

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PANEL DE ENTRENAMIENTO PARA PROGRAMACIÓN DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN CON CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE E INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA APLICADO A UN SISTEMA DE ENVASADO, UTILIZANDO SERVOMOTORES PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA”

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Presentado por:

Francisco Xavier Yumbra Arévalo

Joel Alberto Landívar López

Guayaquil – Ecuador

2014

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a dios y a mi familia que siempre me han apoyado en todos mis proyectos de vida y no han dejado que me rinda.

A los profesores, que con sus enseñanzas fueron inculcando en mí, conocimientos y valores, a mi amigo y compañero Joel por su apoyo y colaboración en este proyecto.

A mis compañeros que formaron parte importante de mi vida universitaria, sus consejos y ayuda, colaboraron en mi formación.

Todas las personas que colaboraron en este proyecto de graduación a la empresa CONDIMAQSA S.A. y al CAMPRO, que colaboraron con el diseño y construcción del sistema de dosificación.

Francisco Xavier Yumbla Arévalo

Mi agradecimiento a todos aquellos profesores que durante mi vida académica no sólo se esforzaron por enseñar, pero también de inculcar valores a través de su trabajo y al compartir sus experiencias en el aula de clases. A aquellos que se interesaron en no solo formar profesionales sino también seres humanos.

A mi familia, mis tíos y abuelos por ser mi soporte todas las veces que necesité de su ayuda, y de su consejo.

A mis padres por su esfuerzo, paciencia y dedicación a lo largo de mi vida para poder alcanzar este momento, su confianza en mí cada vez que me encontré con dudas y ser una guía moral y de principios a lo largo de mi vida.

Joel Alberto Landívar López

DEDICATORIA

Este trabajo dedico a: mis padres Francisco y Piedad; mis hermanos Wendy, Tania y Geovanny; mis sobrinos; mi madrina Olimpia; mi padrino Julio (+); un logro más y cada vez más cerca de Pablo Enrique (+).

Francisco Xavier Yumbra Arévalo

El esfuerzo invertido en este proyecto está dedicado a mis padres, quienes siempre inculcaron en mi la honestidad, responsabilidad y el deseo de sobresalir en cada aspecto de mi vida. A María José, por la motivación, cariño y aliento en cada parte difícil de este trayecto.

Joel Alberto Landívar López

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

MS. MIGUEL YAPUR

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
DE GRADO

MS. DAMIAN LARCO

TUTOR DEL PROYECTO DE
GRADUACIÓN

PhD. SIXIFO FALCONES

MIEMBRO PRINCIPAL DEL
TRIBUNAL DE GRADO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este proyecto de graduación, nos corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Francisco Xavier Yumbra Arévalo

Joel Alberto Landívar López

RESUMEN

El presente proyecto consiste en la implementación de un panel de entrenamiento para los estudiantes de nuestra carrera en el que puedan llevar a cabo cualquier aplicación de automatización. También se proveerá de un sistema de envasado y dosificación, automatizado por nosotros utilizando dicho panel.

Primero explicaremos el diseño del panel de entrenamiento, en el cual nos referimos a todos los componentes que son requeridos para el aprendizaje del estudiante; para el presente caso se adquirió el PLC y la HMI de la marca SIEMENS.

Luego se explicará el funcionamiento tanto del PLC como de la HMI y drive AC, siguiendo a esto su configuración y programación en el software TIA PORTAL y CTSOFT para el uso de los mismos en nuestro panel de entrenamiento.

Finalmente se explicará la automatización del sistema de envasado, exponiendo de manera más amplia y específicamente la programación del PLC, la HMI y la configuración del UNIDRIVE SP para el control de los servomotores utilizados en la misma.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA.....	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	IV
DECLARACIÓN EXPRESA	V
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ABREVIATURAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE TABLAS	XXII
INTRODUCCIÓN.....	XXIV
CAPÍTULO 1	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 SOLUCION PROPUESTA	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	3
1.5 OBJETIVOS	4
1.5.1 OBJETIVOS GENERALES	4
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.6 METODOLOGÍA.....	5

CAPÍTULO 2.....	9
2.1 SISTEMAS DE ENVASADO.....	10
2.2 PROGRAMADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	13
2.3 INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA.....	15
2.4 ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO DE UN MOTOR AC.....	19
2.5 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PROFIBUS.....	21
CAPÍTULO 3.....	24
3.1 DISEÑO DEL PANEL PARA EL MONTAJE DE LOS COMPONENTES	25
3.2 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL PANEL	32
3.2.1 SELECCIÓN DE HMI Y PLC.....	33
3.2.1.1 SELECCIÓN DEL PLC	33
3.2.1.2 SELECCIÓN DE LA HMI	35
3.2.2 SELECCIÓN DE COMPONENTES DE PROTECCIÓN CON SU RESPECTIVO CÁLCULO.....	36
3.2.3 SEÑALES DIGITALES, ANALÓGICAS Y SUS CONEXIONES EXTERNAS E INTERNAS DEL PLC HACIA EL PANEL DE ENTRENAMIENTO	38
3.3 ELEMENTOS CONTEMPLADOS PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ENTRE LA HMI KTP-600, EL PLC S7-1200 Y EL UNIDRIVER SP, EN EL PANEL.....	41
3.3.1 COMUNICACIÓN PROFINET.....	42

