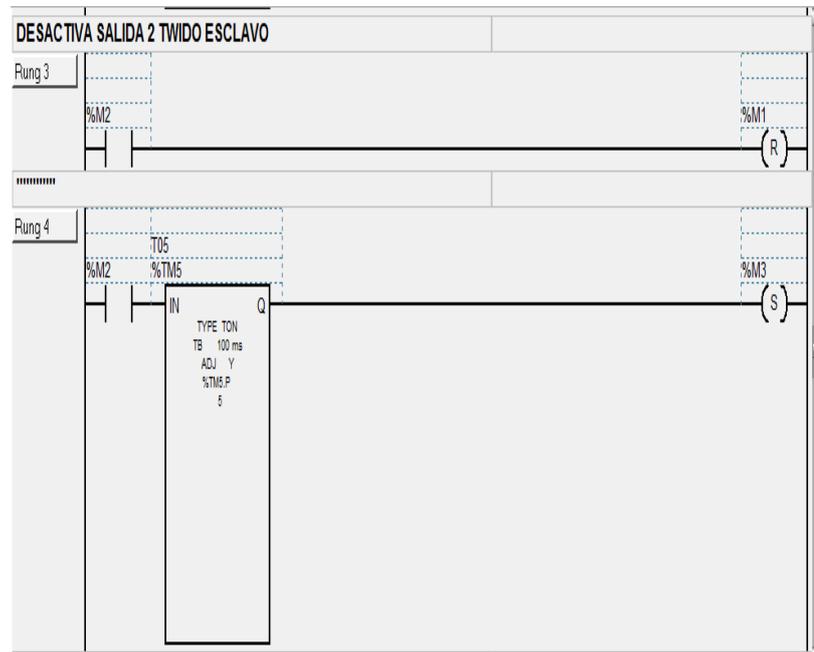


Figura 4.40 Desactivación de salida Q0.2 del Twido (Esclavo) e inicio de conteo del Temporizador 6

Fuente Los autores

En la siguiente figura 4.41 se observa la configuración de parámetros de los temporizadores.

Los pasos a seguir son los siguientes:

>Programar >Configurar >Configurar datos >Bloques funcionales.

Después se define los objetos de los bloques funcionales que se describen a continuación:

- En el ícono Símbolo se pone el nombre que le damos al temporizador.
- En el ícono Tipo se selecciona el tipo de temporizador en este caso TON.
- En el ícono base se establece la base de tiempo por ejemplo (1 s, 100 ms, 10 ms, 1 ms).

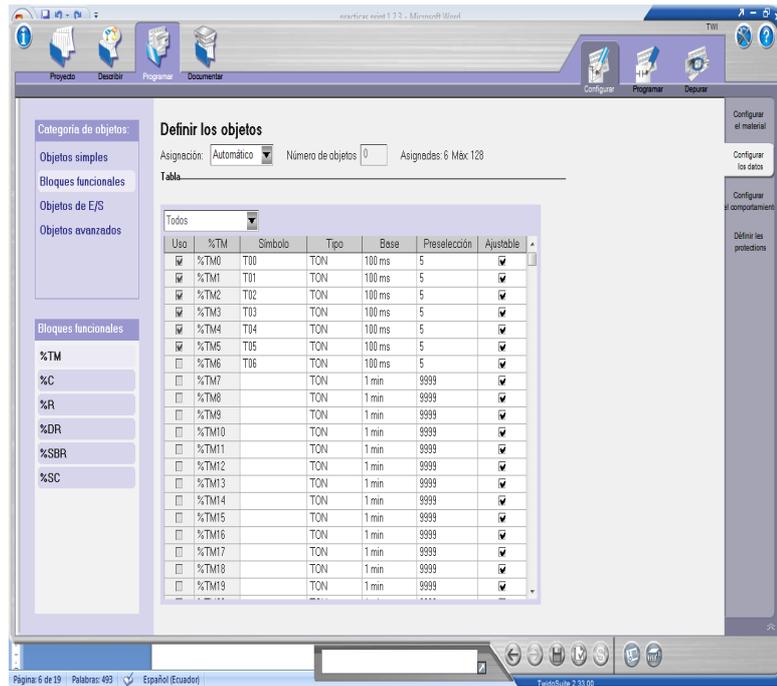


Figura 4.41 Configuración de parámetros de los Temporizadores.

Fuente Los autores

En la siguiente rutina se activan por intervalos de tiempo y de manera consecutiva los contactos M0, M1 y M2, al activarse se escribe un valor hexadecimal en la marca MW10 que se enviará al PLC Twido (Esclavo) por medio de la red Modbus.

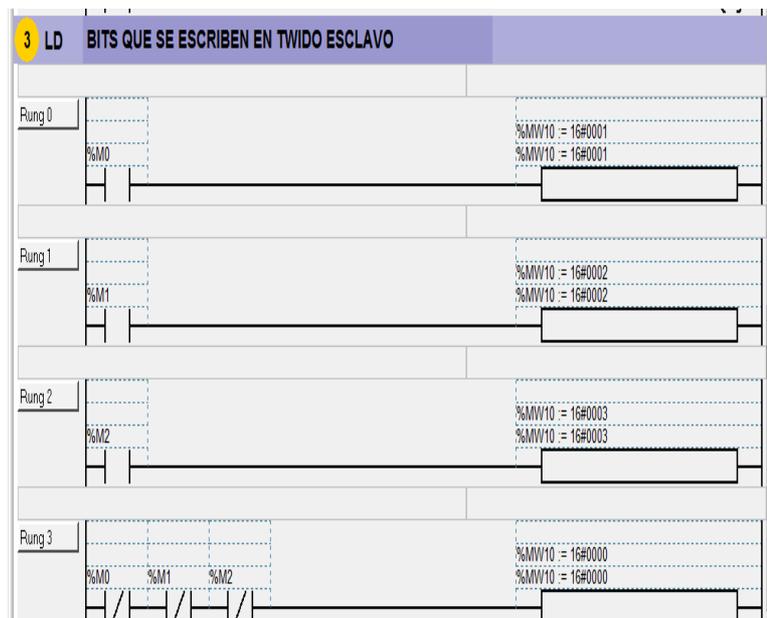


Figura 4.42 Tabla de escritura de bits en PLC Twido (Esclavo).

Fuente Los autores

Configurados los valores de los temporizadores que se utilizan en el proyecto, se carga un valor asignado en la variable de memoria MW18, este valor es leído desde el PLC Twido (Esclavo).

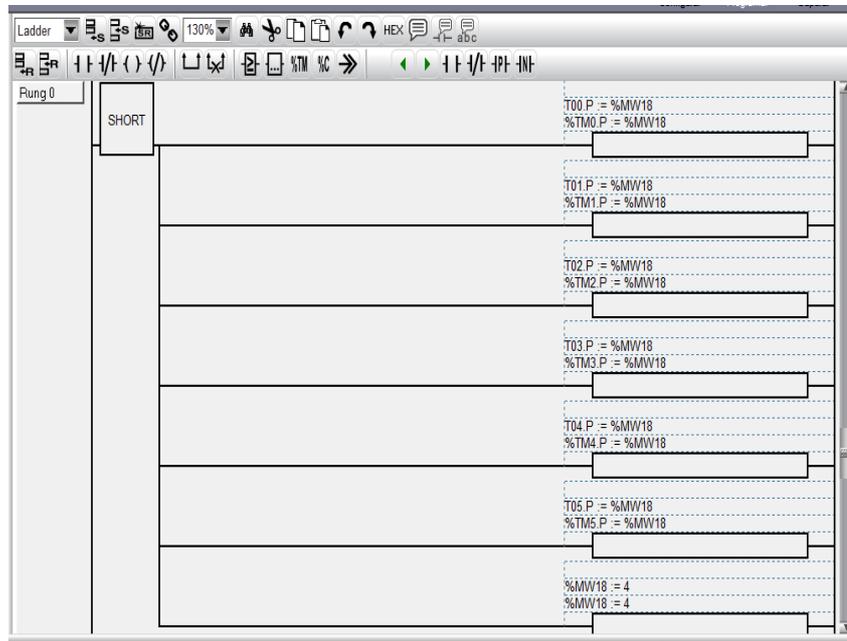


Figura 4.43 Asignación de tiempo a los Temporizadores.

Fuente Los autores

Se muestra la tabla de lectura de palabras en el PLC Twido (Esclavo) para la activación de la secuencia de luces indicadoras. Se toma como referencia la Tabla 11.

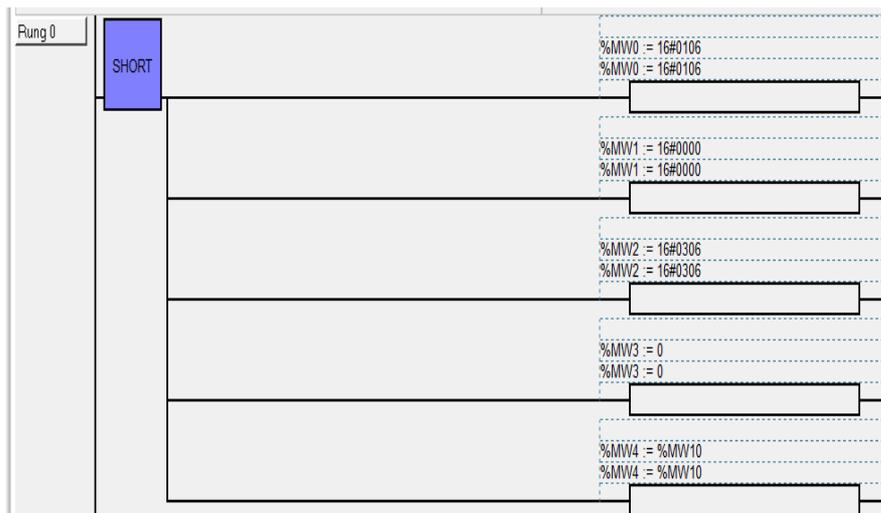


Figura 4.44 Lectura de palabras en PLC Twido (Esclavo)

Fuente Los autores

En la figura 4.45 se observa los contactos de las salidas del Twido y Zelio, se colocó en paralelo los contactos de dichas salidas. Cuando se active la secuencia de encendido de cada una de las salidas se activará la marca M4 que es el bloqueo de la entrada IO.0 del inicio de secuencia.

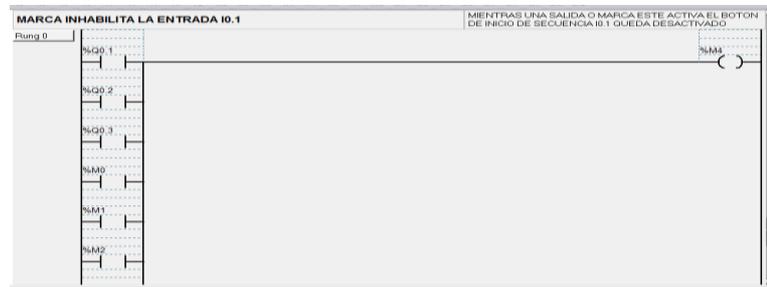


Figura 4.45 Activación de marca M4 para el bloque de secuencia.

Fuente Los autores

El contacto IO.3 (Paro) resetea todas las marcas utilizadas en la programación.



Figura 4.46 Reset de todas las marcas del programa.

Fuente Los autores

Se establece la frecuencia desde el PLC Twido (Esclavo), se compara los valores de los setpoints, para el encendido de la secuencia de luces.

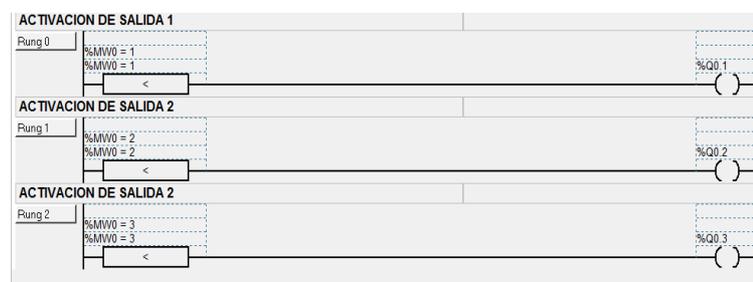


Figura 4.47 Setpoint de Generación de Frecuencia.

Fuente Los autores

4.4 Práctica 4: Escritura y lectura de palabras, bits desde PLC Twido (Máster) hacia PLC Zelio (Esclavo) y Variador de Frecuencia (Esclavo)

4.4.1 Objetivos

- Comunicación Modbus entre el PLC Twido (Máster) hacia PLC Zelio (Esclavo) y Variador de Frecuencia ATV 312 (Esclavo).
- Configuración para escritura y lectura de palabras desde un PLC (Máster) hacia los Esclavos Zelio y Variador.
- Realizar una programación en el Software Twido Suite utilizando una lógica de contactos para efectuar una secuencia de luces.
- Realizar una programación en el Software Zelio Soft, para la generación de revoluciones para el funcionamiento de un motor mediante tiempos de espera.

4.4.2 Descripción de la práctica

La práctica consiste en configurar un PLC Twido (Máster) con un PLC Zelio (Esclavo) y un Variador de frecuencia ATV312 (Esclavo), mediante la comunicación Modbus, se realiza una programación en Ladder para efectuar una secuencia de luces que se visualizan en las salidas de los PLC's de forma simultánea y relacionada con el variador de frecuencia.

4.4.3 Desarrollo de la práctica

Se describe el modelo de PLC que se utiliza en la práctica, se selecciona el elemento Modbus con su respectivo tipo y dirección.

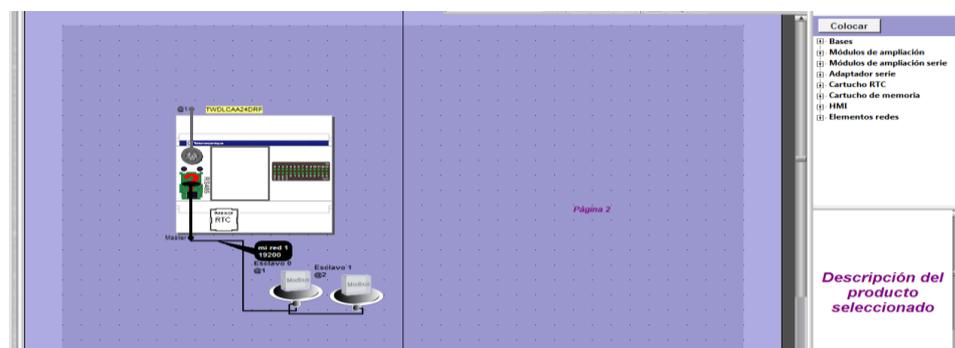


Figura 4.48 Descripción de modelo de PLC y elementos Modbus.

Fuente Los autores

Se configuran los Macros con sus parámetros predeterminados para el control del variador a través de Modbus, utilizando las siguientes funciones:

- D_MANAGER controla la velocidad del variador.
- D_RUN_FWD activa al variador para dar marcha al motor en un sentido.
- D_RUN_REV activa al variador para dar marcha al motor en sentido contrario.
- D_STOP activa la parada del variador cuando está en marcha.
- D_SELECT_SPEED establece la velocidad con el valor de la consigna.
- D_CLEAR_ERR sirve para resetear errores.

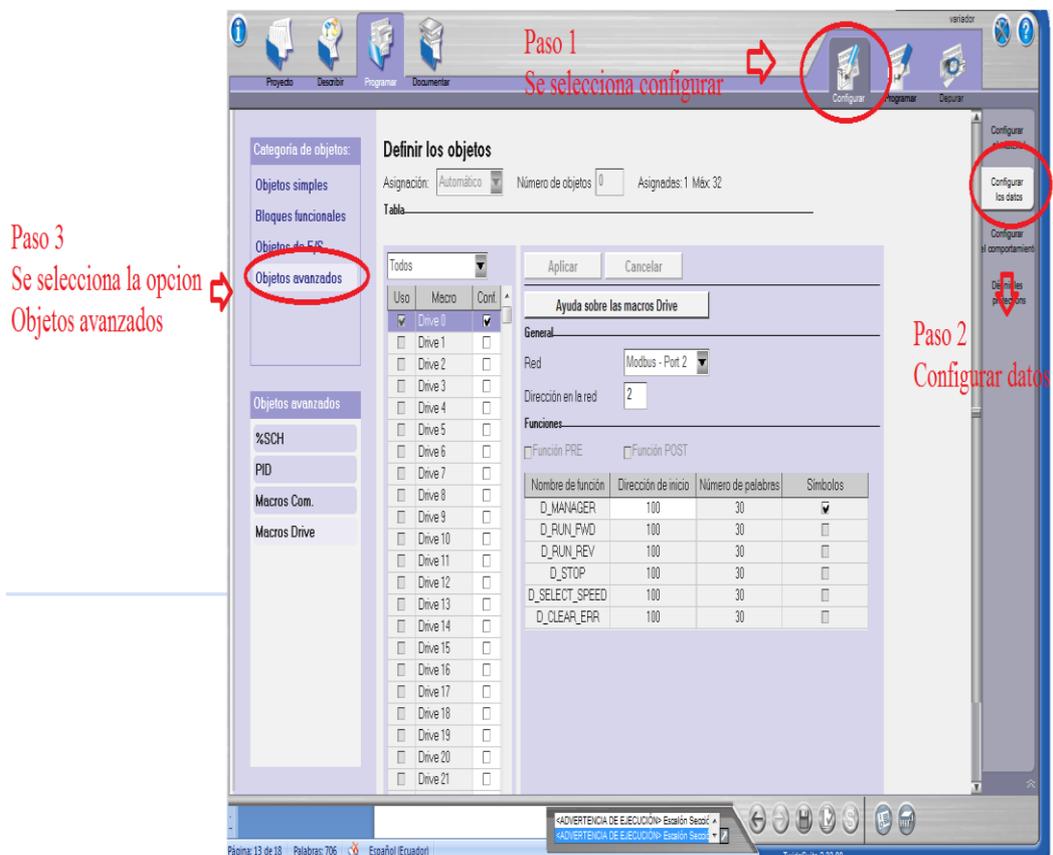


Figura 4.49 Configuración de los parámetros Macros Drive.

Fuente Los autores

Se ejecuta las Macros que se han configurado para establecer la comunicación con el variador, en la palabra 104 se escribe la consigna de frecuencia al VDF y se guarda en la marca MW7.

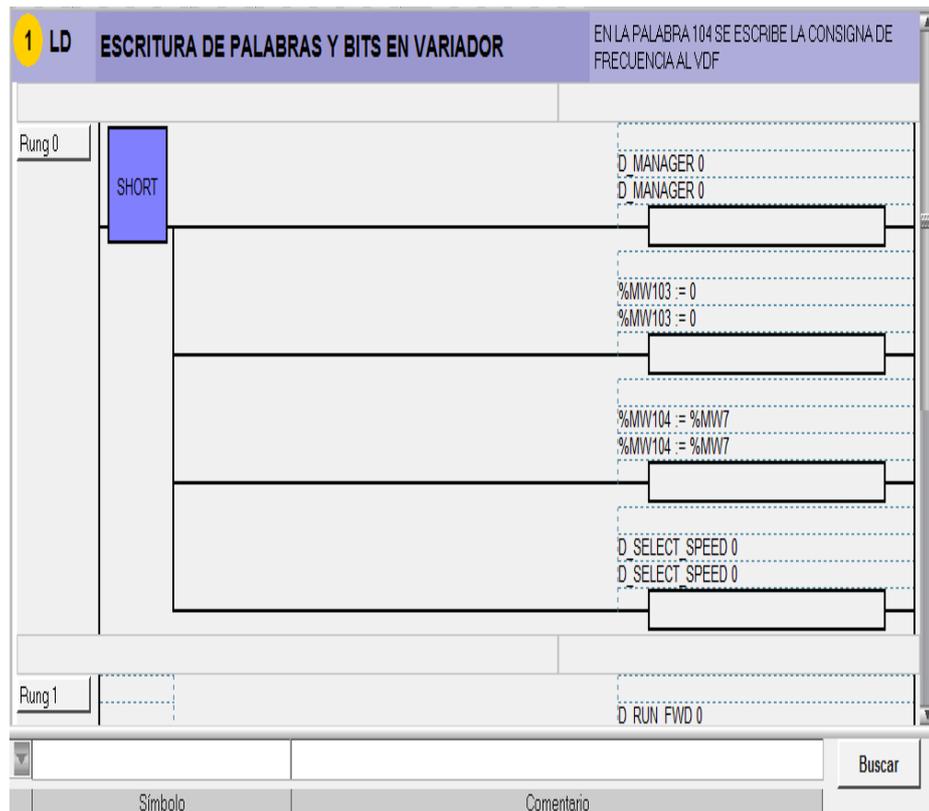


Figura 4.50 Escritura de palabras y bits en el variador.

Fuente Los autores

Se observa que el contacto I0.1 es la marcha o arranque del motor y el contacto I0.3 es el paro del motor.

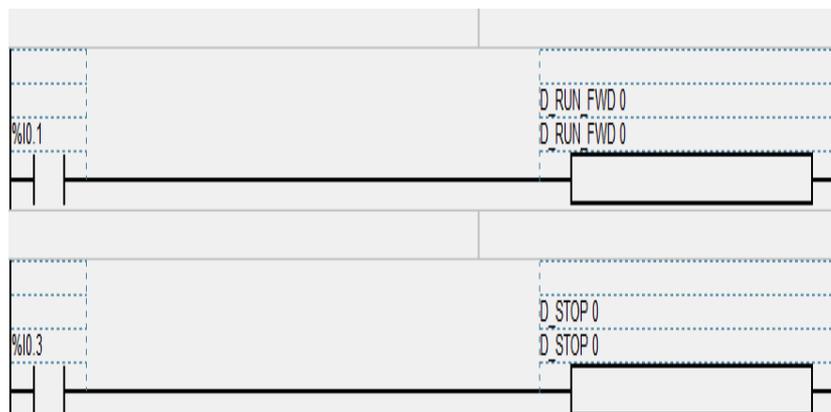


Figura 4.51 Marcha y paro del motor.