3.3.2	MODULO DE COMUNICACIÓN PROFIBUS	43
3.3.2.1	Formas de comunicación del CM 1243-5 entre DP-V1.....	43
3.3.2.2	Prestaciones del módulo CM 1243-5.....	44
3.3.2.3	Conexiones eléctricas del módulo PROFIBUS DP CM 1243-5	45
	CAPÍTULO 4.....	48
4.1	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC SIEMENS S7-1200.	49
4.2	CARACTERÍSTICAS DEL PLC S7-1200.....	51
4.2.1	CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DEL PLC S7-1200.....	51
4.2.2	DESCRIPCIÓN DE LAS BORNERAS DE CONTROL.	55
4.3	CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200	
	USANDO EL SOFTWARE TIA PORTAL	57
4.3.1	CONFIGURACIÓN DE UN PROYECTO EN EL SOFTWARE TIA PORTAL.....	57
4.3.2	PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200 PARA EL USO DEL PANEL DE ENTRENAMIENTO.....	74
4.3.3	PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200 PARA EL CONTROL DEL UNIDRIVE SP MEDIANTE PROFIBUS.	80
	CAPÍTULO 5.....	86
5.1	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL HMI SIEMENS KTP-600.	87

5.2	CARACTERISTICAS DEL HMI SIEMENS KTP-600.	88
5.3	CONFIGURACION, DISEÑO DE IMÁGENES Y PROGRAMACION DEL HMI SIEMENS KTP-600 USANDO TIA PORTAL.	89
5.3.1	CONFIGURACION DEL HMI SIEMENS KTP-600 PARA LA COMUNICACIÓN CON EL PLC S7-1200.	89
5.3.2	DISEÑO Y PROGRAMACION HMI SIEMENS KTP-600.	93
5.3.2.1	DISEÑO DE IMÁGENES EN TIA PORTAL PARA HMI SIEMENS KTP-600.	102
5.3.2.2	PROGRAMACIÓN DE ANIMACIONES Y EVENTOS EN TIA PORTAL PARA HMI SIEMENS KTP-600.	110
	CAPÍTULO 6.	116
6.1	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL UNIDRIVE SP.	117
6.2	CARACTERÍSTICAS DEL UNIDRIVE SP.	119
6.2.1	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.	120
6.2.1.1	RÉGIMEN DE SERVICIO.	120
6.2.1.2	PROTECCIÓN I_2t DEL MOTOR.	121
6.2.2	DESCRIPCIÓN DE BORNERAS DE CONTROL.	123
6.2.3	DESCRIPCIÓN DE BORNERAS DE POTENCIA.	126
6.3	CONFIGURACIÓN DEL UNIDRIVE SP.	127
6.3.1	CONFIGURACION DE PARÁMETROS DEL UNIDRIVE SP PARA CONTROL DE UN SERVOMOTOR AC.	127
6.3.2	COMUNICACIÓN PROFIBUS DEL UNIDRIVE SP.	132

6.3.2.1	MODULO DE RESOLUCION SM PROFIBUS DP.	132
6.3.2.2	DESCRIPCIÓN DE LOS TERMINALES DEL SM PROFIBUS DP.	134
6.3.2.3	DATOS CICLICOS.....	135
6.3.2.4	DATOS NO CICLICOS.	138
6.3.2.5	PROCEDIMIENTOS INICIALES.....	146
CAPÍTULO 7.....		150
7.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ENVASADO.....	151
7.2	AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE ENVASADO.....	156
7.2.1	DETERMINAR VARIABLES A CONTROLAR.....	156
7.2.2	ESTABLECER RANGOS DE OPERACIÓN DE VARIABLES.	161
7.2.3	CONFIGURACIÓN DE LOS DRIVES PARA EL USO DE LOS SERVOMOTORES AC.....	163
7.2.4	DESARROLLO DEL PROGRAMA DEL PLC PARA AUTOMATIZAR EL SISTEMA DE ENVASADO.	169
7.2.5	DESARROLLO DE LAS VENTANAS EN LA HMI PARA CONTROLAR Y MONITOREAR EL SISTEMA ENVASADO.....	179
7.2.6	DISEÑO DE PRUEBAS.	194
7.3	PRUEBAS Y AJUSTES DEL SISTEMA DE ENVASADO	196
7.4	ANÁLISIS Y RESULTADOS DE PRUEBAS.	197
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		200
CONCLUSIONES:.....		200