Fuente Los autores

En la rutina se muestra la tabla de lectura de palabras en el PLC Zelio para la activación de la secuencia de luces indicadoras. Se toma como referencia la Tabla 9. Se lee la

primera palabra (#14) que corresponde a la salida del módulo de comunicación Modbus del Zelio.

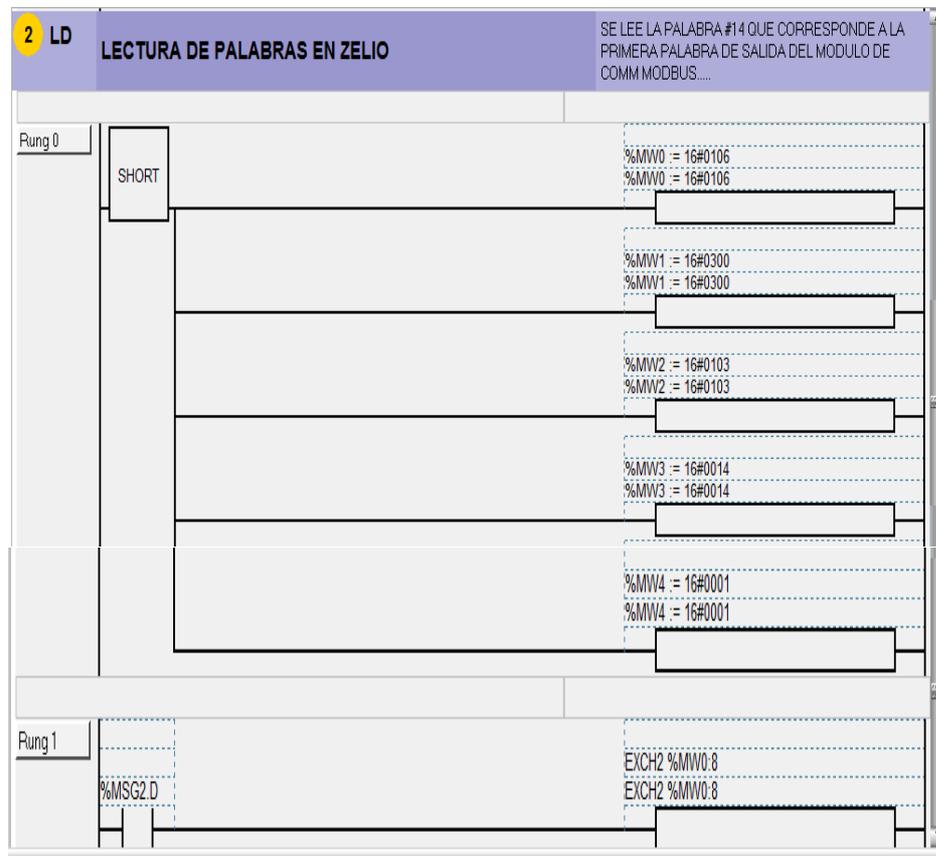


Figura 4.52 Lectura de palabras en PLC Zelio.

Fuente Los autores

Se crea un programa con compuertas lógicas en el software Zelio Soft para la generación de frecuencias automáticas, en la figura 4.53 se tiene 2 entradas digitales, una de marcha y la otra de paro.

También se dispone de una entrada Modbus J1 que lee una palabra de 16 bits, pero en la lectura solo se necesita 2 bits, por tal motivo se usó un convertidor de palabras a bit.

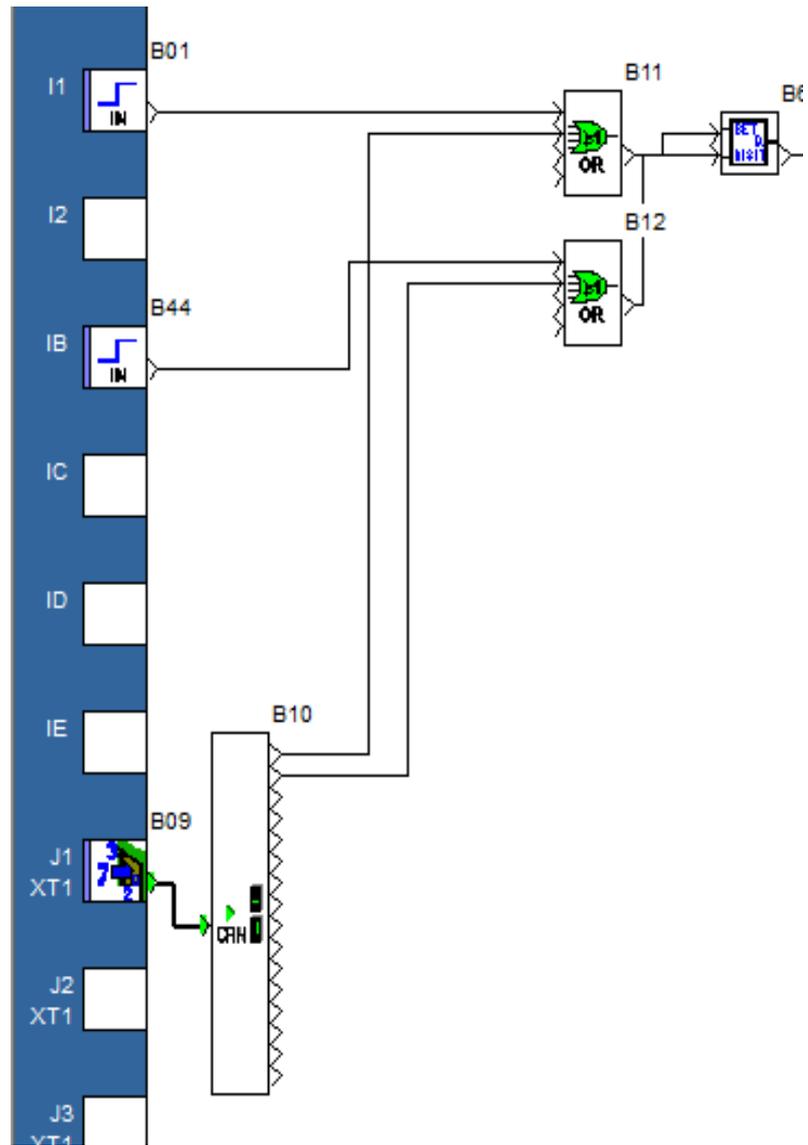


Figura 4.53 Marcha, Paro y conversión de palabras a bits.

Fuente Los autores

Una vez que se dio marcha, comienza la secuencia de generación de frecuencia automática mediante temporizadores. Es un proceso tipo escalera, cuando inicia el temporizador TON 1 activa un bloque por un tiempo 10s, envía una frecuencia de 350 RPM hacia la marca MW14, luego se desactiva el temporizador TON 1 y se activa el temporizador TON 2 que activa un bloque por un tiempo 10s, se envía una frecuencia de 700 RPM hacia la marca MW14, luego se desactiva el temporizador TON 2 y se activa el temporizador TON 3 que activa un bloque por un tiempo 10s, envía una frecuencia de 1050 RPM hacia la marca MW14, luego se desactiva el temporizador

TON 3 y se activa el temporizador TON 4 que activa un bloque por un tiempo de 10s, envía una frecuencia de 1400 RPM hacia la marca MW14, una vez terminado el proceso se reinicia automáticamente.

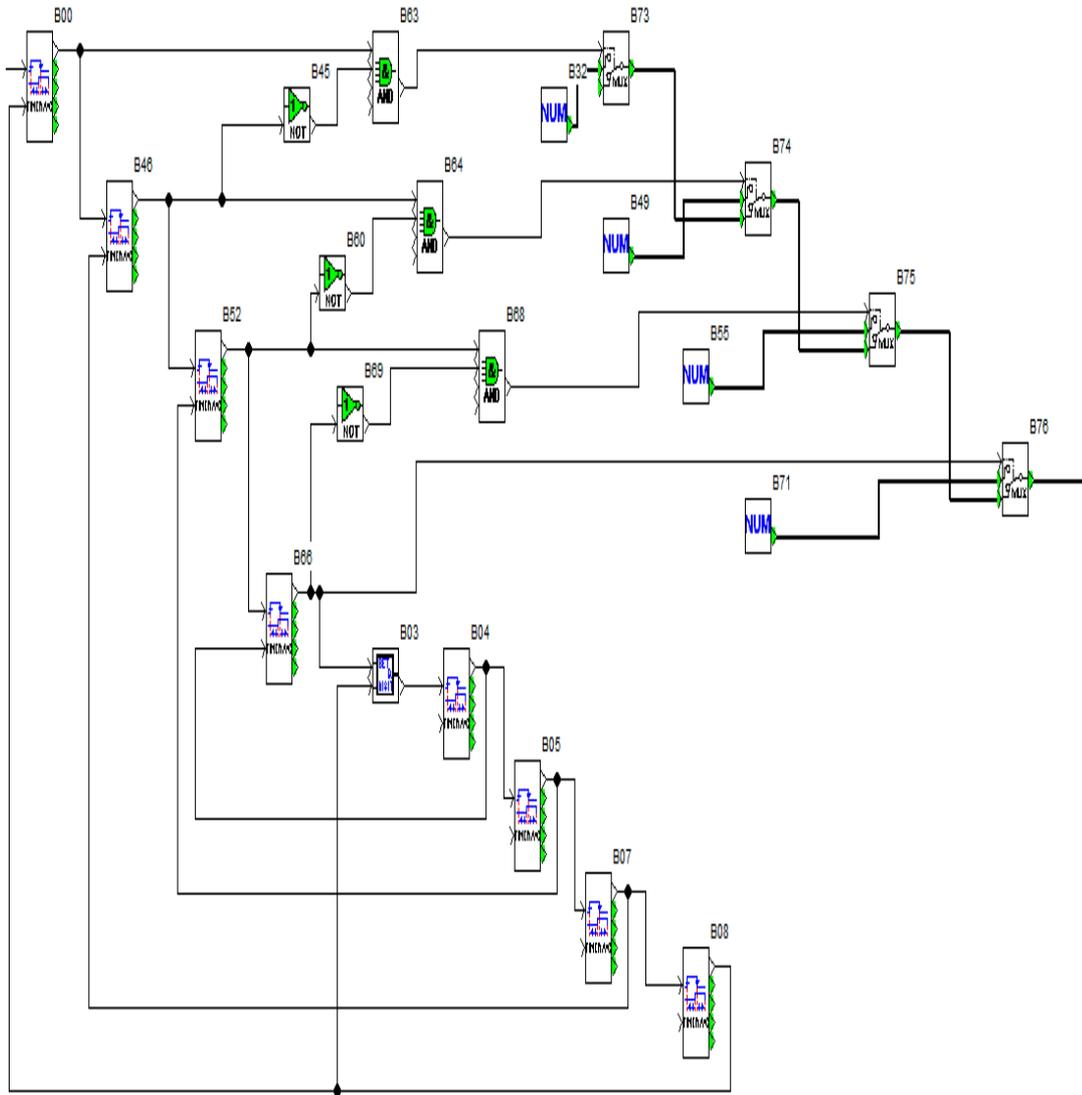


Figura 4.54 Generación de frecuencia automática.

Fuente Los autores

4.5 Práctica 5: Escritura y lectura de palabras, bits desde PLC Twido (Máster) hacia los esclavos PLC Twido, 2 PLC Zelio y 2 Variadores de Frecuencia

4.5.1 Objetivos

- Comunicación Modbus entre el PLC Twido (Máster), PLC Twido (Esclavo), 2 PLC Zelio (Esclavos) y 2 Variadores de Frecuencia ATV312 (Esclavos).
- Configuración para escritura y lectura de palabras desde un PLC (Máster) hacia los Esclavos.
- Realizar una programación en el software Twido Suite en lenguaje Ladder para efectuar una secuencia de luces indicadoras.
- Realizar una programación en el Software Zelio Soft para la generación de frecuencia y tiempos de espera, para el control vía Modbus de un variador de frecuencia ATV312 que controla un motor trifásico.

4.5.2 Descripción de la práctica

La práctica consiste en configurar un PLC Twido (Máster) y 5 esclavos de tal manera que se integren mediante el protocolo de comunicación Modbus, la misma que activará todas las salidas de los PLC's (Luces indicadoras) con una secuencia de luces y la variación de velocidad de los motores con respecto al tiempo programado de las luces indicadoras.

4.5.3 Desarrollo de la práctica

Se describe el modelo de PLC que se utiliza en la práctica, se selecciona el elemento Modbus con su respectivo tipo y dirección.

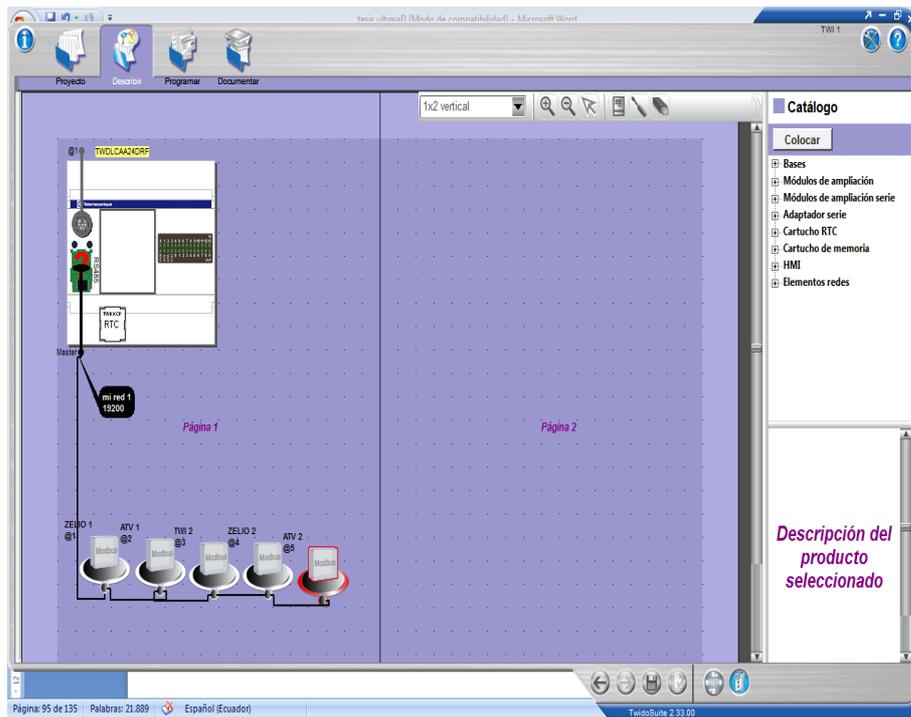


Figura 4.55 Descripción de PLC y elementos Modbus.

Fuente Los autores

Una vez que se configura el PLC se inicia la secuencia de programación de Marcha y Paro, se activa la primera salida Q0.1 que activará el Temporizador TON 1 y a su vez a la salida Q0.2.

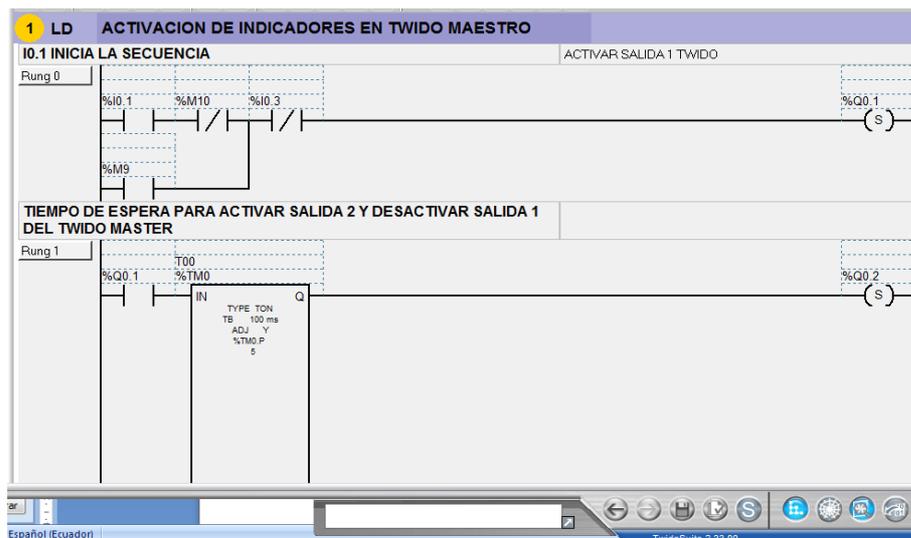


Figura 4.56 Activación de indicadores en PLC Twido (Maestro).

Fuente Los autores

En la línea de programación se observa que el contacto Q0.2 desactiva la salida Q0.1 y a su vez activa el temporizador TON 2 que setea una salida Q0.3

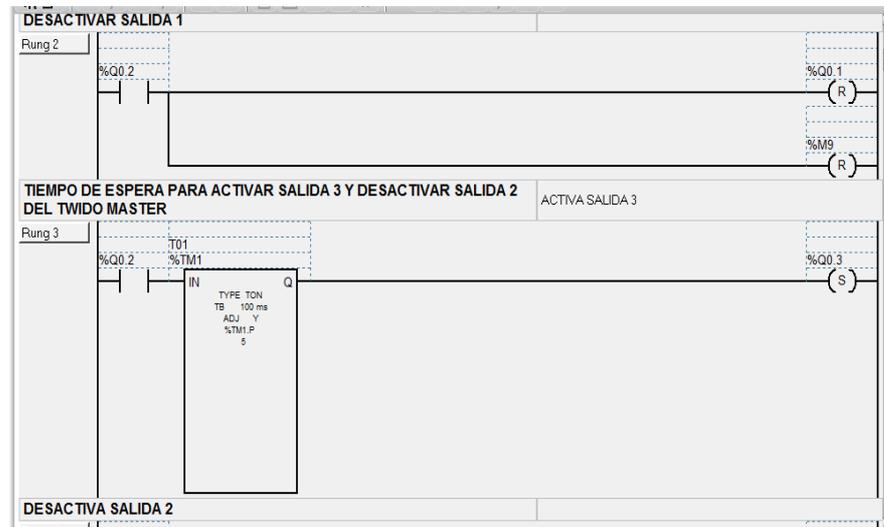


Figura 4.57 Desactivación de salida y activación del Temporizador 2.

Fuente Los autores

Se observa que el contacto Q0.3 desactiva la salida Q0.2 y a su vez activa un temporizador TON 3 para activar la salida 1 de Zelio y setea la salida 3 del Twido (Máster).

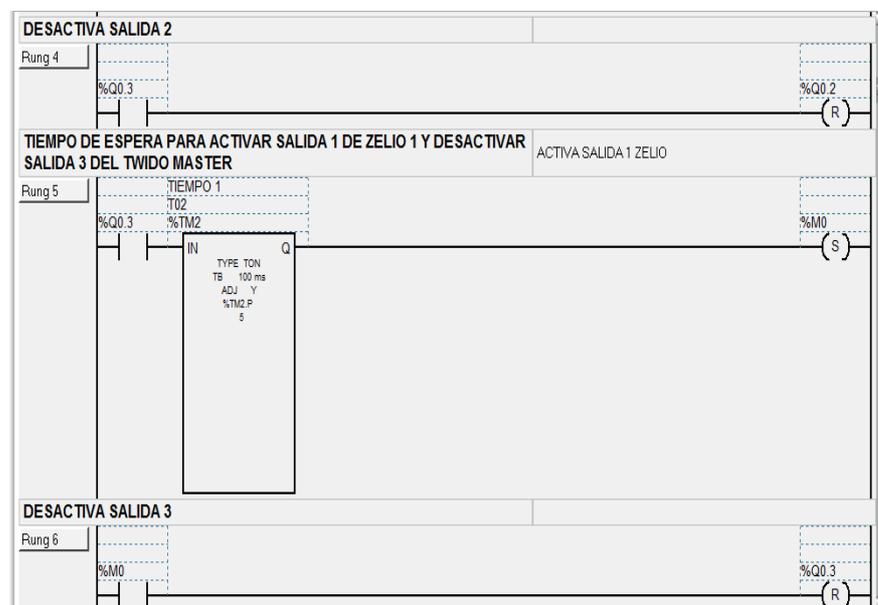


Figura 4.58 Desactivación de salida y activación del Temporizador 3.

Fuente Los autores

Se programa el tiempo de espera en un Temporizador TON 4 para setear la salida M1 y desactivar la salida M0 del PLC Zelio.

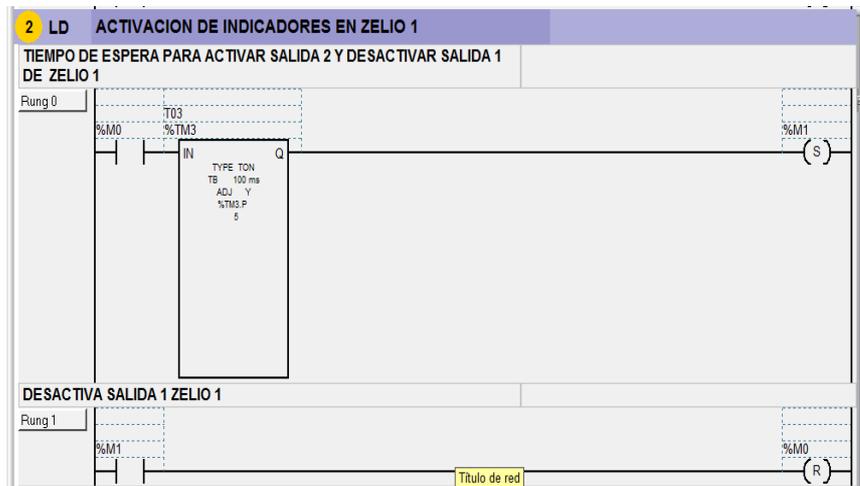


Figura 4.59 Desactivación de salida y activación del Temporizador 4.