RECOMENDACIONES:	202
BIBLIOGRAFÍA.....	204
ANEXOS.....	205

ABREVIATURAS

HMI	Interfaz hombre-maquina
PLC	Control Logic Programable
AC	Corriente Alterna
TIA	TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION
CPU	Unidad Central de Procesamiento
DC	Corriente Continua
GSD	General Station Description

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1. Esquemático del Proyecto	8
Fig. 2.1. Estructura Interna del PLC [5].....	14
Fig. 2.2. Diagrama de ejemplo de configuración HMI [7].	16
Fig. 2.3. Estructura General de HMI [7].	17
Fig. 2.4. Esquema de tendido de cable tradicional[10].	22
Fig. 2.5. Esquema de tendido de cable PROFIBUS DP[10].	23
Fig. 3.1. Diseño de tapa superior del panel de entrenamiento.....	26
Fig. 3.2. Diseño de tapa inferior del panel de entrenamiento.....	27
Fig. 3.3. Panel previo a su montaje.....	28
Fig. 3.4. Fondo falso en el interior del panel.	29
Fig. 3.5. Montaje de los elementos y equipos.....	30
Fig. 3.6. Cableado interno del panel de entrenamiento.	30
Fig. 3.7. Panel en Funcionamiento.	31
Fig. 3.8. Interior de Panel de entrenamiento.....	32
Fig. 3.9. PLC y accesorios [1].	34
Fig. 3.10. CPU 1214C [1].....	34
Fig. 3.11. Familia HMI Basic [1].	35
Fig. 3.12. HMI KTP-600 [3].	35
Fig. 3.13. Contactor y Breaker.	37
Fig. 3.14. Breakers y fusibles para fases.	37

Fig. 3.15. Switch.	38
Fig. 3.16. Luces piloto.	39
Fig. 3.17. Relés.	39
Fig. 3.18. Fuente de Voltaje,	40
Fig. 3.19. Voltímetros digitales,	40
Fig. 3.20. Fuente 24VDC.	41
Fig. 3.21. Router TP-Link.	42
Fig. 3.22. Configuración ETHERNET del router.	42
Fig. 3.23. Conector hembra para la fuente de alimentación externa de 24VDC [6].	45
Fig. 3.24. Asignación de pines del conector hembra Sub-D [6]	46
Fig. 3.25. Ejemplo de configuración con CM 1243-5 como maestro PROFIBUS [6].	47
Fig. 4.1. PLC S7-1200 [2].	50
Fig. 4.2. Descripción de Borneras del S7-1200 [2].	55
Fig. 4.3. Pantalla para crear nuevo proyecto	59
Fig. 4.4. Pantalla Primeros pasos del nuevo proyecto	59
Fig. 4.5. Agregar dispositivo al nuevo proyecto.	60
Fig. 4.6. Vista del proyecto en TIA PORTAL	61
Fig. 4.7. Agregar pantalla	62
Fig. 4.8. Pantalla Dispositivos y Redes.	63
Fig. 4.9. Barra de menús de TIA PORTAL	64

Fig. 4.10. Ruta de archivo descargado	65
Fig. 4.11. Instalar archivo GSD	65
Fig. 4.12. Instalando archivo GSD en librerías.....	65
Fig. 4.13. Instalación archivo finalizada	66
Fig. 4.14. Vista de Redes.....	66
Fig. 4.15. S7-1200 junto con CM1243-5	67
Fig. 4.16. Configuración de PROFINET	68
Fig. 4.17. Dirección PROFIBUS.....	69
Fig. 4.18. Redes PROFINET y PROFIBUS establecidas.....	69
Fig. 4.19. Configuración de IP de la HMI	70
Fig. 4.20. Selección palabras de datos PROFIBUS.....	71
Fig. 4.21. Compilando Proyecto.....	72
Fig. 4.22. Búsqueda de dispositivos online en la red PROFINET	73
Fig. 4.23. Cargando Hardware.....	73
Fig. 4.24. Bloque Main del programa del PLC	75
Fig. 4.25. Canales de entradas analógicas del PLC	77
Fig. 4.26. Propiedades canales de entradas analógicas del PLC.....	77
Fig. 4.27. Tabla de variables del programa del PLC	79
Fig. 4.28. Bloques NORM_X y SCALE_X.....	79
Fig. 4.29. Vista de redes.	82
Fig. 4.30. Vista general de dispositivos.....	82

Fig. 4.31. Direcciones de memoria interna de palabras de datos PROFIBUS	84
Fig. 4.32. Tabla de variables del programa del PLC	85
Fig. 4.33. Vista de proyecto, bloque Main del programa.....	85
Fig. 5.1. Inserción de dispositivo [3].....	87
Fig. 5.2. Inserción de dispositivo[3].....	90
Fig. 5.3. Alimentación de dispositivo [3]	90
Fig. 5.4. Inserción de dispositivo [3].....	91
Fig. 5.5. Inserción de dispositivo [3].....	92
Fig. 5.6. Inserción de dispositivo [3].....	93
Fig. 5.7. Inserción de dispositivo.....	94
Fig. 5.8. Selección de dispositivo.....	94
Fig. 5.9. Configuración del PLC	95
Fig. 5.10. Formato de Imagen.....	96
Fig. 5.11. Avisos.....	96
Fig. 5.12. Imágenes	97
Fig. 5.13. Imágenes de Sistema	97
Fig. 5.14. Botones.....	98
Fig. 5.15. Consola de Edición.....	98
Fig. 5.16. Menú de edición.....	99
Fig. 5.17. Plantilla.....	100
Fig. 5.18. Variables HMI.....	100

Fig. 5.19. Avisos HMI.	101
Fig. 5.20. Administración de Usuarios de la HMI.	101
Fig. 5.21. Menú de Herramientas.....	102
Fig. 5.22. Objetos Básicos.	103
Fig. 5.23. Apariencia.	103
Fig. 5.24. Representación.....	103
Fig. 5.25. Misceláneo.....	104
Fig. 5.26. General Campo de texto.	104
Fig. 5.27. Elementos.	105
Fig. 5.28. General de Campo E/S.	105
Fig. 5.29. General de Botón.....	106
Fig. 5.30. General de Interruptor.	106
Fig. 5.31. General Barra.	107
Fig. 5.32. Gráficos.....	107
Fig. 5.33. Inserción de gráficos.	108
Fig. 5.34. Ejemplos de librerías globales.	108
Fig. 5.35. General botón.	109
Fig. 5.36. Niveles.	109
Fig. 5.37. Cuadrícula.....	110
Fig. 5.38. Objetos fuera de rango.	110
Fig. 5.39. Tipos de animación.	111
Fig. 5.40. Conexión de Variable.....	111

Fig. 5.41. Apariencia.	112
Fig. 5.42. Visibilidad.	112
Fig. 5.43. Movimientos.	113
Fig. 5.44. Movimiento diagonal.	113
Fig. 5.45. Simulación de Movimiento.	114
Fig. 5.46. Eventos.	114
Fig. 5.47. Tipos de eventos.	115
Fig. 5.48. Ejemplos de eventos.	115
Fig. 5.49. Anexar variable.	115
Fig. 6.1. Valores nominales [9].	120
Fig. 6.2. Funcionamiento protección del motor [9]	122
Fig. 6.3. Funcionamiento protección del motor [9]	122
Fig. 6.4. Funciones por defecto de los terminales [9].	125
Fig. 6.5. Funciones por defecto de los terminales [9].	126
Fig. 6.6. Conexiones de CC [9].	126
Fig. 6.7. Conexiones de CA [9].	127
Fig. 6.8. Módulo SM PROFIBUS DP [10].	133
Fig. 6.9. Terminales del SM-PROFIBUS-DP [10].	134
Fig. 6.10. Terminal de salida tipo D del SM-PROFIBUS-DP [10].	134
Fig. 6.11. Formatos de datos válidos del PROFIBUS-DP [10].	137
Fig. 6.12. Canales y parámetros de asignación [10].	138

Fig. 6.13. Estructura de los datos SALIDA para el modo Palabra PPO 4 [10].	141
Fig. 6.14. Estructura de los datos ENTRADA para el modo Palabra PPO 4 [10]......	144
Fig. 7.1. Diseño de la estructura externa de la tolva y el sistema de envasado	153
Fig. 7.2. Planta de dosificación.	155
Fig. 7.3. Banda transportadora	156
Fig. 7.2 Selector y ajuste de referencia de velocidad.....	158
Fig. 7.3. Diagrama de conexiones del sensor fotoeléctrico.....	158
Fig. 7.4. Esquema de funcionamiento del sensor retroreflectivo.....	159
Fig. 7.5. Sensor fotoeléctrico y reflector.	159
Fig. 7.6. Diseño del tornillo sinfín por parte del fabricante	160
Fig. 7.9. Canales de comunicación del drive para servomotor en banda transportadora.....	165
Fig. 7.10. Canales de comunicación para drive en la tolva.....	167
Fig. 7.11. Diagrama de bloques del control de posición del Unidrive SP para el servo en la tolva.	168
Fig. 7.12. Diagrama del seleccionador de referencias del Unidrive SP para el servo en la tolva.....	169
Fig. 7.13. Segmentos de la programación del bloque Main.	170