Fuente Los autores

Luego inicia el tiempo de espera en el Temporizador TON 5 para activar la salida M2 y desactivar la salida M1 del PLC Zelio.

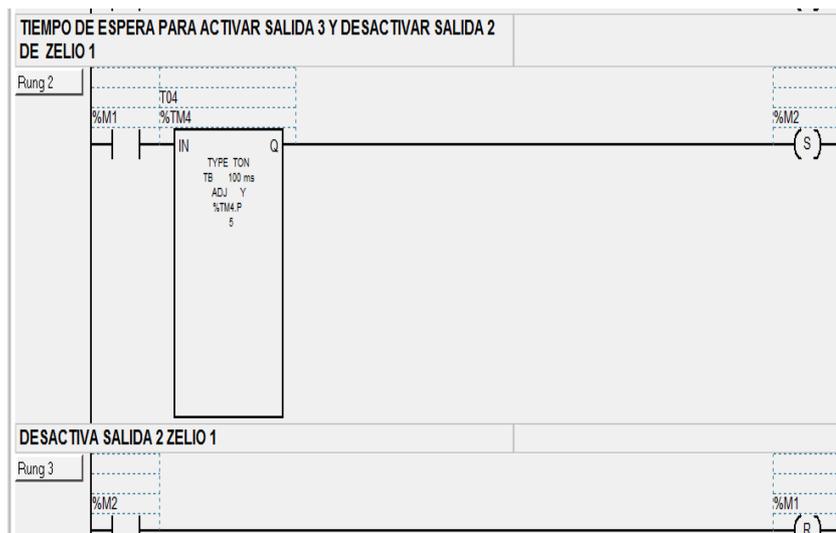


Figura 4.60 Desactivación de salida y activación del Temporizador 5.

Fuente Los autores

Se observa la programación del tiempo de espera en el Temporizador TON 6 que setea M3 y resetea M2 del PLC Zelio.

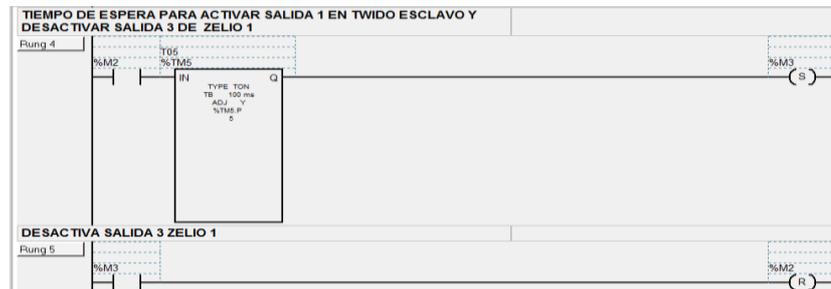


Figura 4.61 Desactivación de salida y activación del Temporizador 6.

Fuente Los autores

Se define el tiempo de espera en el Temporizador TON 7 para activar la salida M4 y desactivar la salida M3 en el Twido (Esclavo).

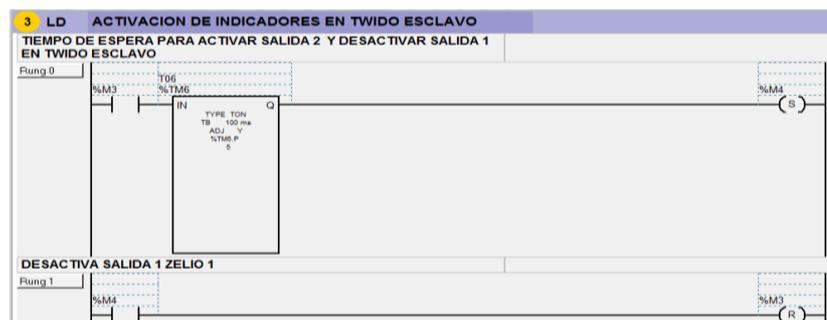


Figura 4.62 Desactivación de salida y activación del Temporizador 7.

Fuente Los autores

Seguido se configura el tiempo de espera en el Temporizador TON 8 para activar la salida M5 y desactivar la salida M4 en el Twido (Esclavo).

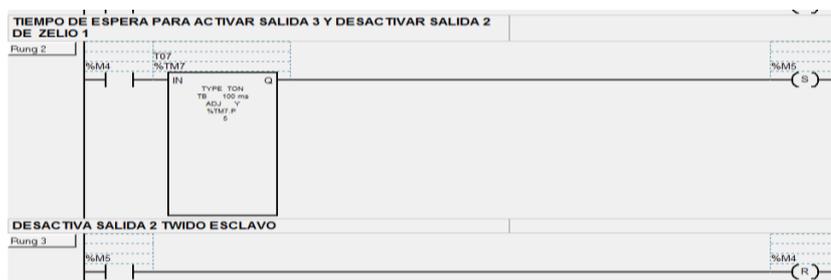


Figura 4.63 Desactivación de salida y activación del Temporizador 8.

Fuente Los autores

Después se ejecuta el tiempo de espera del Temporizador TON 9 para activar la salida M6 y desactivar la salida M5 en el Twido (Esclavo).

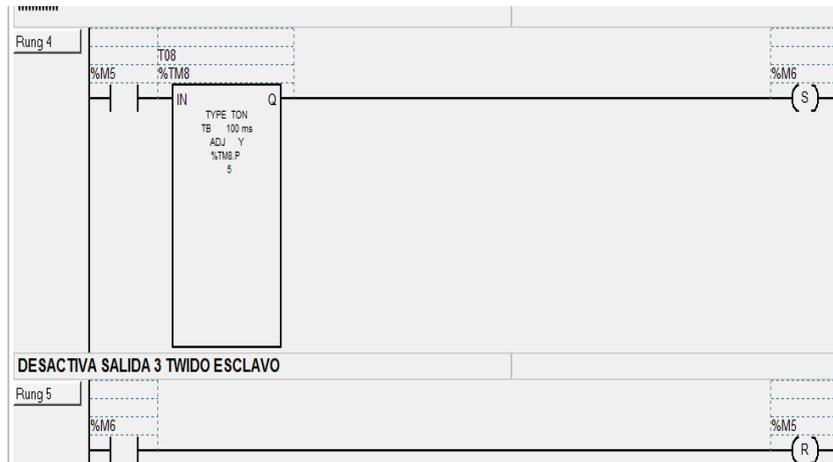


Figura 4.64 Desactivación de salida y activación del Temporizador 9.

Fuente Los autores

Luego de esperar la activación del Temporizador TON 10 se activa la salida M7 y se desactiva la salida M6 en el Twido (Esclavo).

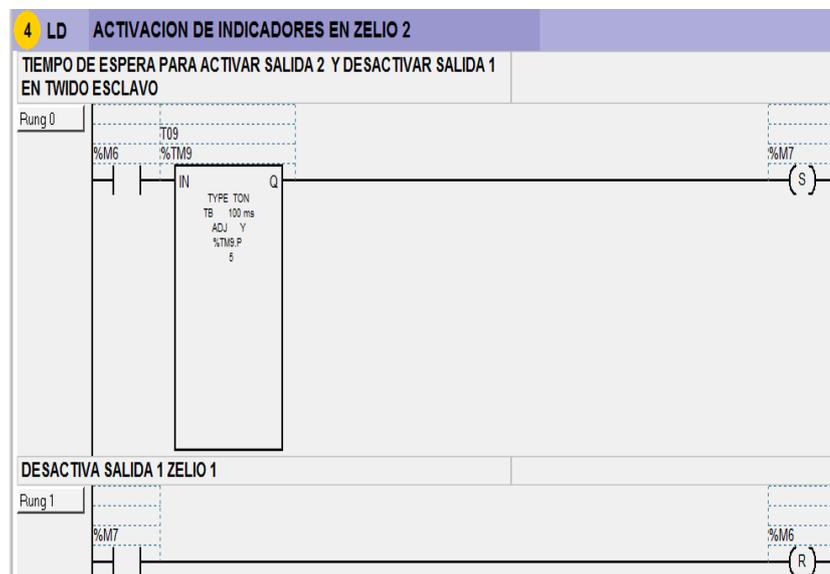


Figura 4.65 Desactivación de salida y activación del Temporizador 10.

Fuente Los autores

Se programa el tiempo de espera en el Temporizador TON 11 para activar la salida M8 y desactivar la salida M7 en el Twido (Esclavo).

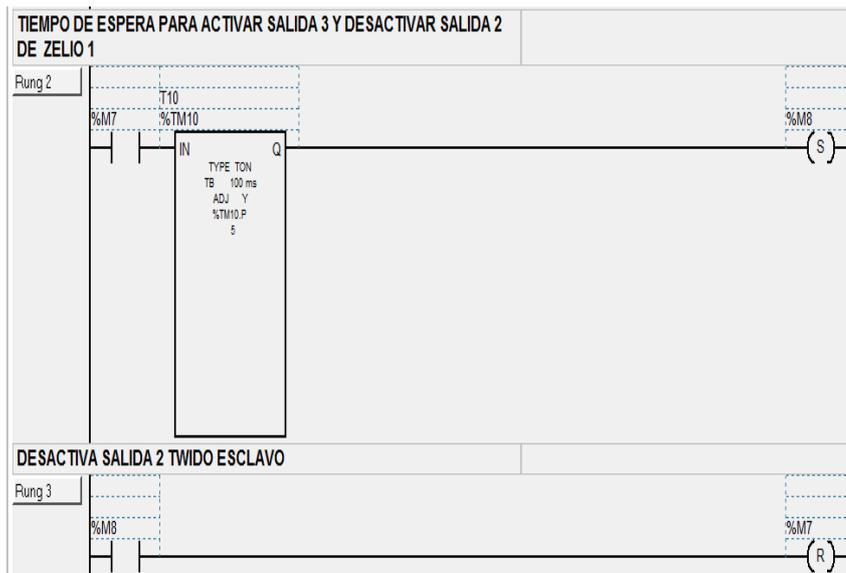


Figura 4.66 Desactivación de salida y activación del Temporizador 11.

Fuente Los autores

Finalmente se realiza la configuración del Temporizador TON 12 para activar la salida M9 y desactivar la salida M8 en el Twido (Esclavo).

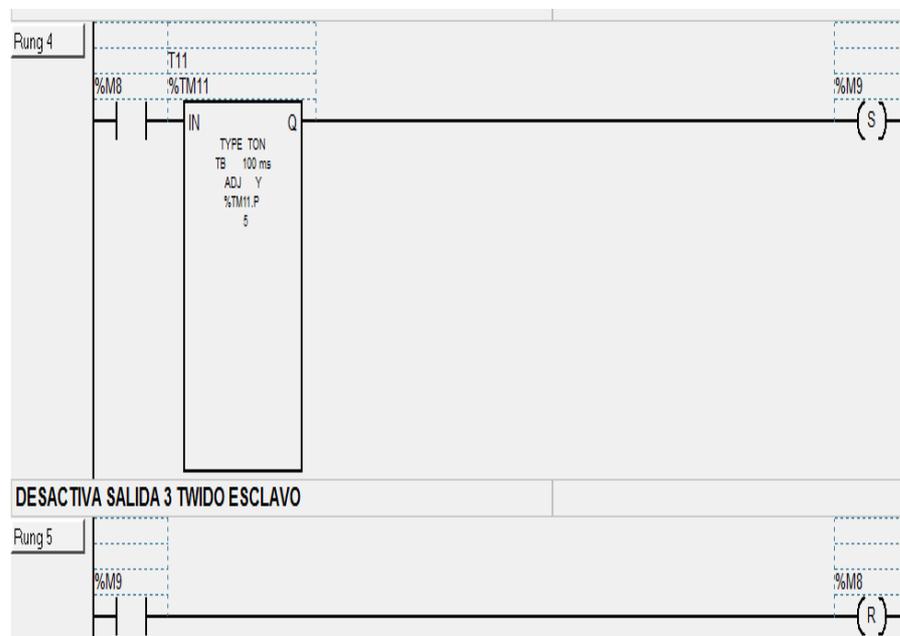


Figura 4.67 Desactivación de salida y activación del Temporizador 12.

Fuente Los autores

Se observa los contactos M3, M4 y M5 que son los bits que se escriben y se guardan en la marca MW68 del PLC Twido (Esclavo).

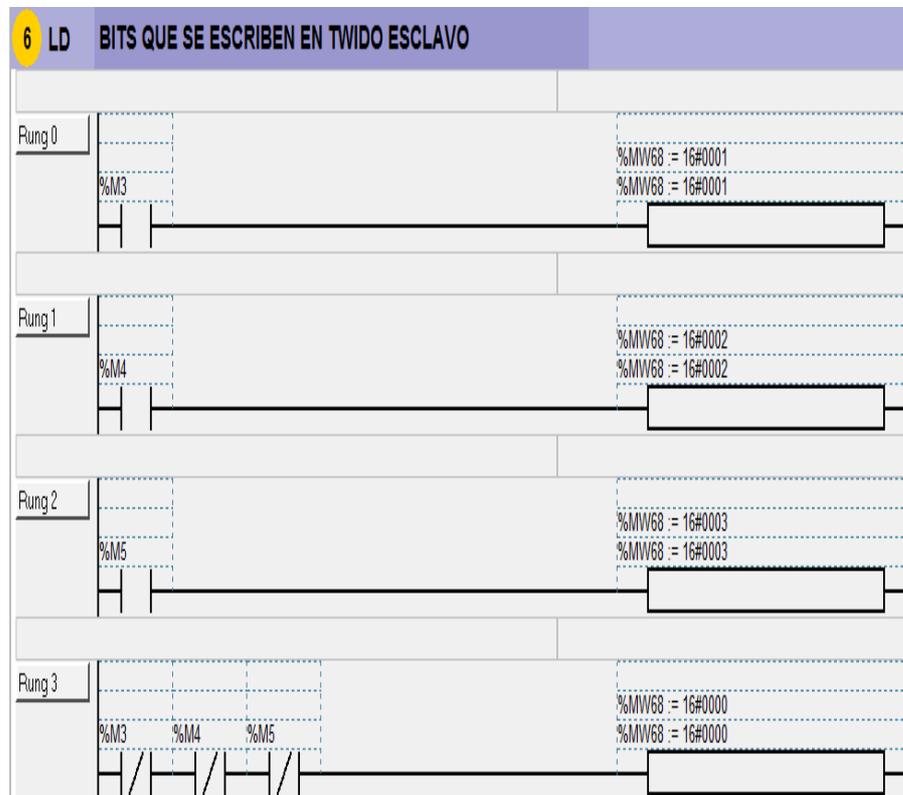


Figura 4.68 Bits que se escriben en Twido (Esclavo).

Fuente Los autores

En la siguiente figura 4.69 se observar la configuración de parámetros de los temporizadores.

Los pasos a seguir son los siguientes:

>Programar >Configurar >Configurar datos >Bloques funcionales.

Después se define los objetos de los bloques funcionales que se describen a continuación:

- En el ícono Símbolo se pone el nombre que le damos al temporizador.
- En el ícono Tipo se selecciona el tipo de temporizador en este caso TON.

- En el ícono Base se establece la base de tiempo por ejemplo (1 s, 100 ms, 10 ms, 1 ms).

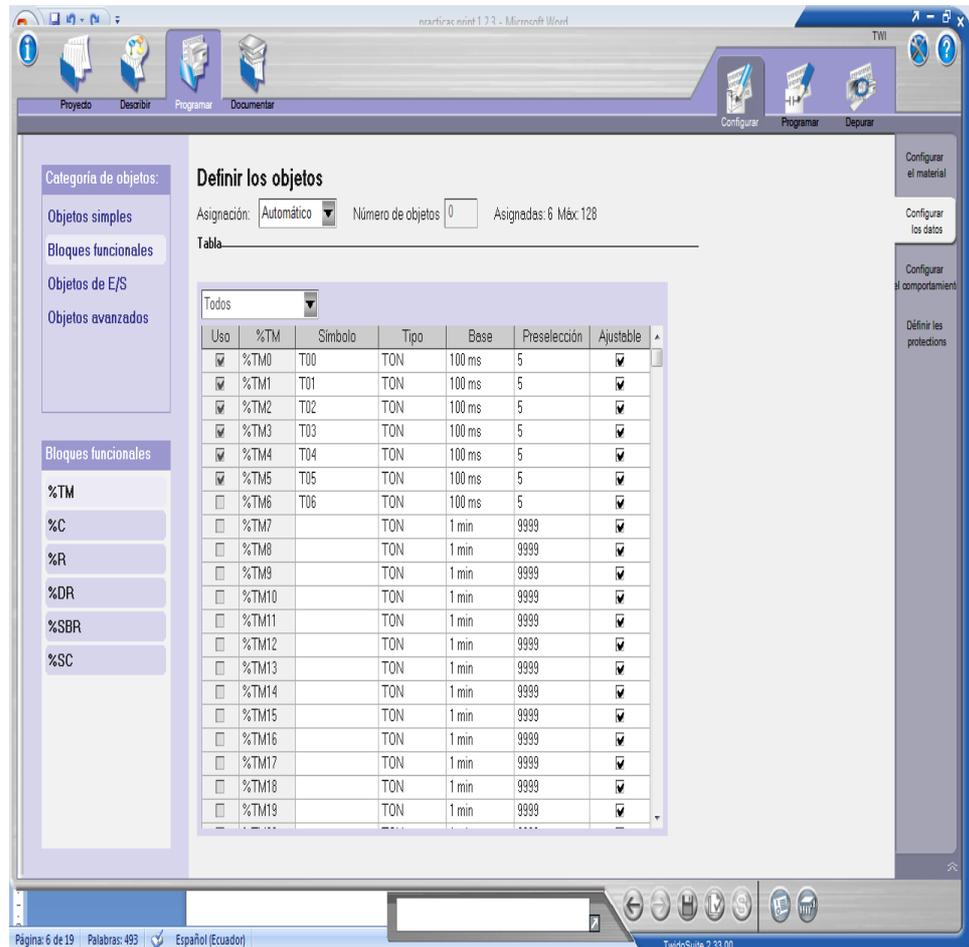


Figura 4.69 Configuración de parámetros de los Temporizadores.

Fuente Los autores

Una vez configurado los valores en los temporizadores que se utilizan en el proyecto se carga un valor asignado en la variable de memoria MW18, este valor es leído desde el PLC Twido (Esclavo).

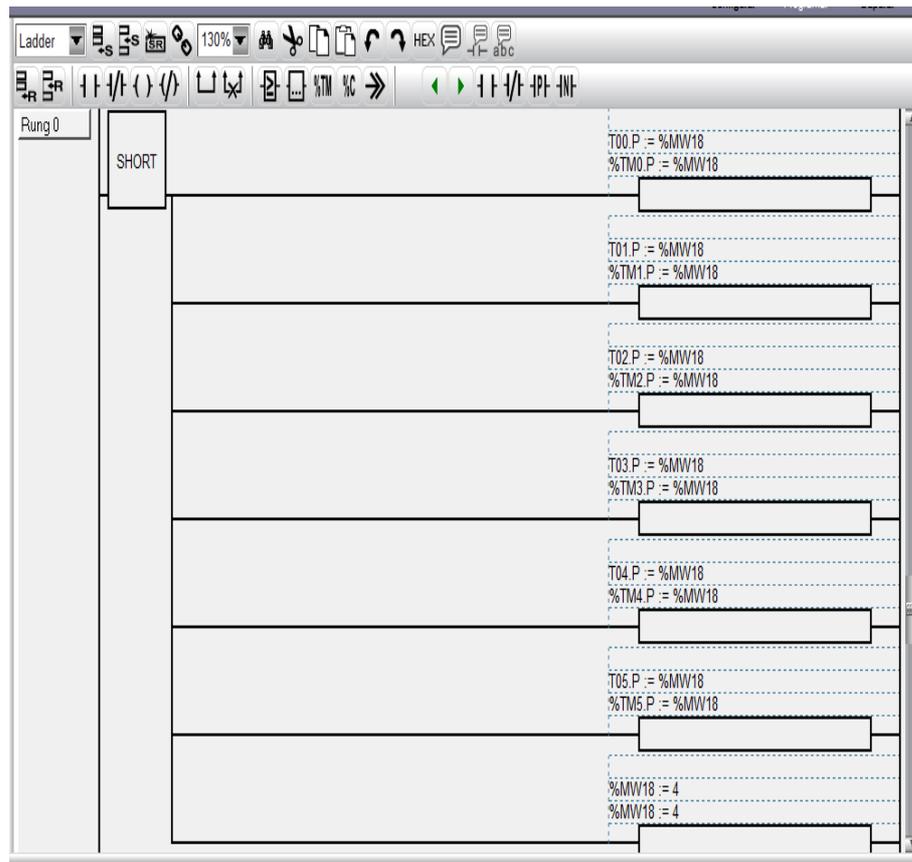


Figura 4.70 Asignación de tiempo a los Temporizadores.