Fig. 7.14. Parada de emergencia y fallo de accionamientos.....	171
Fig. 7.15. Manipulación de bits de la palabra de control y de estado del Unidrive SP.	173
Fig. 7.16. Escritura de datos no cíclicos tipo PPO4.	175
Fig. 7.17. Ventana INICIO.....	181
Fig. 7.18. Ventana MENU PRINCIPAL.....	182
Fig. 7.19. Ventana MODO AUTOMATICO.	183
Fig. 7.20. Ventana MODO MANUAL.....	184
Fig. 7.21. Ventana VELOCIDAD DE PRODUCCION.....	185
Fig. 7.22. Ventada DOSIFICACION DE PRODUCTO.....	185
Fig. 7.23. Ventana MODO TOLVA DOSIFICADORA.....	186
Fig. 7.24. Ventana MODO BANDA TRANSPORTADORA.	187
Fig. 7.25. Ventana MANTENIMIENTO.....	188
Fig. 7.26. Ventana MANTENIMIENTO BANDA.....	189
Fig. 7.27. Ventana MANTENIMIENTO TOLVA.....	190
Fig. 7.28. Ventana DRIVE TOLVA DOSIFICADORA.....	191
Fig. 7.29. Ventana MEDIDORES TOLVA DOSIFICADORA.	191
Fig. 7.30. Ventana DRIVE BANDA TRANSPORTADORA.	192
Fig. 7.31. Ventana MEDIDORES BANDA TRANSPORTADORA.....	193
Fig. 7.32. Ventana IMAGENES DEL SISTEMA.	194

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Asignación de pines alimentación externa [6].....	45
Tabla 2. Pines del conector PROFIBUS.....	47
Tabla 3, Especificaciones técnicas del PLC S7-1200, con CPU 1214C.....	51
Tabla 4. Entradas digitales de 24V DC	52
Tabla 5, Entrada de reloj HSC:.....	52
Tabla 6, Especificaciones Entradas digitales AC:.....	53
Tabla 7, Especificaciones Salidas Digitales:	54
Tabla 8, Especificaciones técnicas del Módulo de salidas analógicas SM1232:	54
Tabla 9, Especificaciones de entradas analógicas del S7-1200:	55
Tabla 10, Funcionalidad de borneras de control del S7-1200:	57
Tabla 11. Elementos característicos de la HMI KTP-600	88
Tabla 12, Especificaciones técnicas de la KTP600PN, Pantalla.	89
Tabla 13. Menú de la Pantalla HMI KTP-600	92
Tabla 14. Potencia nominal del accionamiento	123
Tabla 15. Corriente del accionamiento.....	123
Tabla 16. Funcionalidad de borneras de control	124
Tabla 17. Conexiones internas del conector PROFIBUS.	135
Tabla 18. Códigos ID TAREA	143
Tabla 19. Códigos ID RESPUESTA	145
Tabla 20. Códigos de error del modo Palabra PPO 4.	146

Tabla 21. Velocidad producción vs Velocidad de servomotores.....	162
Tabla 22. Estabilidad del recipiente sobre la banda.	196
Tabla 23. Vuelta vs. Posición final del eje.	197

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de graduación se ideó con el fin de proporcionar una herramienta al Laboratorio de Electrónica de Potencia, que permita implementar futuras aplicaciones haciendo uso de la variedad de arrancadores, drives y motores eléctricos disponibles en el mismo, unificando y ampliando los conocimientos de automatización industrial de los estudiantes con sus conocimientos de electrónica de potencia, en dispositivos ampliamente utilizados en el medio local y en aplicaciones industriales reales. En pocas palabras, el propósito principal es diseñar e implementar un panel de entrenamiento con el que se pueda controlar, a través de un PLC, todos los proyectos realizados para el laboratorio, además de los motores y accionamientos anteriormente mencionados.

A través de los siguientes capítulos se pretende explicar los parámetros para la selección de los equipos utilizados en la construcción del panel, las características y especificaciones tanto del PLC, HMI, como a su vez la configuración y programación de dichos dispositivos de manera que queden sentadas las bases técnicas para poder cumplir con el objetivo de poder controlar de manera automatizada, mediante una red de comunicación, los accionamientos de motores eléctricos en el laboratorio. Adicionalmente expondremos, en un capítulo independiente, como configurar y parametrizar un drive AC para que este pueda accionar motores eléctricos.

Finalmente, en un último capítulo, se presentarán los detalles de una aplicación demostrativa básica, implementada de manera que se tenga un ejemplo práctico de cómo realizar el control de cualquier accionamiento junto con un motor eléctrico, mediante el PLC y HMI montados en el panel.

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se expondrá el contexto del proyecto de graduación, iniciando con la explicación de los antecedentes, descripción del problema, solución propuesta, hasta concluir con la justificación del mismo. Algo muy importante constituyen los objetivos generales y específicos, y por pasos, la metodología en el que se desarrolló este proyecto de graduación.

1.1 ANTECEDENTES

Es necesario que los estudiantes conozcan los sistemas de automatización que existen y se utilizan en la industria moderna. Para que el estudiante entre en contacto con un entorno de programación para automatismos de uso extendido en el entorno industrial, se utilizará el software TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION (TIA PORTAL) de Siemens.