Fuente Los autores

Se configuran los Macros con sus parámetros predeterminados para el control del variador a través de Modbus, utilizando las siguientes funciones:

- D_MANAGER controla la velocidad del variador.
- D_RUN_FWD activa al variador para dar marcha al motor en un sentido.
- D_RUN_REV activa al variador para dar marcha al motor en sentido contrario.
- D_STOP activa la parada del variador cuando está en marcha.
- D_SELECT_SPEED establece la velocidad con el valor de la consigna.
- D_CLEAR_ERR sirve para resetear errores

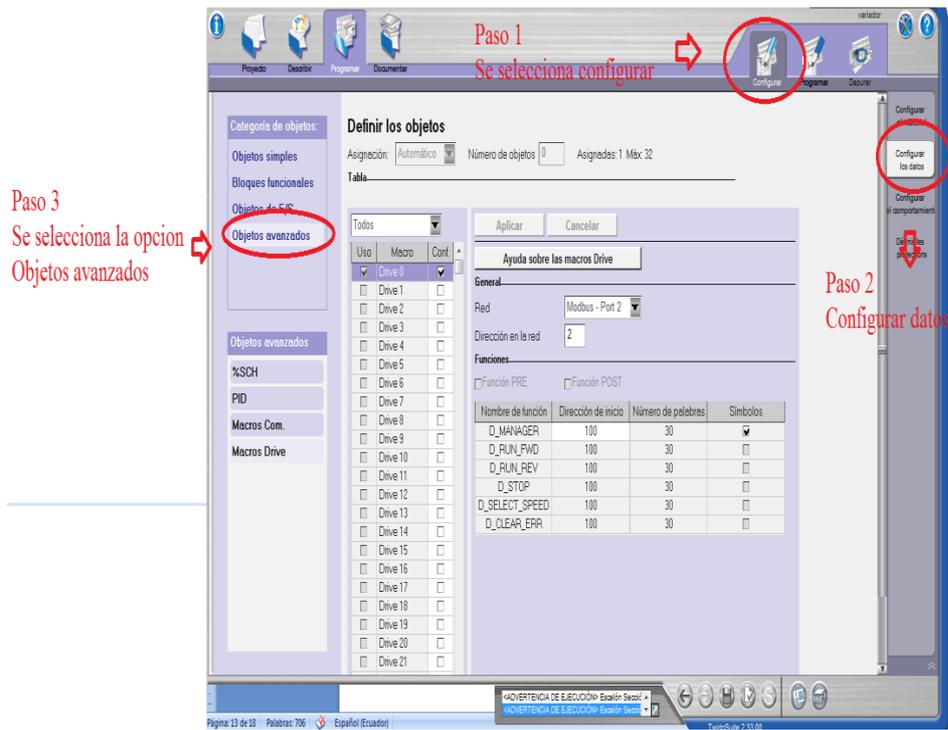


Figura 4.71 Configuración de los parámetros Macros Drive.

Fuente Los autores

Se ejecutan las Macros para establecer la comunicación con el variador, en la palabra 104 que se escribe la consigna de frecuencia al Variador de frecuencia 1 y se guarda en la marca MW20.

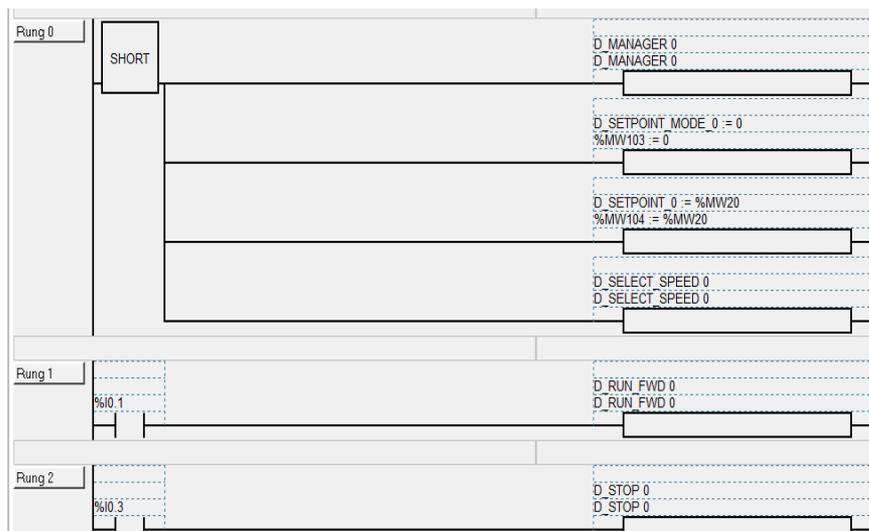


Figura 4.72 Escritura de palabras y bits en el Variador 1.

Fuente Los autores

También se ejecutan las Macros configuradas para establecer la comunicación con el variador, en la palabra 154 que se escribe la consigna de frecuencia al Variador de frecuencia 2 y se guarda en la marca MW20.

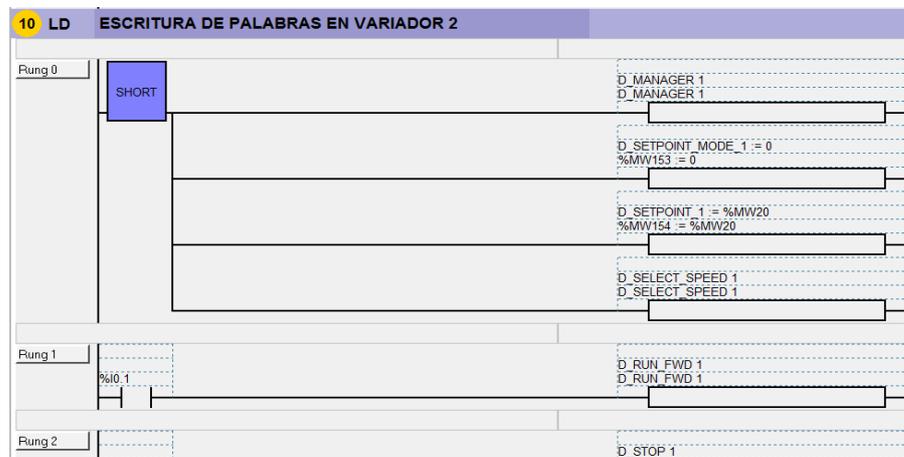


Figura 4.73 Escritura de palabras y bits en el Variador 2.

Fuente Los autores

Se muestra la tabla de escritura de bits en el PLC Zelio 1 para la activación de la secuencia de luces indicadoras. Se toma como referencia la Tabla 11. Se escribe la palabra MW10 que corresponde a la primera palabra de entrada del módulo de comunicación Modbus del PLC Zelio.

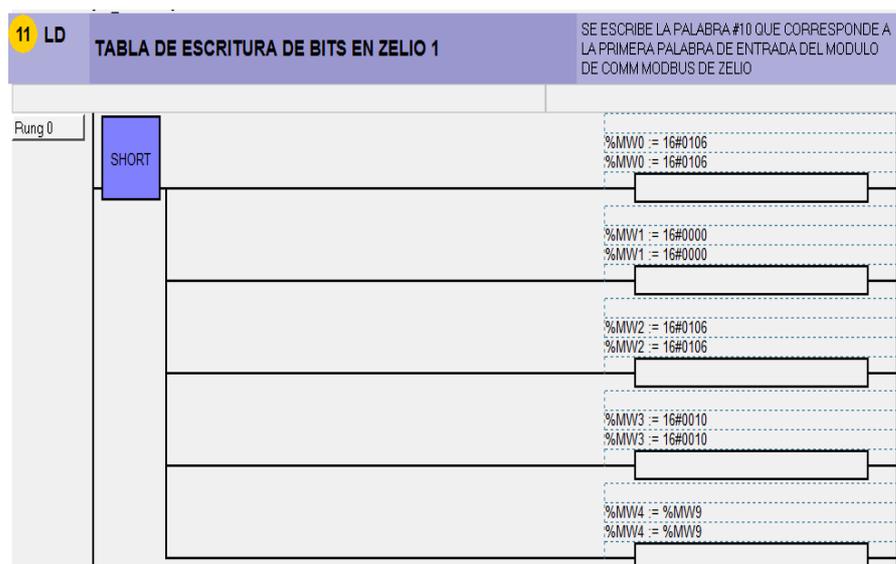


Figura 4.74 Tabla de escritura de bits en PLC Zelio 1.

Fuente Los autores

En esta rutina se muestra la tabla de escritura de bits en el PLC Zelio 2 de la misma forma que describió para el Zelio 1.

13 LD		SE ESCRIBE LA PALABRA #10 QUE CORRESPONDE A LA PRIMERA PALABRA DE ENTRADA DEL MODULO DE COMM MODBUS DE ZELIO
Rung 0	SHORT	
		%MW30 = 16#0106 %MW30 = 16#0106
		%MW31 = 16#0000 %MW31 = 16#0000
		%MW32 = 16#0406 %MW32 = 16#0406
		%MW33 = 16#0010 %MW33 = 16#0010
		%MW34 = %MW10 %MW34 = %MW10

Figura 4.75 Tabla de escritura de bits en PLC Zelio 2.

Fuente Los autores

Se muestra la tabla de escritura de bits en el PLC Twido (Esclavo) para la activación de la secuencia de luces. Se toma como referencia la Tabla 11.

14 LD		TABLA DE ESCRITURA DE BITS EN TWIDO SCLAVO
Rung 0	SHORT	
		%MW70 = 16#0106 %MW70 = 16#0106
		%MW71 = 16#0000 %MW71 = 16#0000
		%MW72 = 16#0306 %MW72 = 16#0306
		%MW73 = 0 %MW73 = 0
		%MW74 = %MW68 %MW74 = %MW68

Figura 4.76 Tabla de escritura de bits en PLC Twido (Esclavo).

Fuente Los autores

A continuación se observa la gestión de envío de datos de la tabla de escritura de bits y palabras en el PLC Zelio 1.

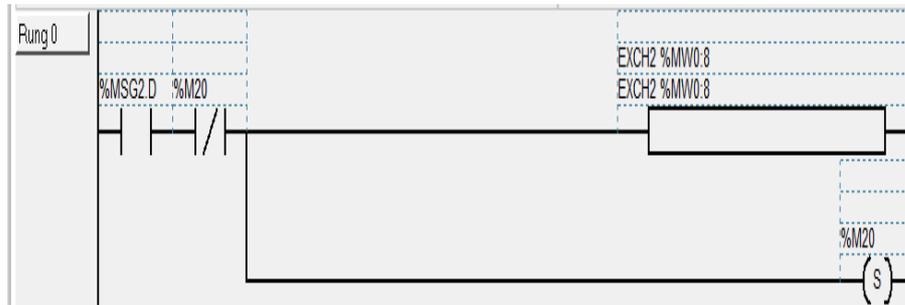


Figura 4.77 Gestión de envío de datos de escritura de un bit.

Fuente Los autores

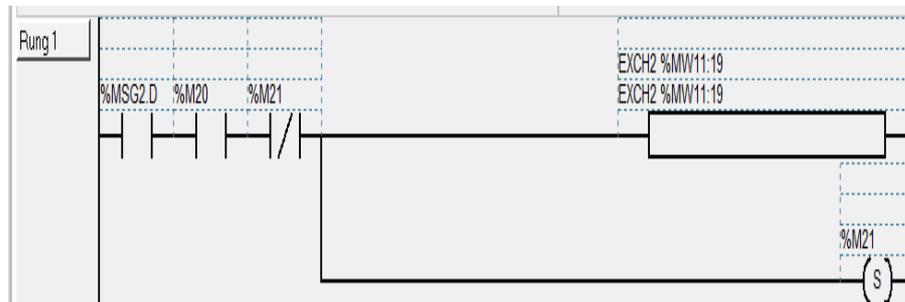


Figura 4.78 Gestión de envío de datos de lectura de palabras.

Fuente Los autores

También se puede observar la gestión de envío de datos de la tabla de escritura de bit en el PLC Zelio 2 y envío de escritura de un bit para el Twido (Esclavo).



Figura 4.79 Gestión de envío de datos de escritura de un bit Zelio 2.

Fuente Los autores

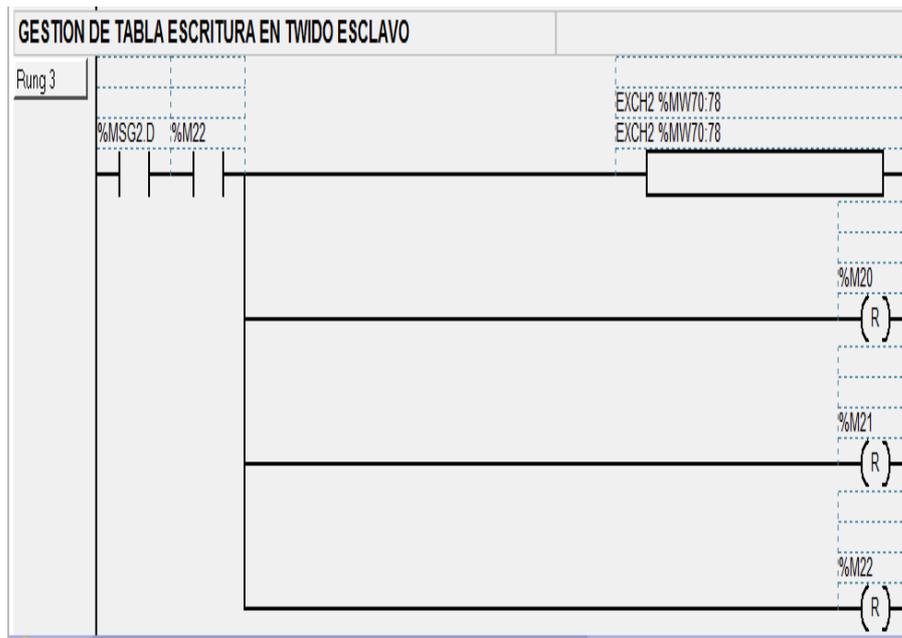


Figura 4.80 Gestión de envío de datos de escritura de un bit Twido (Esclavo).

Fuente Los autores

En la siguiente rutina se establece la frecuencia desde PLC Zelio, con el selector de 3 posiciones se compara los valores de los setpoint del Variador de frecuencia.

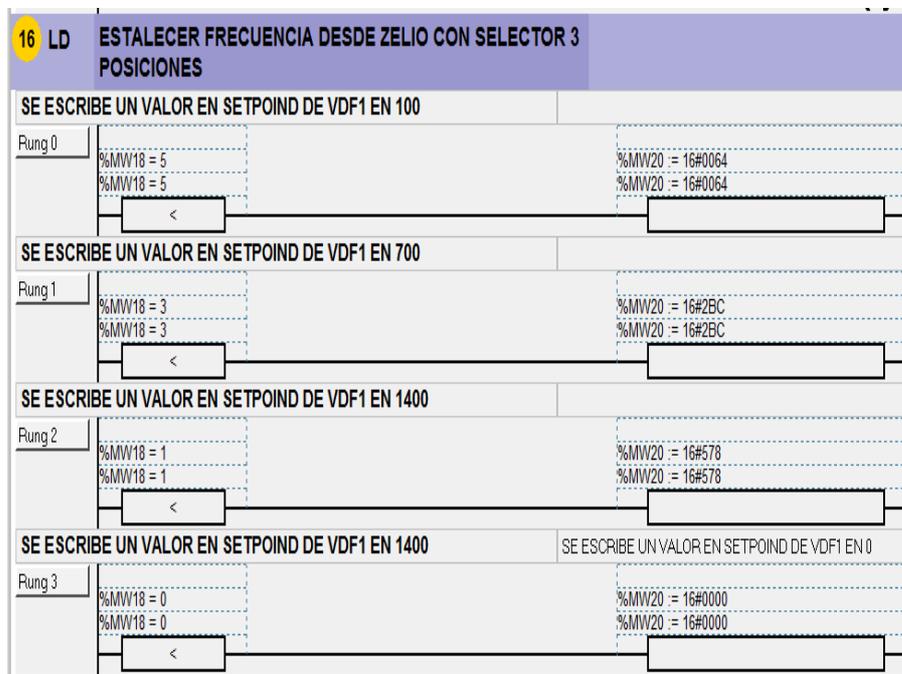


Figura 4.81 Setpoints de Variador de Frecuencia.

Fuente Los autores

Se observa el paro de secuencia y reseteo de todas las salidas y marcas utilizadas en la programación.



Figura 4.82 Paro de secuencia, reset de salidas y marcas.

Fuente Los autores

Se visualizan las salidas y marcas que activan M11, mientras una salida o marca se encuentra activa, el botón de inicio de secuencia queda desactivado.

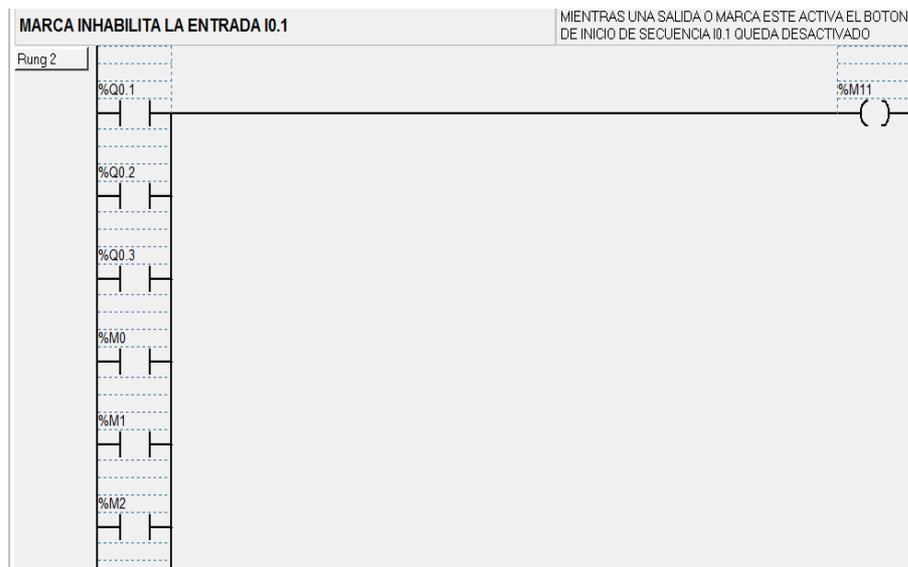


Figura 4.83 Bloqueo de entrada I0.1.

Fuente Los autores

Establecer la frecuencia desde el PLC Twido (Esclavo), se compara los valores de los setpoints para el encendido de la secuencia de luces.

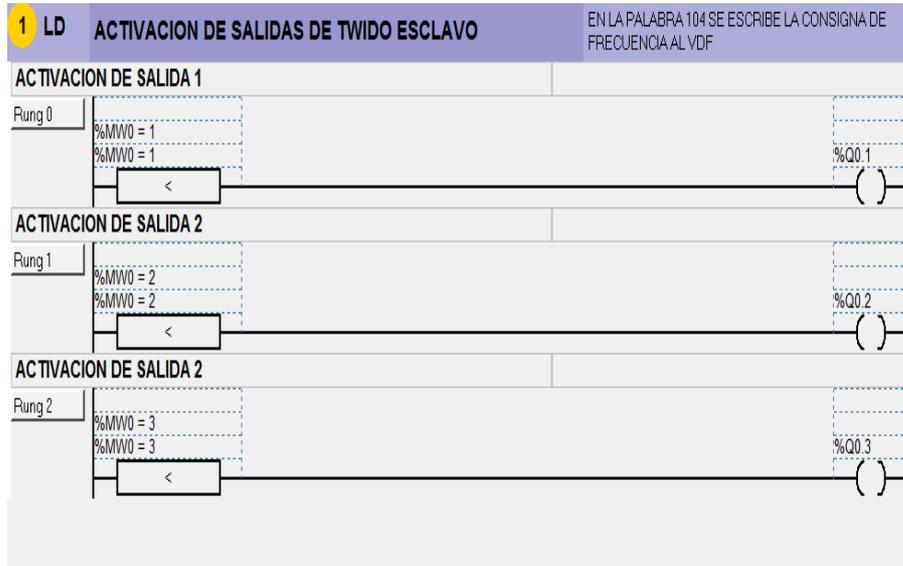


Figura 4.84 Comparación de tiempos de setpoints.

Fuente Los autores

Se crea un programa en el software Zelio Soft. Se escribe una palabra en la entrada Modbus J1 desde el Twido (Maestro) hacia el PLC Zelio 1, se utilizó un convertidor de palabras a bits para la activación de las salidas.

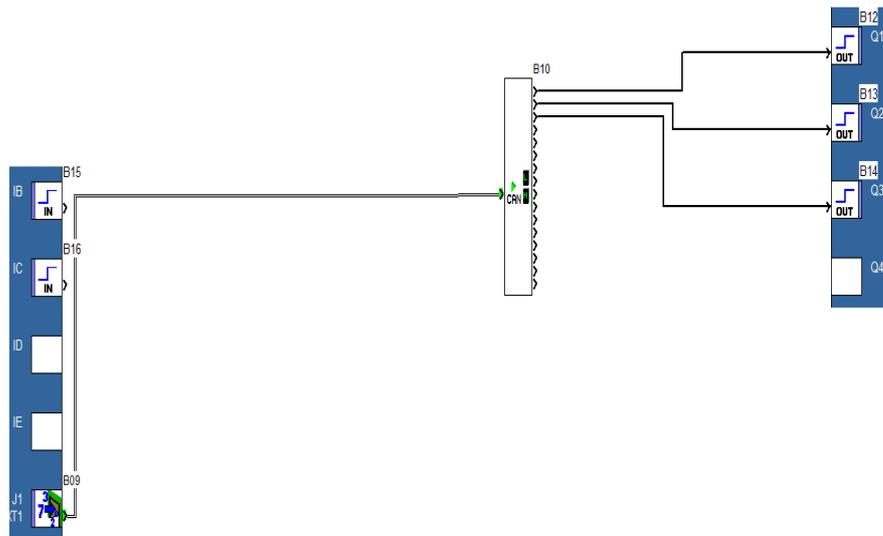


Figura 4.85 Conversión de palabra a bit en Zelio Soft.

Fuente Los autores

Se programa en el software Zelio Soft. Se escribe una palabra en la entrada Modbus J1 desde el Twido (Maestro) hacia el PLC Zelio 2, se utiliza un convertidor de palabras a bits para la activación de las salidas, con las compuertas B15 y B16, luego se activa un número en cada posición que será leído en la marca MW14 del PLC Zelio, y esa marca será el tiempo de codificación del temporizador para el aumento de velocidad de las luces y del motor.

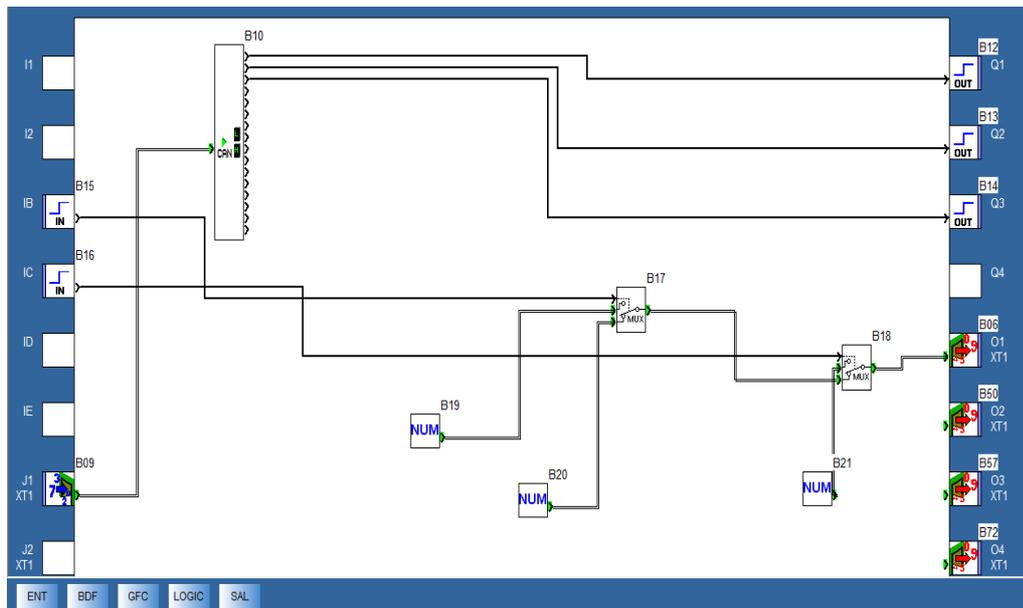


Figura 4.86 Codificación de temporizadores para variación de velocidad.

Fuente Los autores

CONCLUSIONES

- Con la implementación de las maletas didácticas se pudo demostrar de manera práctica y física el protocolo de comunicación industrial Modbus, que es utilizado en diferentes aplicaciones industriales.
- Se demostró la eficacia de la comunicación (Maestro - Esclavo) mediante la lectura y escritura de bits y palabras desde un PLC Maestro hacia los dispositivos Esclavos, entre equipos que contienen el módulo de comunicación Modbus y poder comandar dispositivos como: luces indicadoras y motores trifásicos.
- Cada maleta didáctica contiene un total de 8 entradas y 6 salidas digitales, un motor trifásico controlado por un variador de frecuencia y su respectivo paro de emergencia, los mismos que servirán para las prácticas de laboratorio referente a la comunicación Modbus.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el correcto direccionamiento de los Esclavos declarados en la configuración de la red Modbus, para que el PLC Maestro realice el reconocimiento de todos los elementos Modbus utilizados y evitar errores antes de iniciar con la aplicación.
- Al realizar las prácticas de comunicación con el Variador de Frecuencia ATV312 considerar los datos de placa del motor para la configuración del Variador ya que al no hacerlo provocaría daños en el equipo. Igualmente al momento de desarrollar la programación no sobrepasar las revoluciones del motor trifásico, ya que provocaría un aumento de corriente y sobrecarga al motor.
- Las maletas didácticas disponen de entradas y salidas digitales disponibles para futuras ampliaciones o modificaciones que se deseen hacer en la maleta didáctica. Por lo que se recomienda revisar las fichas técnicas de cada uno de los equipos previo a cualquier aplicación que se desee desarrollar para un mejor funcionamiento y evitar daños a los mismos.

CRONOGRAMA

ACTIVIDADES SEMANALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Introducción al protocolo Modbus e investigación de ficha técnica de los equipos a utilizar	■	■																							
Compra y adquisición de equipos autómatas y módulos de comunicación			■	■	■																				
Diseño y construcción de maleta didáctica metálica				■	■	■	■																		
Acoplamiento de equipos en maleta							■	■	■																
Cableado y montaje de equipos en maleta didáctica								■	■	■															
Configuración de equipos										■	■	■													
Pruebas de funcionamiento											■	■	■	■											
Realización de correcciones y modificaciones														■	■	■	■								
Presentación del funcionamiento general de cada módulo didáctico																				■	■	■	■	■	■
Desarrollo teórico.											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

PRESUPUESTO

El presupuesto para la realización de este proyecto fue asumido por los autores:

- Eddy Delgado
- Jefferson Gallegos

Los mismos que se detallan a continuación en la siguiente tabla:

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR
2	Diseños y ensamblajes de maletas de entrenamiento	\$ 1300
2	Autómatas Programables Twido	\$ 700
2	Relés inteligentes Zelio	\$ 300
2	Módulos de comunicación Modbus Twido	\$ 100
2	Módulos de comunicación Modbus Zelio	\$ 250
2	Guarda-motores Schneider y equipos de protección eléctrica.	\$ 380
2	Cables de comunicación para PC- Twido	\$ 350
2	Cables de comunicación para PC- Zelio	\$ 300
2	Variadores de frecuencia ATV312	\$ 800
2	Motores asíncronos Siemens	\$ 400
2	Transformadores General Electric	\$ 400
2	Fuentes de poder 24VDC	\$ 100
	Materiales eléctricos para implementación de equipos en maleta didáctica	\$ 1200
Global	Transportes y Varios	\$ 800
	TOTAL	\$ 7.380

REFERENCIAS

- Schneider Electric, (2012). Reles Inteligentes. Recuperado el 09 de Enero del 2015, de <http://www.schneider-electric.com/products/cl/ls/2800-reles-de-interfaz-medicion-y-control/2810-reles-deautomatizacion/531-zelio-logic/>
- Universidad de Alicante, (2010). Comunicación con RS-485 y MODBUS. Recuperado el 09 de Enero del 2015, de:<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>
- Schneider Electric. (06 de 2011). TwidoSuite V2.3 Programming Guide. Recuperado el 15 de 08 de 2014, de TwidoSuite V2.3 Programming Guide:http://download.schneiderelectric.com/files?p_File_Id=27603565&p_File_Name=35011386_K01_000_05.pdf
- BIZKAIA Erandio, (2014). La importancia de un etiquetado correcto en las instalaciones de cableado estructurado. Recuperado de <http://fibroptica.blog.tartanga.net/2014/02/08/la-importancia-de-un-etiquetado-correcto-en-las-instalaciones-de-cableado-estructurado/>
- BARRAGÁN PIÑA Antonio, (2013). Representación de datos. Recuperado el 10 de junio del 2013 en <http://uhu.es/antonio.barragan/content/representacion-datos>
- PIZARRO Wilbert, (2014). Manual Twido Suite. Recuperado en <http://www.monografias.com/trabajos-pdf5/manual-twido/manual-twido.shtml>
- VAELLO José, (2014). Variador de Frecuencia. Recuperado en <http://automatismoindustrial.com/el-variador-de-fercuencia/>
- CANDELAS, (2011). Comunicación con RS-485 y MODBUS. Recuperado el 11 Octubre del 2011 en <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>
- Schneider Electric, (2011). Manual Zelio Logic. Recuperado en <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=11>

&cad=rja&uact=8&ved=0CE0QFjAK&url=http%3A%2F%2Fwww.herrera.unt.edu.ar%2Fmaterial%2Fapuntes%2Ftutorial_zelio%2520logic%2520ii.pdf&ei=l_v0VMzcCcqxggTi6INY&usg=AFQjCNExit0kAub4V9bVuBw7PhKZFgdk5A

- GÁLVEZ Paul, (2011).Estructura de Tablas. Recuperado en <http://es.slideshare.net/PaulGlvez/modbus-39533348>

Product data sheet
Characteristics

TWDLCAA24DRF

extendable PLC base Twido - 100..240 V AC
supply - 14 I 24 V DC - 10 O relay



Main

Range of product	Twido
Product or component type	Compact base controller
Discrete I/O number	24
Discrete input number	14
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Discrete output number	10 relay
Number of I/O expansion module	4
[Us] rated supply voltage	100...240 V AC
Use of slot	Memory cartridge or realtime clock cartridge
Data backed up	Internal RAM lithium 30 days 10 hrs 10 yr
Integrated connection type	Non isolated serial link mini DIN Modbus/character mode master/slave RTU/ASCII RS485 half duplex 38,4 kbit/s Power supply Serial link interface adaptor RS232C/RS485
Complementary function	PID Event processing

Power supply output current	0.25 A 24 V DC sensors
Power supply input current	450 mA
Inrush current	≤ 40 A
Protection type	Power protection internal fuse
Power consumption in VA	33 VA 100 V 40 VA 264 V
Insulation resistance	> 10 MOhm at 500 V, between supply and earth terminals > 10 MOhm at 500 V, between I/O and earth terminals
Program memory	3000 instructions
Exact time for 1 K instruction	1 ms
System overhead	0.5 ms
Memory description	Internal RAM 256 internal bits, no floating, no trigonometrical Internal RAM 3000 internal words, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 timers, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 counters, no floating, no trigonometrical Internal RAM double words, no floating, no trigonometrical
Free slots	1
Realtime clock	Without
Counting input number	1 20000 Hz 32 bits 3 5000 Hz 16 bits
Analogue adjustment points	1 point adjustable from 0...1023 1 point adjustable from 0 to 511 points
Marking	CE
Status LED	1 LED green PWR 1 LED green RUN 1 LED red module error (ERR) 1 LED user pilot light (STAT) 1 LED per channel green I/O status
Product weight	0.305 kg

Environment

Immunity to microbreaks	10 ms
Dielectric strength	1500 V for 1 minute, between supply and earth terminals 1500 V for 1 minute, between I/O and earth terminals
Product certifications	CSA UL
Ambient air temperature for operation	0...55 °C
Ambient air temperature for storage	-25...70 °C
Relative humidity	30...95 % without condensation
IP degree of protection	IP20
Operating altitude	0...2000 m
Storage altitude	0...3000 m
Vibration resistance	0.075 mm 10...57 Hz 35 mm symmetrical DIN rail 1 gn 57...150 Hz 35 mm symmetrical DIN rail 1.6 mm 2...25 Hz plate or panel with fixing kit 4 gn 25...100 Hz plate or panel with fixing kit
Shock resistance	15 gn 11 ms
RoHS EUR conformity date	0630
RoHS EUR status	Compliant

Complementary

Discrete input logic	Sink or source
Input voltage limits	20.4...28.8 V
Discrete input current	7 mA I0.2 to I0.13 11 mA I0.0 to I0.1
Input impedance	2100 Ohm I0.0 to I0.1 3400 Ohm I0.2 to I0.13
Filter time	35 µs + programmed filter time for I0.0 to I0.5 at state 1 40 µs + programmed filter time for I0.6 to I0.13 at state 1 45 µs + programmed filter time for I0.0 to I0.5 at state 0 150 µs + programmed filter time for I0.6 to I0.13 at state 0
Insulation between channel and internal logic	1500 Vrms for 1 minute
Insulation resistance between channel	None
Minimum load	0.1 mA
Contact resistance	≤ 30000 µOhm
Load current	2 A 240 V AC resistive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 30 V DC resistive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 240 V AC inductive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 30 V DC inductive 30 cyc/mn relay outputs
Mechanical durability	≥ 20000000 cycles relay outputs
Electrical durability	≥ 100000 cycles relay outputs
Current consumption	5 mA 5 V DC at state 0 36 mA 5 V DC at state 1 55 mA 24 V DC at state 1
I/O connection	Non-removable screw terminal block
Input/Output number	≤ 120 spring terminal block with I/O expansion module ≤ 152 HE-10 connector with I/O expansion module ≤ 88 removable screw terminal block with I/O expansion module
Network frequency	50/60 Hz
Supply voltage limits	85...264 V
Network frequency limits	47...63 Hz

Product data sheet
Characteristics

SR3B101BD
modular smart relay Zelio Logic - 10 I O - 24 V
DC - clock - display



Main

Range of product	Zelio Logic
Product or component type	Modular smart relay
[Us] rated supply voltage	24 V DC
Discrete input number	6 EN/IEC 61131-2 type 1
Analogue input number	4
Number of outputs	4 relay

Complementary

Local display	With
Supply current	100 mA without extension 100 mA with extensions
Discrete input type	Resistive
Discrete input current	4 mA
Number of control scheme lines	120 ladder ≤ 200 FBD
Cycle time	6...90 ms
Backup time	10 years 25 °C
Clock drift	6 s/month 25 °C 12 min/year 0...55 °C
Checks	Program memory on each power up
Supply voltage limits	19.2...30 V
Power dissipation in W	3 W without extension 8 W with extensions

Counting frequency	1 kHz discrete input
Voltage state 1 guaranteed	≥ 15 V I1...IA and IH...IR discrete input circuit ≥ 15 V IB...IG used as discrete input circuit
Voltage state 0 guaranteed	≤ 5 V IB...IG used as discrete input circuit ≤ 5 V I1...IA and IH...IR discrete input circuit ≤ 5 V
Current state 1 guaranteed	≥ 1.2 mA IB...IG used as discrete input circuit ≥ 2.2 mA I1...IA and IH...IR discrete input circuit
Current state 0 guaranteed	< 0.5 mA IB...IG used as discrete input circuit < 0.75 mA I1...IA and IH...IR discrete input circuit
Input compatibility	3-wire proximity sensors PNP discrete input
Analogue input type	Common mode
Analogue input range	0...10 V 0...24 V
Maximum permissible voltage	30 V analogue input circuit
Analogue input resolution	8 bits
LSB value	39 mV analogue input circuit
Conversion time	Smart relay cycle time analogue input circuit
Conversion error	+/- 5 % 25 °C analogue input circuit +/- 6.2 % 55 °C analogue input circuit
Repeat accuracy	+/- 2 % 55 °C analogue input circuit

Operating distance	10 m between stations, with screened cable (sensor not isolated) analogue input circuit
Input impedance	7.4 kOhm I1...IA and IH...IR discrete input circuit 12 kOhm IB...IG used as discrete input circuit 12 kOhm IB...IG used as analogue input circuit
Output voltage limits	5...30 V DC relay output 24...250 V AC relay output
Contacts type and composition	NO relay output
Output thermal current	8 A for all 4 outputs relay output
Electrical durability	500000 cycles DC-12 24 V 1.5 A relay output EN/IEC 60947-5-1 500000 cycles DC-13 24 V 0.6 A relay output EN/IEC 60947-5-1 500000 cycles AC-12 230 V 1.5 A relay output EN/IEC 60947-5-1 500000 cycles AC-15 230 V 0.9 A relay output EN/IEC 60947-5-1
Switching capacity in mA	≥ 10 mA 12 V relay output
Operating rate in Hz	0.1 Hz at le relay output 10 Hz no load relay output
Mechanical durability	10000000 cycles relay output
[Uimp] rated impulse withstand voltage	4 kV EN/IEC 60947-1 and EN/IEC 60664-1
Clock	With
Response time	5 ms from state 1 to state 0 relay output 10 ms from state 0 to state 1 relay output
Connections - terminals	Screw terminals 1 x 0.25...1 x 2.5 mm ² 24...14 flexible with cable end Screw terminals 2 x 0.25...2 x 0.75 mm ² 24...18 flexible with cable end Screw terminals 1 x 0.2...1 x 2.5 mm ² 25...14 semi-solid Screw terminals 1 x 0.2...1 x 2.5 mm ² 25...14 solid Screw terminals 2 x 0.2...2 x 1.5 mm ² 24...16 solid
Tightening torque	0.5 N.m
Overvoltage category	III EN/IEC 60664-1
Product weight	0.25 kg

Environment

Immunity to microbreaks	≤ 1 ms
Product certifications	C-Tick CSA GL GOST UL
Standards	EN/IEC 60068-2-27 Ea EN/IEC 60068-2-6 Fc EN/IEC 61000-4-11 EN/IEC 61000-4-12 EN/IEC 61000-4-2 level 3 EN/IEC 61000-4-3 EN/IEC 61000-4-4 level 3 EN/IEC 61000-4-5 EN/IEC 61000-4-6 level 3
IP degree of protection	IP20 terminal block IEC 60529 IP40 front panel IEC 60529
Environmental characteristic	EMC directive EN/IEC 61131-2 zone B EMC directive EN/IEC 61000-6-2 EMC directive EN/IEC 61000-6-3 EMC directive EN/IEC 61000-6-4 Low voltage directive EN/IEC 61131-2
Disturbance radiated/conducted	Class B EN 55022-11 group 1
Pollution degree	2 EN/IEC 61131-2
Ambient air temperature for operation	-20...40 °C in non-ventilated enclosure IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2 -20...55 °C IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2
Ambient air temperature for storage	-40...70 °C
Operating altitude	2000 m
Altitude transport	≤ 3048 m
Relative humidity	95 % without condensation or dripping water
RoHS EUR conformity date	0622
RoHS EUR status	Compliant

Altivar 312

Variadores de velocidad
para motores asíncronos

Manual de instalación

05/2013



05/146 3103

www.schneider-electric.com

Schneider
Electric

INSTALACIÓN

Los pasos 2 a 4 deben realizarse con la alimentación desconectada.



1. Recepción e inspección del variador

- Asegúrese de que el número de catálogo impreso en la etiqueta corresponde al que aparece en la orden de pedido.
- Abra el embalaje y compruebe que el Altivar no haya sufrido daños durante el transporte.

2. Comprobación de la tensión de red

- Compruebe que el rango de tensión del variador sea compatible con la tensión de red (consulte las páginas 10 y 11).

3. Montaje del variador

- Monte el variador según las instrucciones de este documento (consulte la página 14).
- Instale cualquier opción requerida (véase documentación sobre opciones)

4. Cableado del variador (consulte la página 17)

- Conecte el motor, asegurándose de que las conexiones se corresponden con la tensión.
- Conecte la red de alimentación después de comprobar que el equipo está apagado.
- Conecte la parte de control.

PROGRAMACIÓN

5. Consulte el manual de programación.

Configuración - Recomendaciones preliminares

Antes de encender el variador

▲ PELIGRO

FUNCIONAMIENTO INADECUADO DEL EQUIPO

Compruebe que todas las entradas lógicas estén inactivas para que no se produzca un arranque imprevisto.

Si no se siguen estas instrucciones se pueden producir lesiones graves o incluso la muerte.

Antes de configurar el variador

▲ PELIGRO

FUNCIONAMIENTO INADECUADO DEL EQUIPO

- Lea detenidamente este manual antes de instalar o manipular el variador Altivar 312.
- Sólo personal cualificado debe realizar cambios en la configuración de los parámetros.
- Compruebe que todas las entradas lógicas estén inactivas para que no se produzca un arranque imprevisto durante la modificación de los parámetros.

Si no se siguen estas instrucciones se pueden producir lesiones graves o incluso la muerte.

Contactador de línea

AVISO

RIESGO DE DAÑOS EN EL VARIADOR

- Procure no utilizar el contactor con frecuencia para evitar que los condensadores de filtrado se desgasten prematuramente.
- El ciclo de encendido/apagado debe durar más de 60 segundos.

Si no se siguen estas instrucciones se pueden producir daños en el equipo.

Calibre del variador

Tensión de alimentación monofásica: 200...240 V 50/60 Hz

Para salida trifásica a motores de 200/240 V

Motor		Alimentación de red (entrada)					Variador (salida)		Referencia	Tamaño
Potencia Indicada en la placa (1)		Corriente de línea máx. (2)		Potencia aparente	Corriente interna máx. (3)	Disipación de alimentación en corriente nominal	Corriente nominal (1)	Corriente transitoria máx. (1) (4)		
kW	HP	a 200 V	a 240 V						A	A
0.18	0.25	3.0	2.5	0.6	10	24	1.5	2.3	ATV312HD18M2(5)	3
0.37	0.5	5.3	4.4	1.0	10	41	3.3	5.0	ATV312HD37M2(5)	3
0.55	0.75	6.8	5.8	1.4	10	46	3.7	5.6	ATV312HD55M2(5)	4
0.75	1	8.9	7.5	1.8	10	60	4.8	7.2	ATV312HD75M2(5)	4
1.1	1.5	12.1	10.2	2.4	19	74	6.9	10.4	ATV312HU11M2(5)	6
1.5	2	15.8	13.3	3.2	19	90	8.0	12.0	ATV312HU15M2(5)	6
2.2	3	21.9	18.4	4.4	19	123	11.0	16.5	ATV312HU22M2(5)	7

Nota: Cableado de ATV312 trifásico en alimentación eléctrica monofásica:

- Es posible para ATV312HU75M3, ATV312HD11M3 y ATV312HD15M3.
- Consulte el anexo de la Guía de Inicio rápido ATV312 (S1B16328) para más información sobre datos técnicos y cableado.
- Ajustar parámetro [pérdida de fase de entrada] (IPL) a [No] (nO) (véase el manual de programación ATV312). Si (IPL) cuenta con los ajustes de fábrica, el variador permanece bloqueado en el modo de fallo detectado.