Con la implementación de una aplicación demostrativa utilizando el UNIDRIVE SP y los servomotores AC en conjunto a un panel con un PLC y HMI, se desea dejar sentadas las bases para que los estudiantes, además de poder configurar y parametrizar drives, tengan nociones de cómo implementar la comunicación entre un PLC S7-1200 y accionamientos eléctricos para el control de manera automatizada de motores eléctricos.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electricidad, especialización Electrónica y Automatización Industrial, necesitan complementar sus conocimientos en el manejo y programación de interfaces hombre-máquina y controladores lógicos programables enfocados al control de drives de potencia; además, conocer cómo se

diseña y programa sistemas automatizados en distintas clases de software propietario.

1.3 SOLUCION PROPUESTA

Poner a disposición del Laboratorio de Electrónica de Potencia un panel de entrenamiento para utilizar el PLC S7-1200 y la HMI KTP600 en futuras aplicaciones y proyectos.

Adquirir destreza en el diseño, programación e implementación de sistemas de automatización, teniendo conocimientos básicos de los equipos y entorno de desarrollo de la marca SIEMENS, en PLC y HMI.

Poner a disposición del Laboratorio de Electrónica de Potencia una aplicación demostrativa que combine la automatización con el funcionamiento de drives y servomotores AC utilizando el panel anteriormente mencionado.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Es muy importante dar a conocer al estudiante la variedad de elementos existentes con los que ellos pueden trabajar para realizar

proyectos de automatización, debido a esta se implementa un panel de entrenamiento utilizando equipos de la marca SIEMENS.

Además, con la implementación de una aplicación demostrativa y el desarrollo mediante nuestro panel de entrenamiento, lo que se busca es que los estudiantes conozcan todo el proceso que se lleva a cabo para automatizar un sistema.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVOS GENERALES

Diseño e implementación de un panel de entrenamiento para programación de sistemas de automatización con controlador lógico programable, e interfaz hombre-máquina y su aplicación en el control de un sistema de envasado utilizando servomotores AC.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseño e implementación de un panel de entrenamiento con HMI KTP-600 y un PLC S7-1200, de manera que estos queden a disposición del Laboratorio de Electrónica de

Potencia para ser programados y utilizados en futuros proyectos que involucren los equipos disponibles.

- Realizar la programación con el software TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION (TIA PORTAL) tanto del PLC S7-1200, así como de la interfaz gráfica hombre-máquina KTP600 del panel de entrenamiento.
- Implementar una aplicación demostrativa utilizando los UNIDRIVE SP y los servomotores AC existentes en el Laboratorio de Electrónica de Potencia.

1.6 METODOLOGÍA

A continuación se explicara por pasos brevemente la realización de este proyecto de graduación; además se puede visualizar con la imagen Fig.1.1 todas las partes de lo que está conformado el mismo..

- Diseñar e implementar un panel de entrenamiento de acuerdo a los requerimientos eléctricos de fuerza y control para las señales del PLC, HMI.

- Realizar pruebas de funcionamiento del PLC Siemens S7-1200, para el control de entradas y salidas digitales y la comunicación PLC-HMI mediante comunicación PROFINET elaborada por un router ETHERNET.
- Efectuar pruebas de funcionamiento de la HMI KTP600, para la programación de la interfaz gráfica del proyecto.
- Realizar pruebas de funcionamiento del UNIDRIVE SP, parametrización del drive de acuerdo con las especificaciones dadas por el fabricante del servomotor AC a utilizar.
- Establecer comunicación PROFIBUS entre el PLC S7-1200 y el UNIDRIVE SP mediante el módulo de comunicación PROFIBUS de Siemens, CM1243-5 y asignar el método de transferencia más conveniente de parámetros del drive hacia los bloques de palabras del S7-1200 y viceversa.
- Desarrollar el programa del PLC que controle el avance de la banda transportadora y el dispensador de tornillo sinfín del sistema de envasado a implementar.

- Desarrollo de las ventanas de la pantalla táctil de la KTP-600 que permitirán parametrizar el UNIDRIVE SP, modificar y visualizar parámetros del sistema de envasado a implementar.
- Pruebas y ajustes requeridos para la culminación de nuestra aplicación demostrativa.