Tensión de alimentación trifásica: 200...240 V 50/60 Hz

Para salida trifásica a motores de 200/240 V

Motor		Alimentación de red (entrada)					Variador (salida)		Referencia	Tamaño
Potencia Indicada en la placa (1)		Corriente de línea máx. (2)		Potencia aparente	Corriente interna máx. (3)	Disipación de alimentación en corriente nominal	Corriente nominal (1)	Corriente transitoria máx. (1) (4)		
kW	HP	a 200 V	a 240 V						A	A
0.18	0.25	2.1	1.9	0.7	10	23	1.5	2.3	ATV312HD18M3	1
0.37	0.5	3.8	3.3	1.3	10	38	3.3	5.0	ATV312HD37M3	1
0.55	0.75	4.9	4.2	1.7	10	43	3.7	5.6	ATV312HD55M3	2
0.75	1	6.4	5.6	2.2	10	55	4.8	7.2	ATV312HD75M3	2
1.1	1.5	8.5	7.4	3.0	10	71	6.9	10.4	ATV312HU11M3	5
1.5	2	11.1	9.6	3.8	10	86	8.0	12.0	ATV312HU15M3	5
2.2	3	14.9	13.0	5.2	10	114	11.0	16.5	ATV312HU22M3	6
3	3	19.1	16.6	6.6	19	146	13.7	20.6	ATV312HU30M3	7
4	5	24	21.1	8.4	19	180	17.5	26.3	ATV312HU40M3	7
5.5	7.5	36.8	32.0	12.8	23	292	27.5	41.3	ATV312HU55M3	8
7.5	10	46.8	40.9	16.2	23	388	33.0	49.5	ATV312HU75M3	8
11	15	63.5	55.6	22.0	93	477	54.0	81.0	ATV312HD11M3	9
15	20	82.1	71.9	28.5	93	628	66.0	99.0	ATV312HD15M3	9

(1) Estas especificaciones de potencia y corrientes son para una temperatura ambiente máxima de 50 °C y una frecuencia de conmutación de 4 kHz en funcionamiento continuo. La frecuencia de conmutación puede ajustarse de 2 a 16 kHz.

Por encima de 4 kHz, el variador reducirá la frecuencia de conmutación en el caso de que la temperatura aumente excesivamente. El aumento de la temperatura se controla mediante un sensor instalado en el módulo de alimentación. Sin embargo, la corriente nominal del variador debe disminuir si el funcionamiento por encima de 4 kHz va a ser continuado.

Puede ver las curvas de disminución en la página 15 como una función de la frecuencia de conmutación, la temperatura ambiente y las condiciones de montaje.

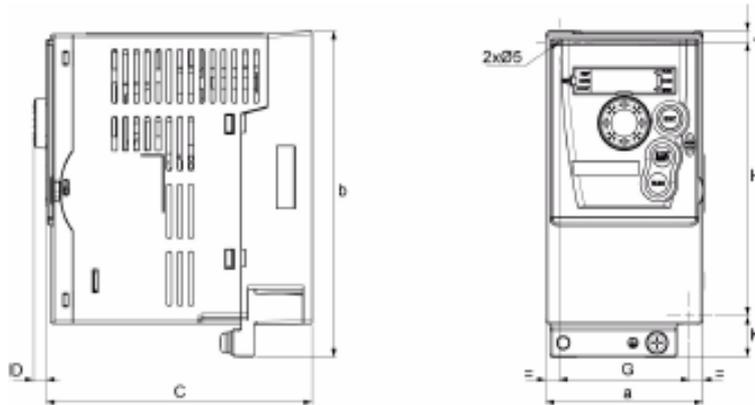
(2) Corriente en una alimentación de red con Isc de línea máxima previsible indicada.

(3) Corriente de pico en el encendido para la tensión máxima (240 V + 10%).

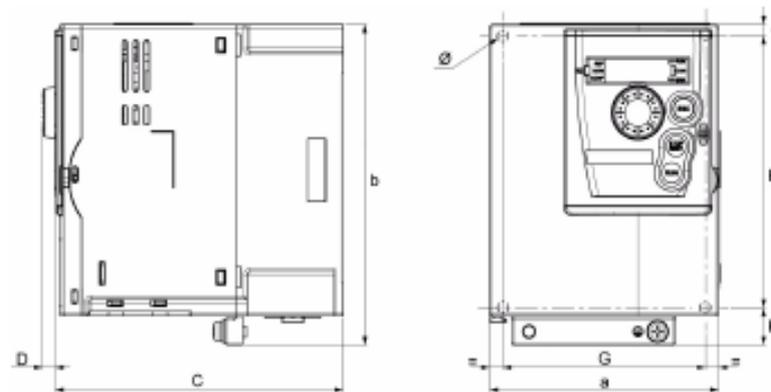
(4) Para 60 segundos.

(5) Estas referencias pueden solicitarse sin placa de terminales a fin de integrar una tarjeta de comunicación opcional. Agregue una B al final de la referencia. Por ejemplo, ATV312HU11M2 pasa a ser ATV312HU11M2B.

Dimensiones y pesos

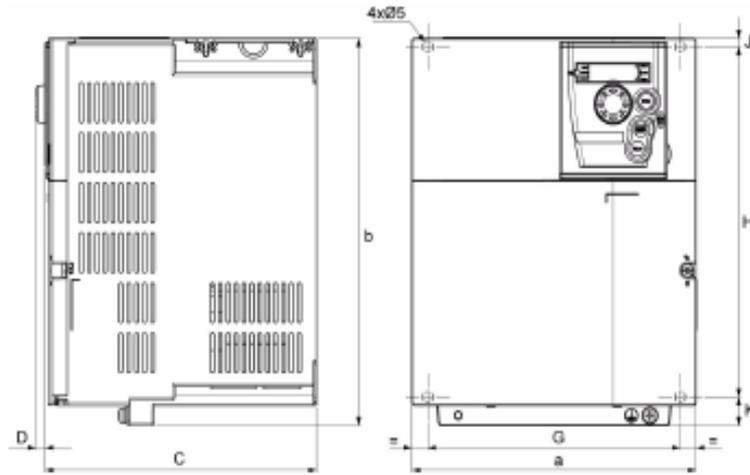


ATV312H	a mm (in.)	b mm (in.)	c mm (in.)	d mm (in.)	g mm (in.)	h mm (in.)	j mm (in.)	k mm (in.)	Ø mm (in.)	Peso kg (libra)
018M3, 037M3	72 (2.83)	145 (5.70)	122 (4.80)	6 (0.24)	60 (2.36)	121.5 (4.76)	2 x 5 (2x0.2)	18.5 (0.73)	2 x 5 (2x0.2)	0,9 (1.98)
055M3, 075M3	72 (2.83)	145 (5.70)	132 (5.19)	6 (0.24)	60 (2.36)	121.5 (4.76)	2 x 5 (2x0.2)	18.5 (0.73)	2 x 5 (2x0.2)	0,9 (1.98)
018M2, 037M2	72 (2.83)	145 (5.70)	132 (5.19)	6 (0.24)	60 (2.36)	121.5 (4.76)	2 x 5 (2x0.2)	18.5 (0.73)	2 x 5 (2x0.2)	1,05 (2.31)
055M2, 075M2	72 (2.83)	145 (5.70)	142 (5.59)	6 (0.24)	60 (2.36)	121.5 (4.76)	2 x 5 (2x0.2)	18.5 (0.73)	2 x 5 (2x0.2)	1,05 (2.31)

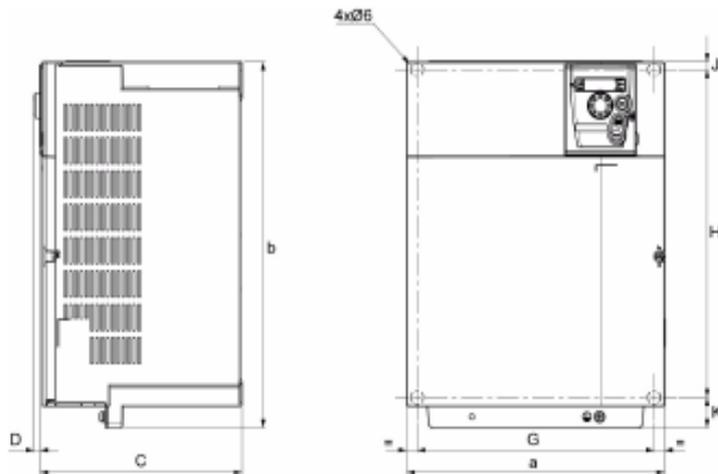


ATV312H	a mm (in.)	b mm (in.)	c mm (in.)	d mm (in.)	g mm (in.)	h mm (in.)	j mm (in.)	k mm (in.)	Ø mm (in.)	Peso kg (libra)
U1•M3	105 (4.13)	143 (5.63)	132 (5.19)	6 (0.24)	93 (3.66)	121.5 (4.76)	5 (0.2)	16.5 (0.65)	2 x 5 (2x0.2)	1,25 (2.76)
U1•M2, U22M3, 037N4 a U15N4 075S6, U15S6•	107 (4.21)	143 (5.63)	152 (5.98)	6 (0.24)	93 (3.66)	121.5 (4.76)	5 (0.2)	16.5 (0.65)	2 x 5 (2x0.2)	1,35 (2.98)
U22M2, U•0M3, U22N4 a U40N4, U22S6, U40S6	142 (5.59)	184 (7.24)	152 (5.98)	6 (0.24)	126 (4.96)	157 (6.18)	6.5 (0.26)	20.5 (0.81)	4 x 5 (4x0.2)	2,35 (5.18)

Dimensiones y pesos (continuación)



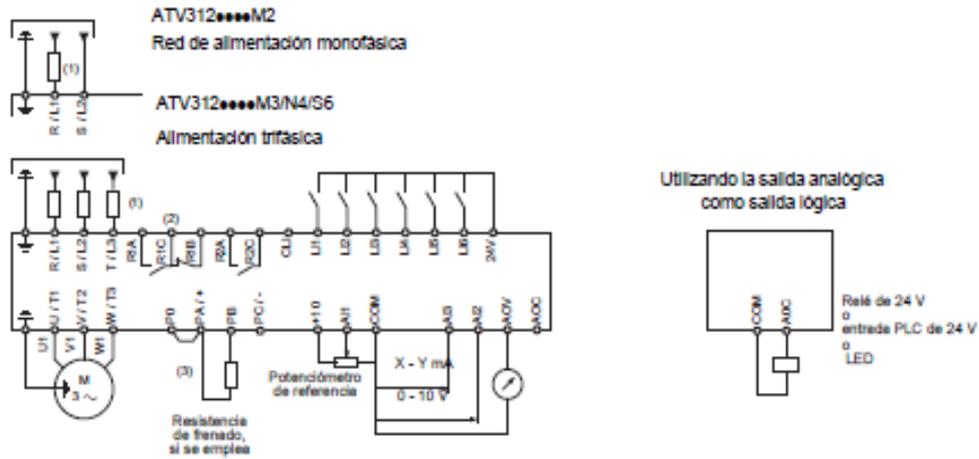
ATV312H	a mm (in.)	b mm (in.)	C mm (in.)	D mm (in.)	G mm (in.)	H mm (in.)	J mm (in.)	K mm (in.)	Ø mm (in.)	Peso kg (libra)
U55M3, U75M3, U55N4, U75N4, U55S6, U75S6	180 (7.09)	232 (9.13)	172 (6.77)	6 (0.24)	160 (6.30)	210 (8.27)	5 (0.2)	17 (0.67)	4 x 5 (4x0.2)	4,70 (10,36)



ATV312H	a mm (in.)	b mm (in.)	C mm (in.)	D mm (in.)	G mm (in.)	H mm (in.)	J mm (in.)	K mm (in.)	Ø mm (in.)	Peso kg (libra)
D1•M3, D1•N4, D1•S6	245 (9.65)	329.5 (12.97)	192 (7.56)	6 (0.24)	225 (8.86)	295 (11.61)	7 (0.28)	27.5 (1.08)	4 x 6 (4x0.24)	9 (19,84)

Cableado (continuación)

Diagrama de cableado general



(1) Inductancia de línea, si se emplea (monofásica o trifásica)

(2) Contactos de relé de fallos, para la indicación a distancia del estado del variador

(3) Si se ha conectado una resistencia de frenado, ajuste el parámetro [Adapt. rampa dec.] (brA) en [No] (nO) (consulte el manual de programación).

Nota 1: Utilice supresores de interferencias en todos los circuitos inductivos ubicados cerca del variador o acoplados al mismo circuito (relés, contactores, electroválvulas, etc).

Nota 2: Este diagrama es para los productos ATV312 estándar. Las tarjetas de comunicación opcionales pueden cambiar el cableado de control del producto. Consulte la documentación relacionada para obtener información detallada sobre las tarjetas opcionales.

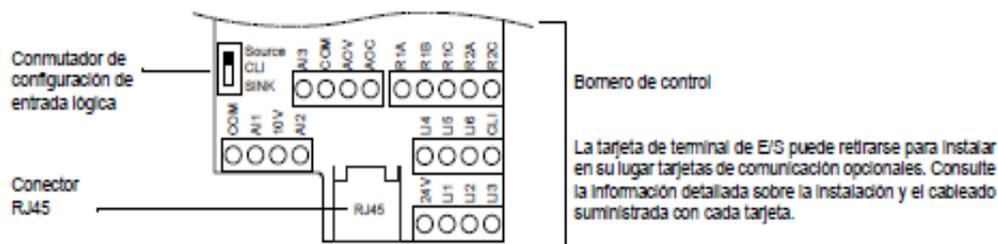
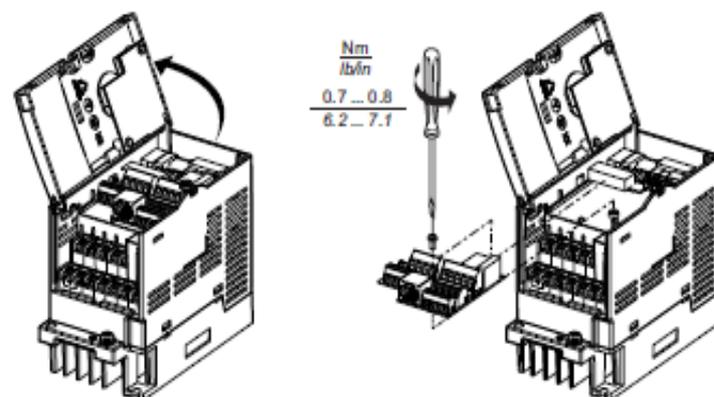
Opciones de componentes asociados:

Consulte el catálogo.

Cableado (continuación)

Bornero de control

Acceso al bornero de control



⚠ PELIGRO

FUNCIONAMIENTO INADECUADO DEL EQUIPO

- No enchufe ni desenchufe la placa de terminales con el variador activo.
- Compruebe el apriete del tornillo de fijación tras realizar cualquier manipulación en la placa de terminales.

Si no se siguen estas instrucciones se pueden producir lesiones graves o incluso la muerte.

Disposición del bornero de control

Bornero de control del ATV312	Secciones aplicables de los cables (1) mm ² (AWG)	Par de apriete (2) N.m (lb.in)
R1A, R1B, R1C, R2A, R2C	0,75 a 2,5 (18 a 14)	0,5 a 0,6 (4.4 a 5.3)
Otros bornes	0,14 a 2,5 (26 a 16)	

- (1) El valor en negrita corresponde a la sección mínima del cable para garantizar la seguridad.
 (2) Recomendado para valor máximo.

Cableado (continuación)

Características y funciones del bornero de control

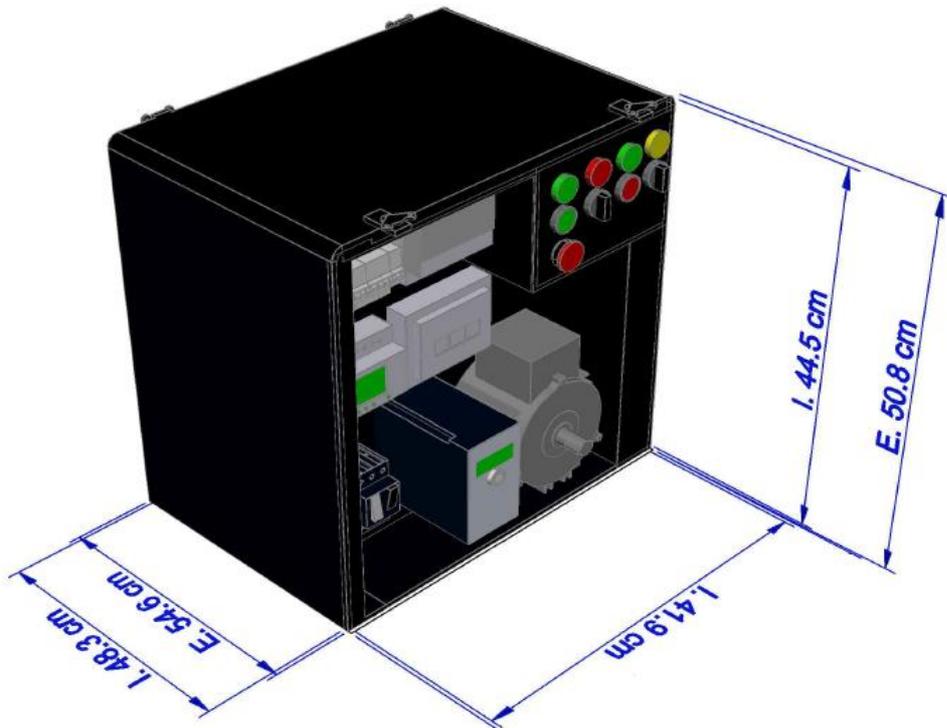
Borne	Función	Características eléctricas
R1A R1B R1C	Contacto con punto común C/O (R1C) del relé programable R1	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de conmutación mínima: 10 mA para 5 V ... Capacidad de conmutación máxima en carga de resistencia ($\cos \varphi = 1$ y $L/R = 0$ ms): 5 A para 250 V ~ y 30 V ...
R2A R2C	Contacto N/A de relé programable R2	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de conmutación máxima en carga inductiva ($\cos \varphi = 0,4$ y $L/R = 7$ ms): 1,5 A para 250 V ~ y 30 V ... Velocidad de muestreo 8 ms Vida útil: 100.000 operaciones a la máxima potencia de corte 1.000.000 operaciones a la potencia mínima de corte.
COM	E/S analógica común	0 V
AI1	Voltaje de entrada analógica	Entrada analógica 0 + 10 V (tensión segura máxima 30 V) <ul style="list-style-type: none"> Impedancia 30 kΩ Resolución 0,01 V, convertor de 10 bits Precisión $\pm 4,3\%$, linealidad $\pm 0,2\%$, de valor máximo Tiempo de muestreo 8 ms Funcionamiento con cable apantallado 100 m máximo.
10 V	Alimentación eléctrica de consigna para potenciómetro de referencia	+10 V (+ 8% - 0%), 10 mA máx, protegida contra cortocircuitos y sobrecargas
AI2	Voltaje de entrada analógica	Entrada analógica bipolar 0 \pm 10 V (tensión segura máxima ± 30 V) La polaridad + o - de la tensión en AI2 afecta a la dirección de la consigna y, por tanto, a la dirección de funcionamiento. <ul style="list-style-type: none"> Impedancia 30 kΩ Resolución 0,01 V, convertor de señal + de 10 bits Precisión $\pm 4,3\%$, linealidad $\pm 0,2\%$, de valor máximo Tiempo de muestreo 8 ms Funcionamiento con cable apantallado 100 m máximo.
AI3	Corriente de entrada analógica	Entrada analógica X - Y mA. X e Y pueden programarse entre 0 y 20 mA <ul style="list-style-type: none"> Impedancia 250 Ω Resolución 0,02 mA, convertor 10 bits Precisión $\pm 4,3\%$, linealidad $\pm 0,2\%$, de valor máximo Tiempo de muestreo 8 ms
COM	E/S analógica común	0 V
AOV o AOC	Salida analógica de tensión AOV o corriente de salida analógica AOC o tensión de salida lógica AOC Puede asignarse AOV o AOC (sólo una de las dos, no ambas)	Salida analógica de 0 a 10 V, Impedancia de carga mínima 470 Ω salida analógica X - Y mA. X e Y pueden programarse de 0 a 20 mA, Impedancia de carga máxima 800 Ω <ul style="list-style-type: none"> Resolución 8 bits (1) Precisión $\pm 1\%$ (1) Linealidad $\pm 0,2\%$ (1) Tiempo de muestreo 8 ms Esta salida analógica puede configurarse como una salida lógica de 24V en AOC, Impedancia de carga mínima 1,2 k Ω . (1) Características del convertor digital/analógico.
24 V	Alimentación para entrada lógica	+ 24 V protegido contra cortocircuitos y sobrecargas, mínimo 19 V, máximo 30 V Corriente máxima de cliente disponible 100 mA
LI1 LI2 LI3 LI4 LI5 LI6	Entradas lógicas programables	Entradas lógicas programables <ul style="list-style-type: none"> Alimentación eléctrica + 24 V (máximo 30 V) Impedancia 3,5 kΩ Estado 0 si = 5 V, estado 1 si > 11 V (diferencia de tensión entre LI- y CLI) Tiempo de muestreo 4 ms
CLI	Entrada lógica común	Consulte la página 19 .
RJ45	Puerto de comunicación	Conexión para programa SoMove, Modbus y red CANopen, terminal remoto, herramientas de cargador de configuración.

DISEÑO DE MALETA DIDÁCTICA EN AUTOCAD 3D

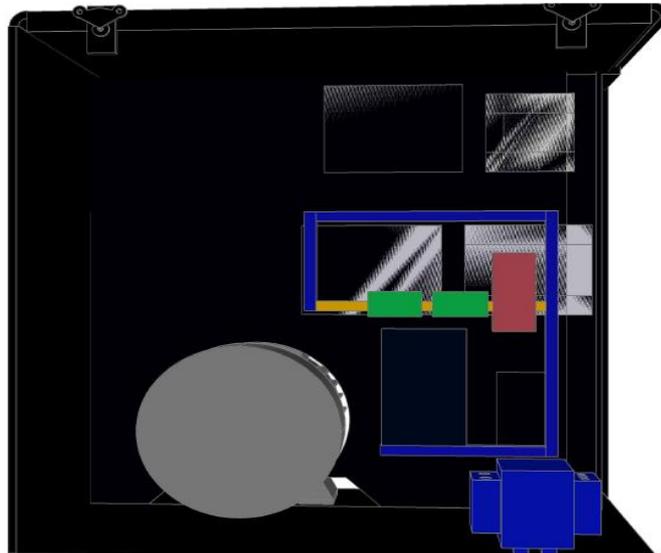
Vista frontal de la maleta didáctica con sus respectivas cubiertas.



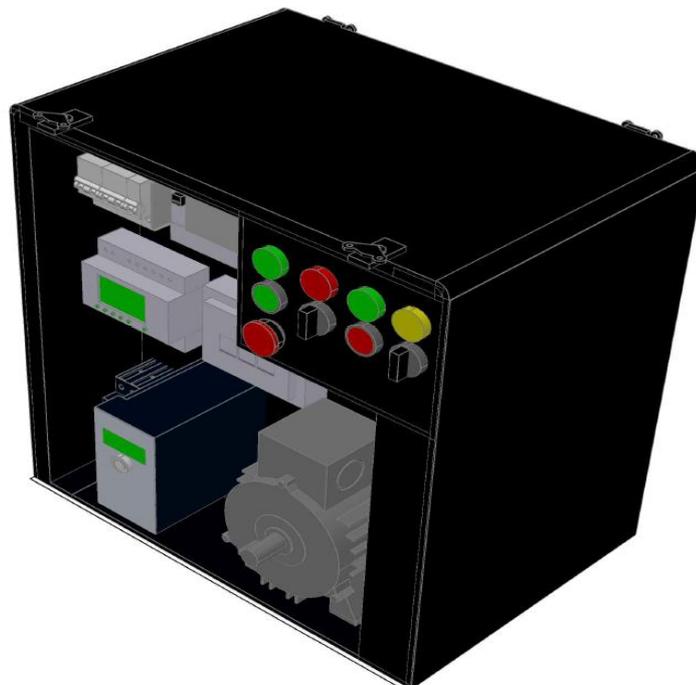
Dimensiones internas y externas de la maleta didáctica. Peso de la maleta didáctica 30,6 Kg (67,5 lbs.)



Vista posterior de la maleta didáctica sin cubierta trasera.



Vista de frente de la maleta didáctica sin cubierta frontal.



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL
MODBUS PARA EL CONTROL DE ACTUADORES
TRIFÁSICOS EN EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN
FLEXIBLE

AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ
EDDY HARRY DELGADO GUERRERO

MÓDULO DE ENTRENAMIENTO MODBUS

AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ
EDDY HARRY DELGADO GUERRERO

COLABORADORES:
DANIELLA BALDEÓN
MARCELO CASTILLO

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
MARZO 2015

PÁG.
1

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
	DISYUNTOR		FUENTE DE VOLTAJE DC		SELECTOR		
	GUARDAMOTOR		TRANSFORMADOR		LUZ PILOTO		
	MOTOR TRIFÁSICO		PULSADOR		CONECTOR RJ45		

MÓDULO DE ENTRENAMIENTO MODBUS

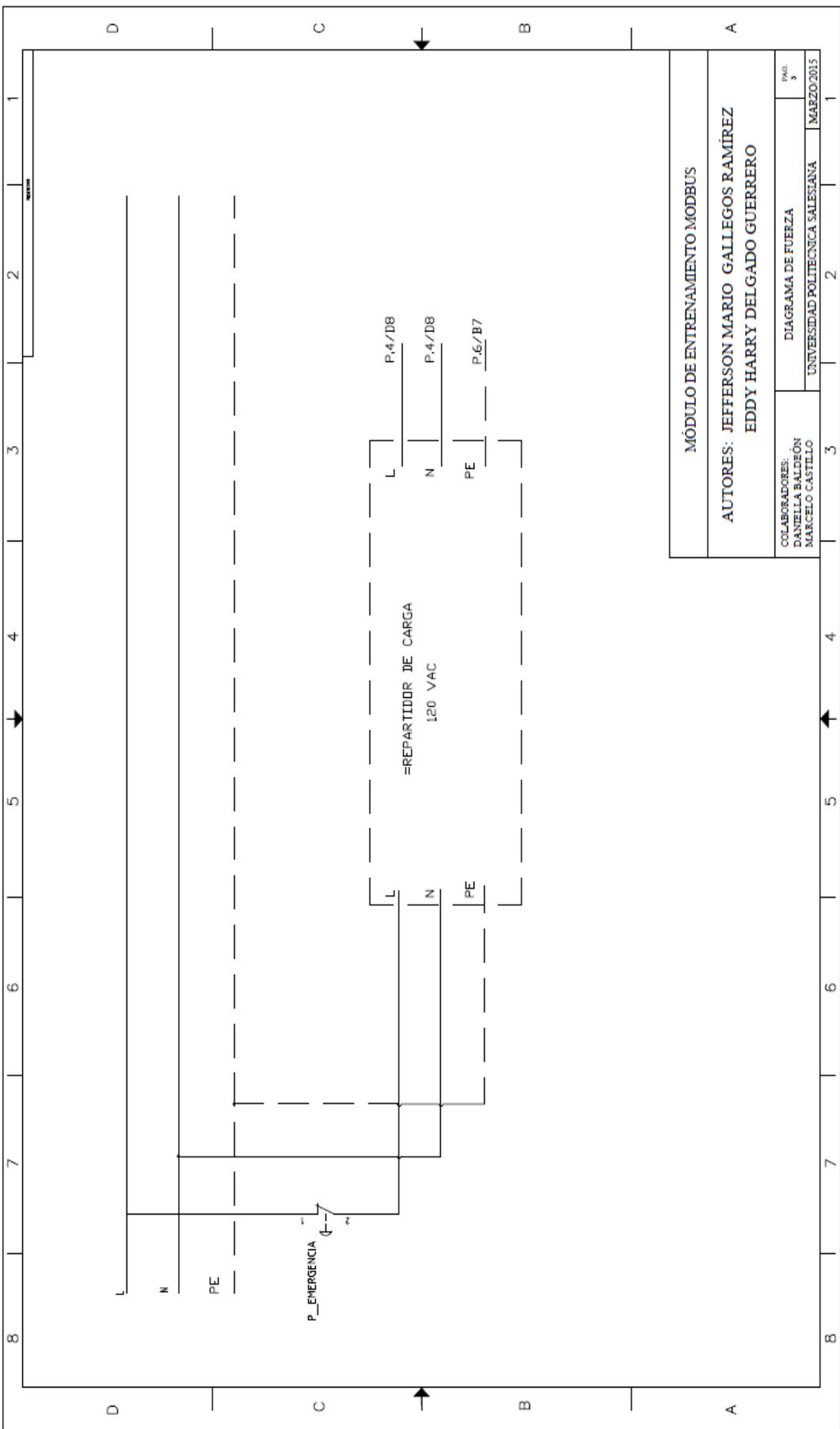
AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ
EDDY HARRY DELGADO GUERRERO

COLABORADORES:
DANIELLA BALDEÓN
MARCELO CASTILLO

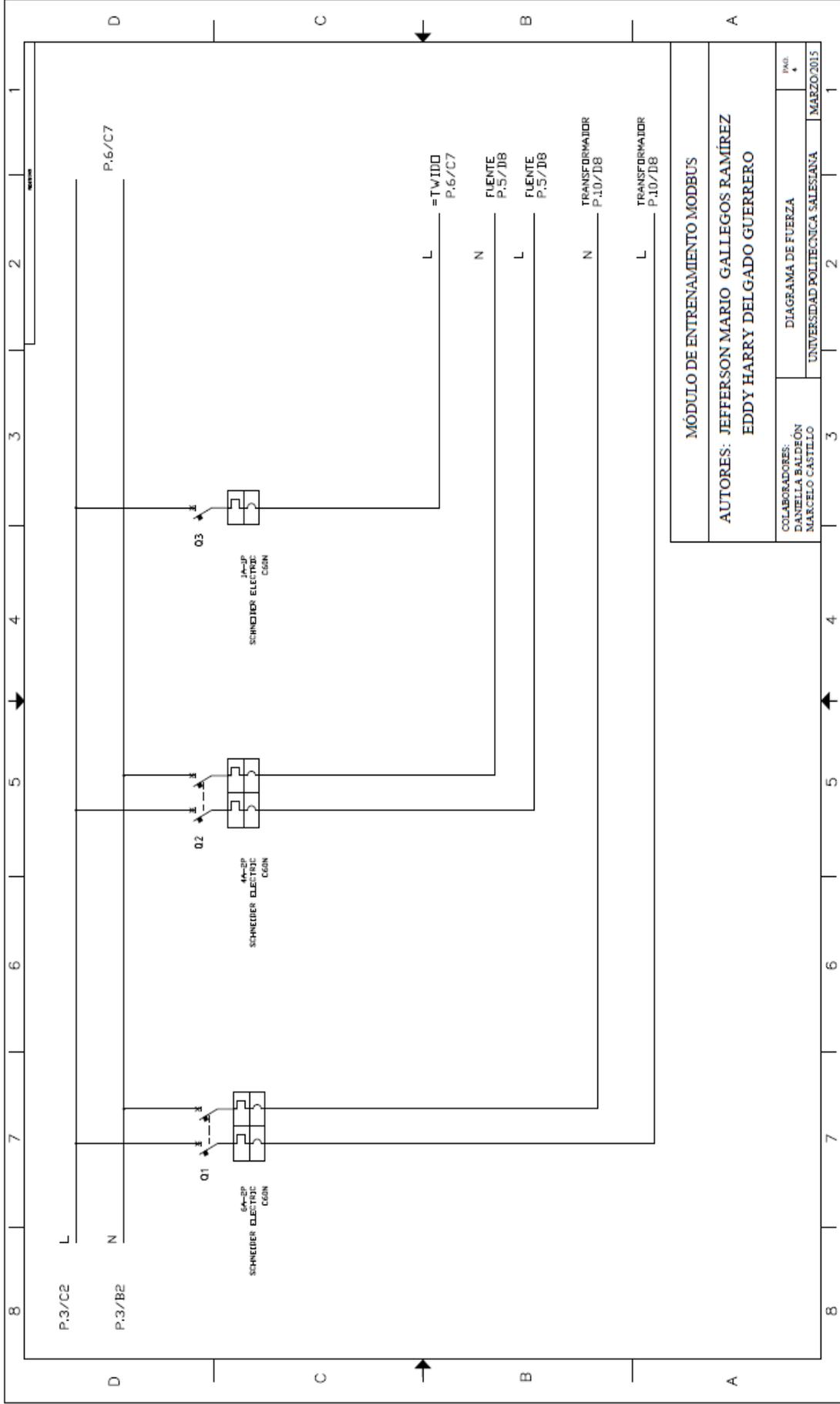
SIMBOLOGÍA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

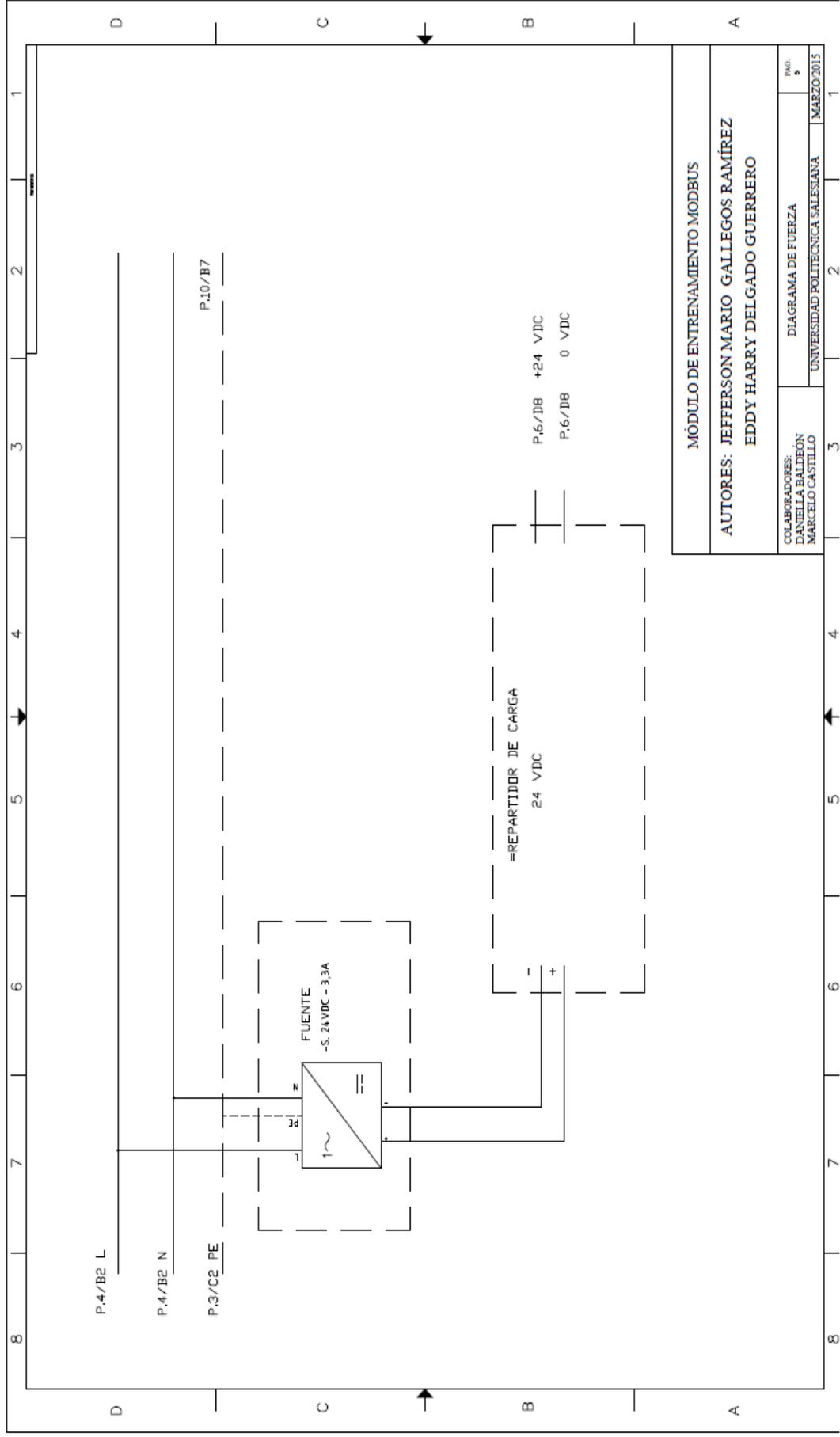
PÁG.
2

MARZO 2015

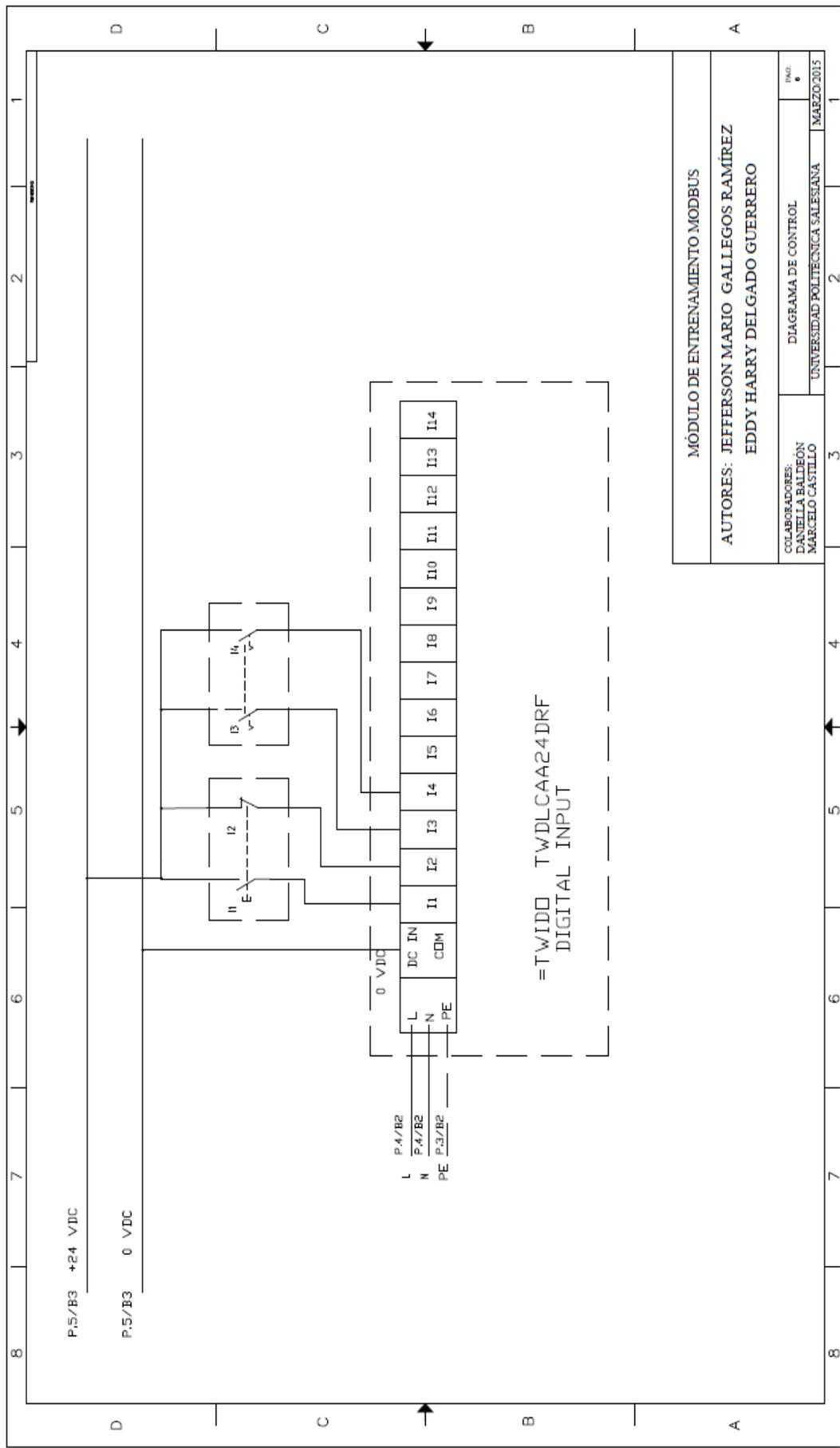


MÓDULO DE ENTRENAMIENTO MODBUS		
AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ EDDY HARRY DELGADO GUERRERO		
COLABORADORES: DANIELLA BALDEÓN MARCELO CASTILLO	DIAGRAMA DE FUERZA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	PAG. 5 MARZO 2015

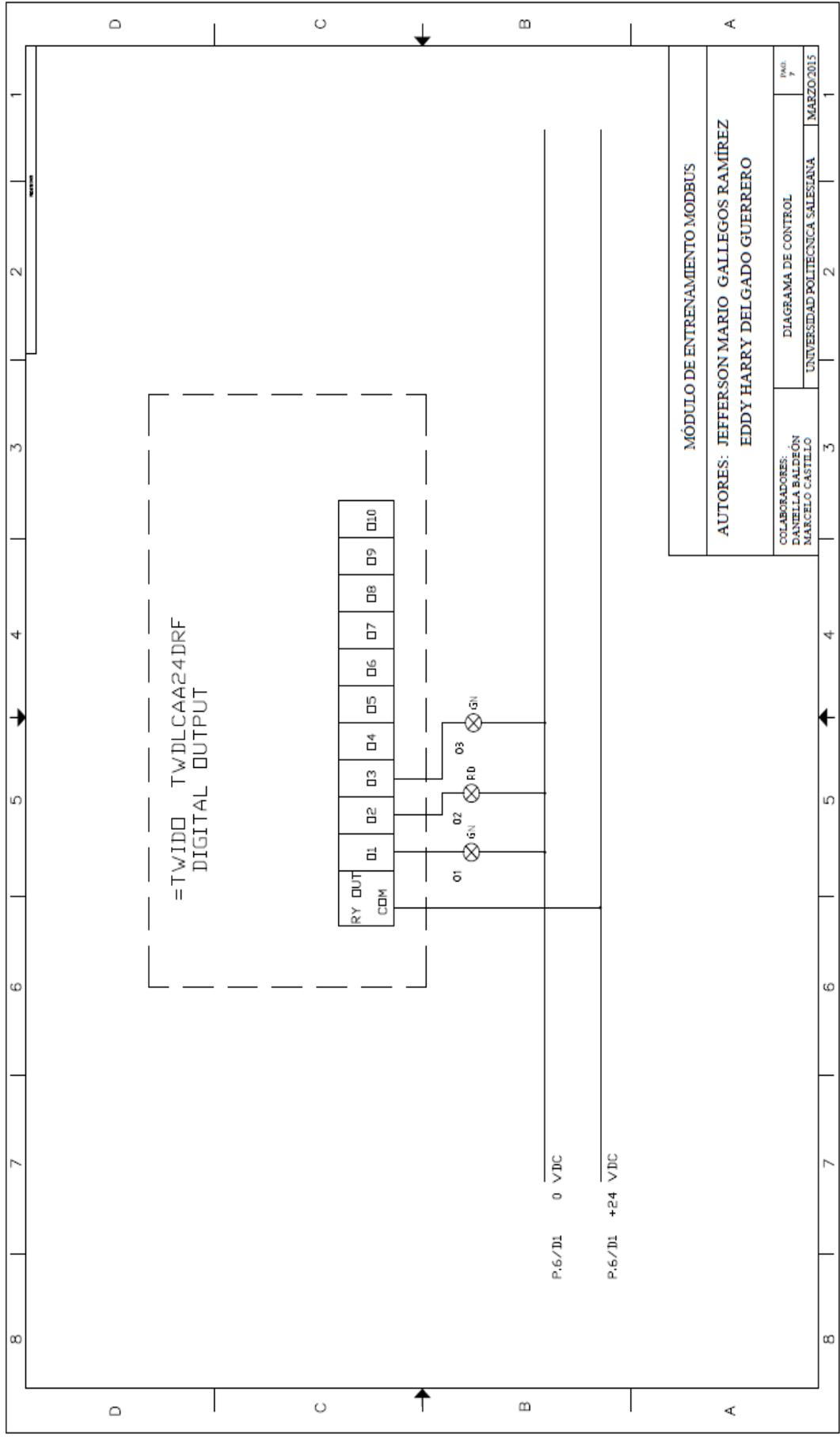




MÓDULO DE ENTRENAMIENTO MODBUS	
AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ EDDY HARRY DELGADO GUERRERO	
COLABORADORES: DANIELLA BALDEÓN MARCELO CASTILLO	DIAGRAMA DE FUERZA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
PAQ. 5	MARZO 2015