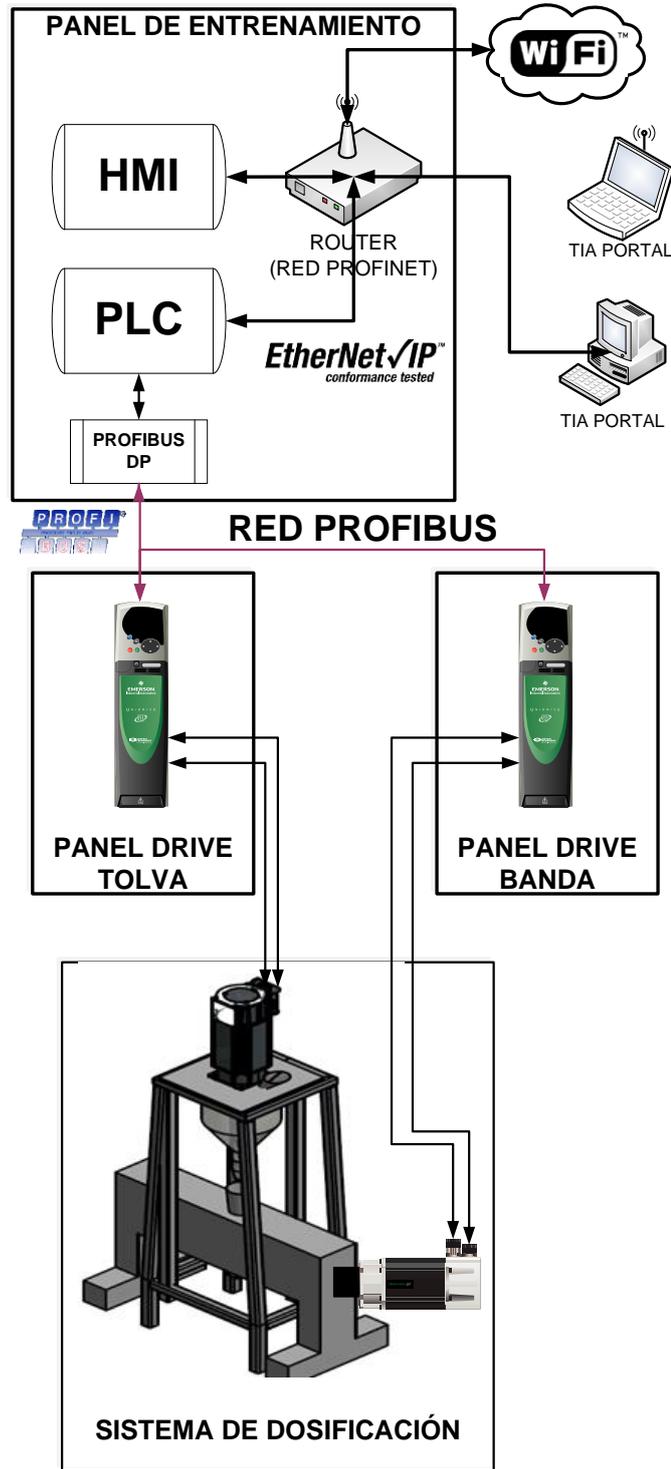


Fig. 1.1. Esquemático del Proyecto

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta una recopilación de los principales conceptos, de los puntos más elementales para la realización del proyecto de graduación. Se pretende dar una introducción teórica, cronológica y de funcionamiento de los principales dispositivos utilizados con las respectivas explicaciones en bases teóricas.

2.1 SISTEMAS DE ENVASADO.

Un sistema es un conjunto de componentes o elementos que están organizados y a la vez relacionados entre sí para cumplir un propósito. Los sistemas reciben materiales, señales, datos, energía y entregan un resultado. El envasado, por definición es *meter un producto dentro de un envase para facilitar su conservación o transporte*, por lo que se puede concluir que un sistema de envasado es aquel en que una de sus partes se encarga de proveer de alguna manera un envase, o recipiente, para que otro de sus componentes, es decir, un sistema de dosificación, sea el encargado de la dosificación de aquel producto dentro del recipiente.

Por otro lado, dosificar significa dividir o graduar las dosis de un material. Una dosis es una cantidad de una sustancia que debe añadirse en cada una de las etapas de un proceso.

En un sistema de dosificación, la aplicación de las sustancias se lleva a cabo mediante los dosificadores o dispositivos, capaces de entregar cantidades predeterminadas de productos en una unidad de tiempo. Se disponen de controles o alguna interfaz entre el dispositivo y el operador que permita prefijar la cantidad de producto a liberar dentro de los límites que caracterizan su capacidad.

Los sistemas dosificadores de sólidos en la industria se utilizan para hacer combinaciones de diferentes materiales, previas a una etapa de envasado, o son utilizados para la etapa de dosificación del producto final, la misma que será envasada. En el Ecuador, estos sistemas se utilizan en la industria farmacéutica, por ejemplo en Kronos, y en la industria agroalimenticia como en Pronaca.