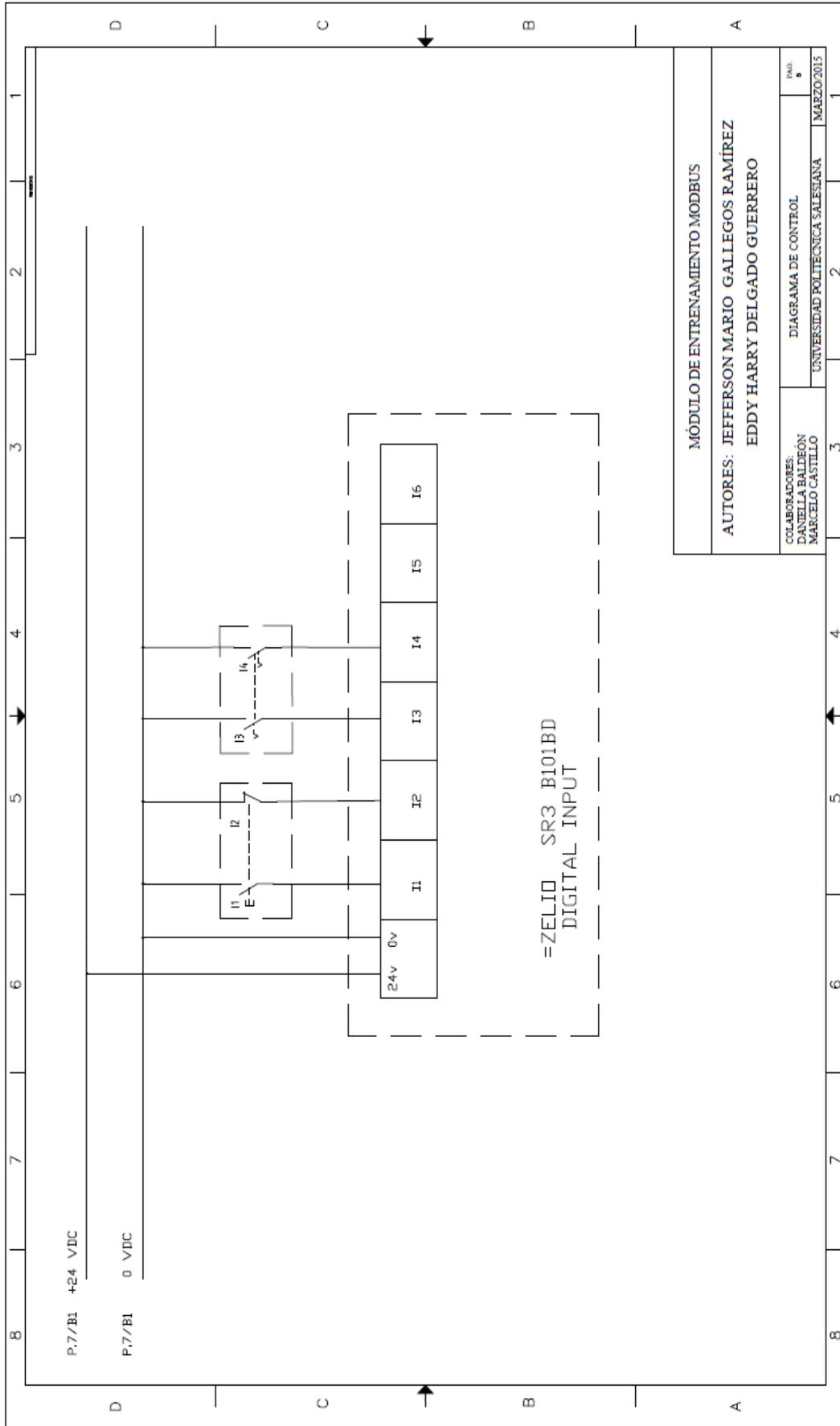
MÓDULO DE ENTRENAMIENTO MODBUS	
AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ EDDY HARRY DELGADO GUERRERO	
COLABORADORES: DANIELLA BALDIÓN MARCELO CASTILLO	DIAGRAMA DE CONTROL UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
INAO 6	MARZO 2015



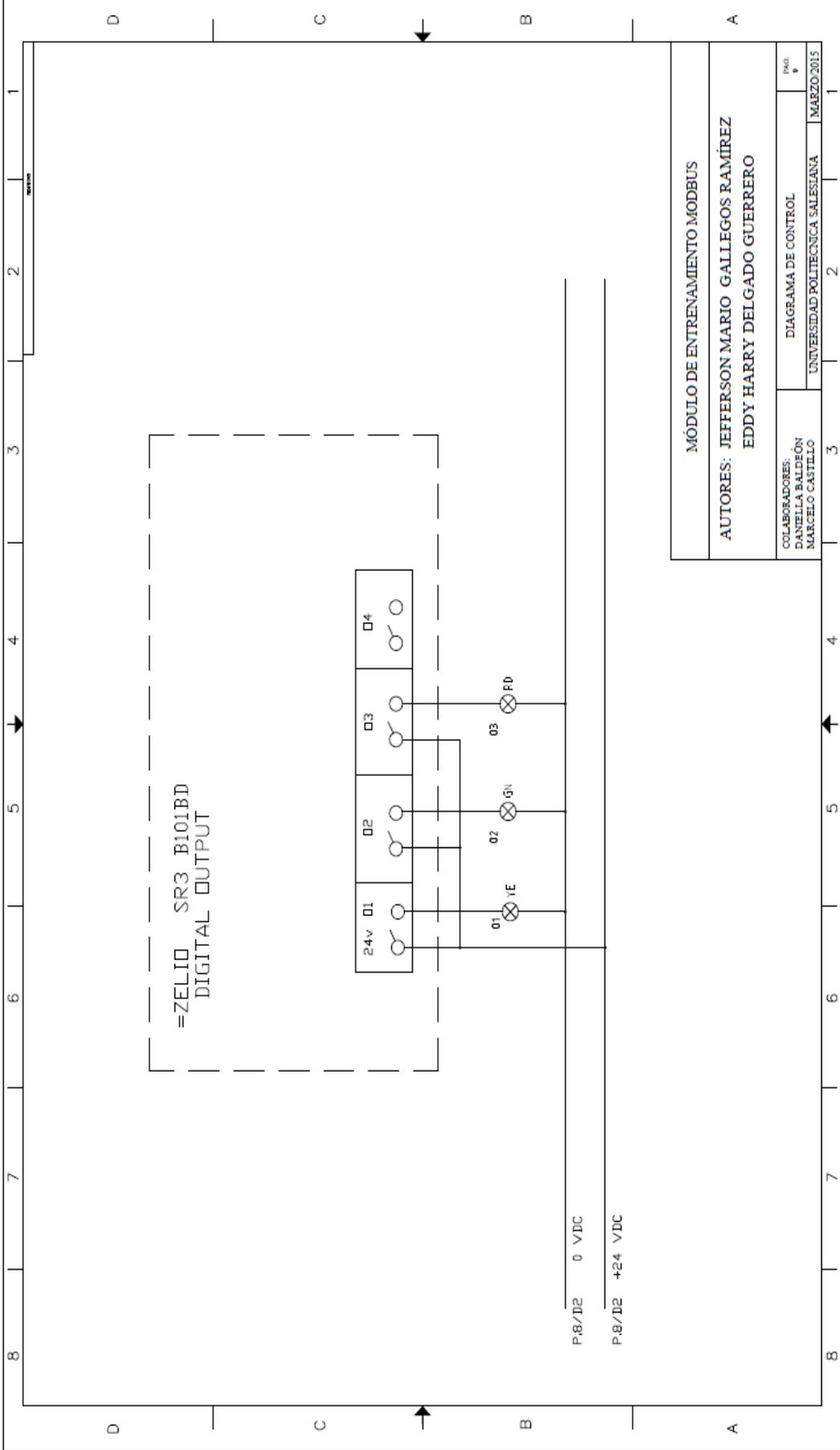
MÓDULO DE ENTRENAMIENTO MODBUS

AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ
EDDY HARRY DELGADO GUERRERO

COLABORADORES:		DIAGRAMA DE CONTROL	
DANIELA BALDEÓN	MARCELO CASTILLO		7
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		MARZO 2015	



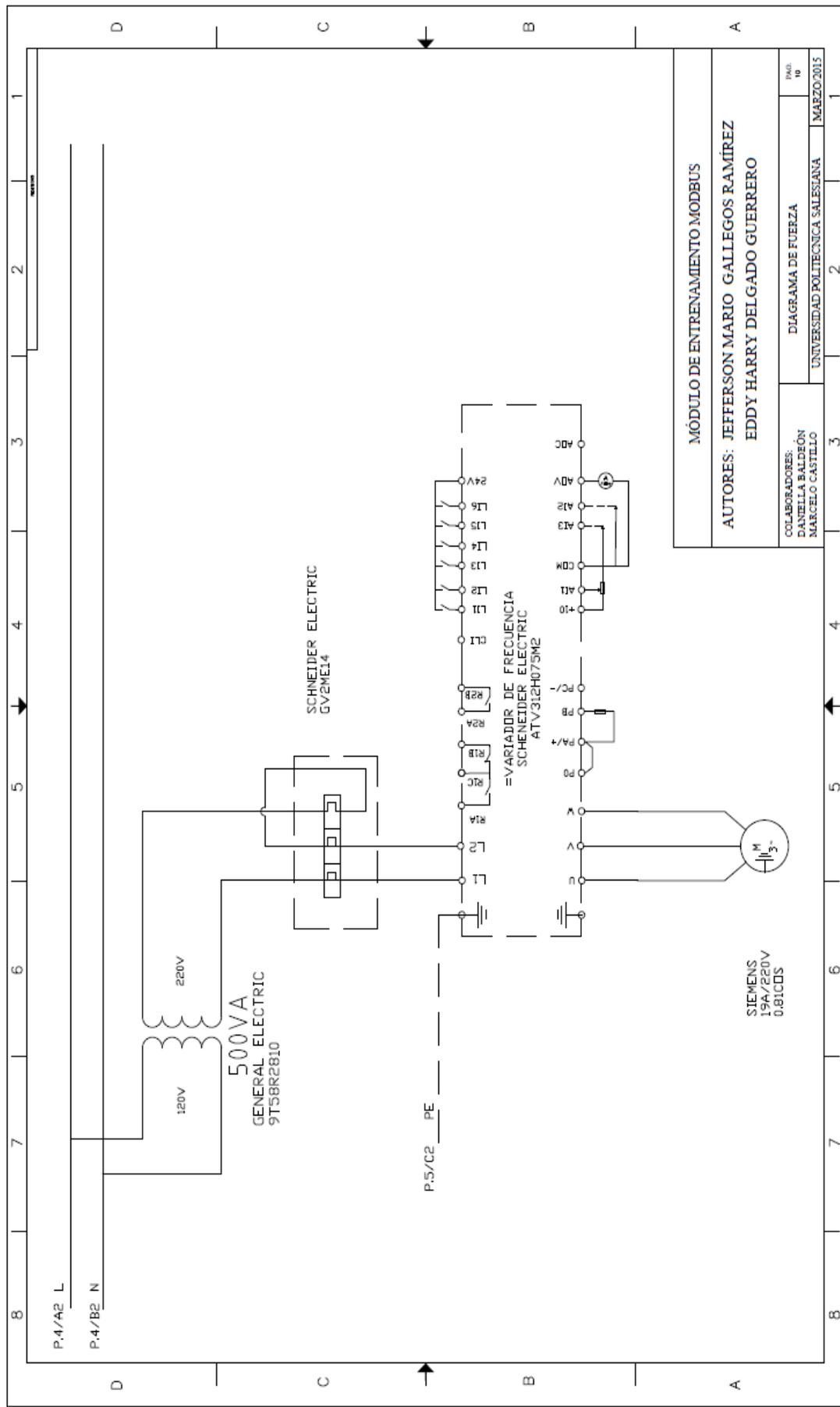
MÓDULO DE ENTRENAMIENTO MODBUS	
AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ EDDY HARRY DELGADO GUERRERO	
COLABORADORES: DANIELLA BALDEÓN MARCELO CASTILLO	PROJ. 6 DIAGRAMA DE CONTROL UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA MARZO 2015

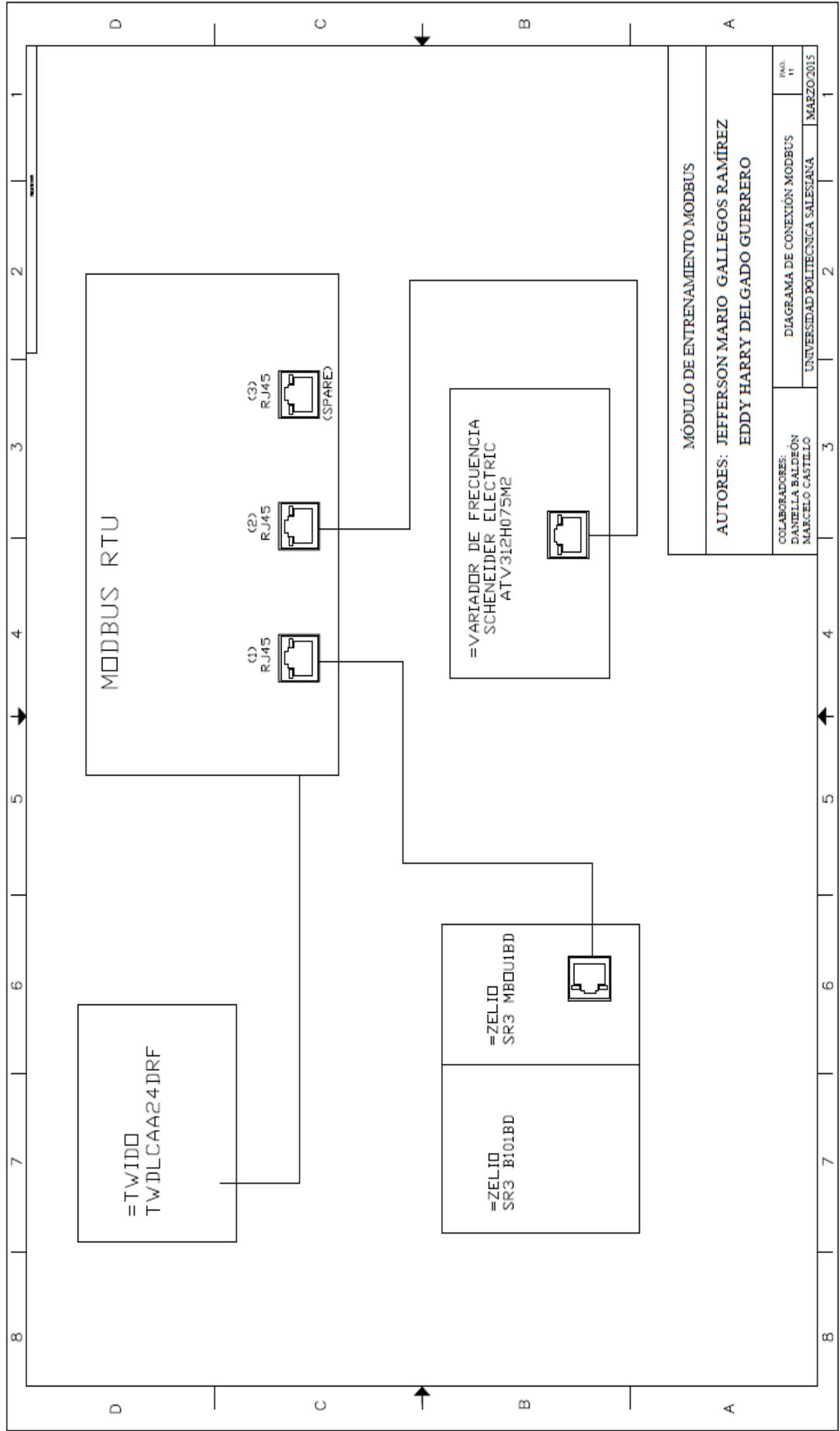


MÓDULO DE ENTRENAMIENTO MODBUS

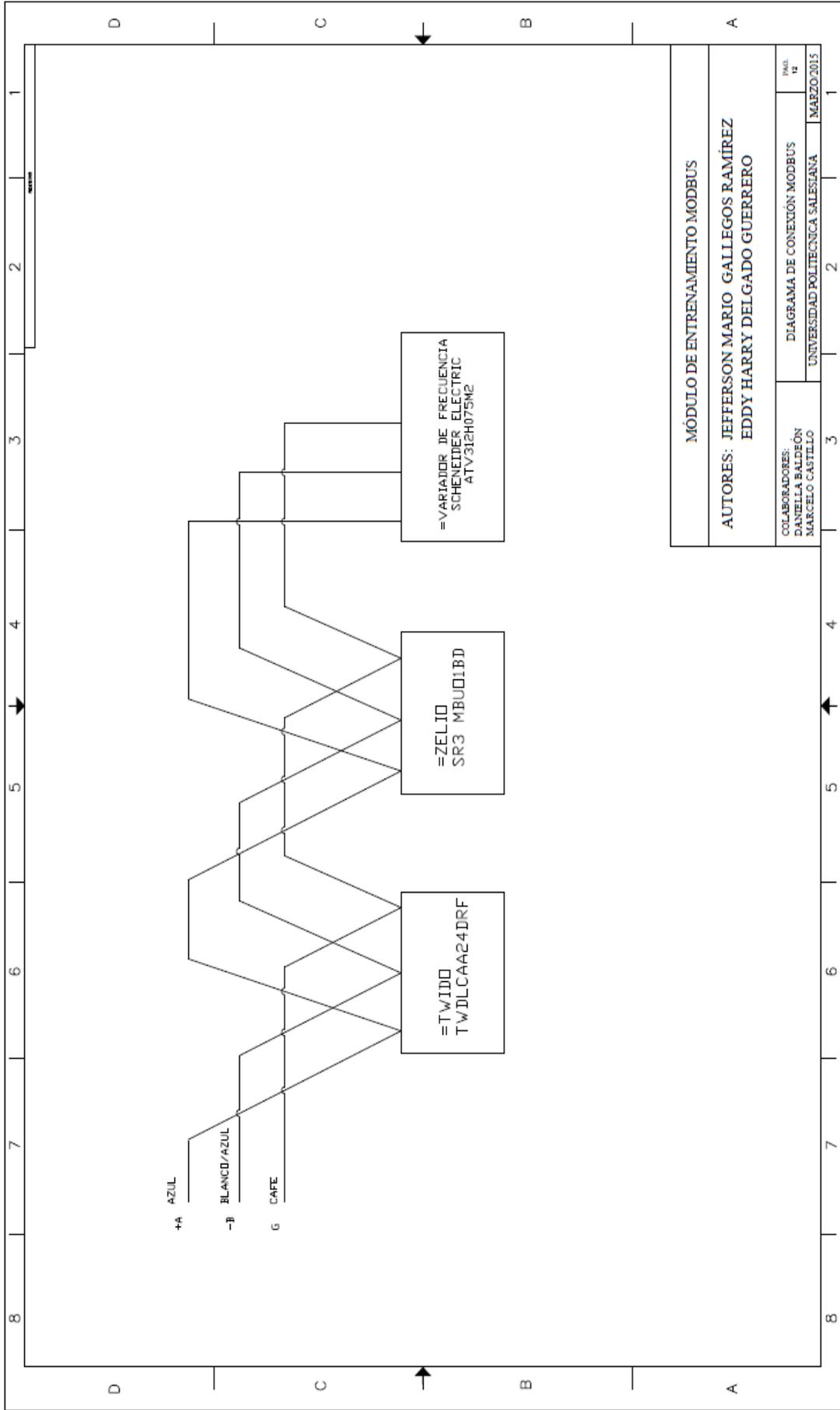
**AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ
EDDY HARRY DELGADO GUERRERO**

COLABORADORES: DANIELLA BALDEÓN MARCELO CASTILLO	DIAGRAMA DE CONTROL UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA MARZO/2015
--	--





MÓDULO DE ENTRENAMIENTO MODBUS	
AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ EDDY HARRY DELGADO GUERRERO	
COLABORADORES: DANIELLA BALDEÓN MARCELO CASTILLO	DIAGRAMA DE CONEXIÓN MODBUS PÁG. 11
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA MARZO 2015	



+A
AZUL

-B
BLANCO/AZUL

G
CAFE

=TWIDO
TVDLCAA24DRF

=ZELIO
SR3 MBU01BD

=VARIADOR DE FRECUENCIA
SCHNEIDER ELECTRIC
ATV312H075M2

MÓDULO DE ENTRENAMIENTO MODBUS

AUTORES: JEFFERSON MARIO GALLEGOS RAMÍREZ
EDDY HARRY DELGADO GUERRERO

COLABORADORES: DANIELLA BALDEÓN MARCELO CASTILLO	DIAGRAMA DE CONEXIÓN MODBUS	FECHA: MARZO 2015
--	-----------------------------	----------------------