La precisión de los dosificadores es un factor a tener en cuenta durante el control del proceso. A pesar de que las aplicaciones pueden extenderse desde la regulación de un material simple hasta los complejos, las combinaciones de varios ingredientes en un proceso, involucran varios dosificadores y se limitan a la precisión de los dosificadores en forma individual. La precisión de un sistema de dosificación se mide por la repetitividad, linealidad, y estabilidad del proceso. La repetitividad mide la precisión con la que el dosificador descarga la cantidad deseada y la estabilidad indica el cumplimiento de la dosis con el transcurrir del tiempo. La linealidad está representada por una recta que corresponde a un valor de referencia para la operación y la proporción de dosificación promedio actual a lo largo de todo el rango de dosificaciones. En la industria, existen distintos tipos de sistemas de dosificación:

- **Volumétricos:** en este tipo de dosificadores se determina la dosis, midiendo el volumen de producto que libera un área que se desplaza a una velocidad constante, estos dosificadores operan transportando cierto volumen de material por unidad de tiempo el cual es proporcional a una medida de peso. Los dosificadores volumétricos son sistemas de ciclo abierto dado que no pueden detectar las variaciones del material al dosificar por lo que estos se desempeñan aceptablemente en aplicaciones con materiales con una densidad que no varía significativamente. Los dosificadores más comunes son: de válvula alveolar, disco giratorio, plato oscilante y de tornillo.
- **Gravimétricos:** estos controlan el flujo de material por peso para lograr una mayor precisión, por lo tanto necesitan de una báscula.
- **Por decremento de peso:** Estos sistemas se componen de una tolva y un dosificador, en donde el sistema entero es pesado de forma continua, y a medida que el dosificador descarga material, el peso del sistema decrece.

2.2 PROGRAMADOR LÓGICO PROGRAMABLE.

PLC en sus siglas en inglés significa Programmable Logic Controller, que traducido al español significa Controlador Lógico Programable. Es un dispositivo electrónico diseñado para programar y controlar procesos secuenciales, por lo general industriales, en tiempo real.

Para cumplir su función de controlador, es necesario programar el PLC con cierta información del proceso que se desea automatizar, la cual es recibida a través de captadores como por ejemplo sensores y finales de carrera que, gracias al programa escrito en la memoria del PLC, logran implementar una secuencia a través de los accionamientos o actuadores de la instalación. Dentro de las funciones de un PLC se encuentran las de detección y de mando de un sistema además de su principal utilidad como programador con la habilidad de crear y modificar las aplicaciones del programa en su memoria, lo cual es su principal ventaja ante los sistemas secuenciales de automatización mediante circuitos eléctricos con interruptores y relevadores que se utilizaban antes de ser desarrollado a finales de los años 60 por la General Motors. Un PLC a su vez es capaz de realizar funciones combinatorias, contar, llevar control del tiempo, realizar operaciones con bits, palabras, enteros y varios tipos de datos, hacer de comparador y transferir esta información a otros dispositivos.

El PLC consiste en su forma más básica de una CPU, una memoria y módulos de entradas y salidas, sean estas analógicas o digitales.

Una entrada del PLC recibe señales de diversos tipos de dispositivos como sensores, interruptores, pulsadores y el CPU las interpreta como una señal lógica que utilizará para monitorear el estado de algún sistema y tomar decisiones acorde al programa escrito en su memoria. Los módulos de salida convierten las instrucciones de control de la CPU en una señal digital o analógica para dar las respectivas órdenes a los actuadores del sistema, ya sean estos contactores, electroválvulas, etc.

A continuación se muestra la estructura interna del PLC:

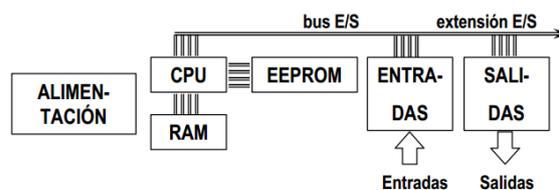


Fig. 2.1. Estructura Interna del PLC [5].

- La CPU realiza operaciones de tiempo (ya sea trabajando con retardos o temporizando), de secuencia, de combinación, de auto mantenimiento y retención.

- Interfaces de entrada y salida que establecen la comunicación entre la CPU y el proceso, cumpliendo funciones tales como: filtrado, adaptación y codificación de las señales de entrada, decodificación y amplificación de las señales de salida que se han generado durante la ejecución del programa.
- La Memoria que permite el almacenamiento de datos del programa (RAM), el sistema operativo (ROM), el programa de usuario (RAM no volátil o EEPROM), configuración de PLC (ROM o RAM no volátil para parámetros configurables), rutinas de arranque (ROM) y rutinas de chequeo (ROM).

2.3 INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA.

HMI en sus siglas en inglés significa Human Machine Interface, que traducido al español significa Interfaz Hombre-Máquina, se puede pensar como ventanas paso a paso de un proceso industrial o de aplicación las que pueden estar en dispositivos como paneles o en una computadora, las señales que la HMI va a procesar siempre están ligadas en el caso de la computadora a tarjetas de entrada/salida, hacia el PLC, RTU, Drive. Tienen que poseer un sistema de comunicación.

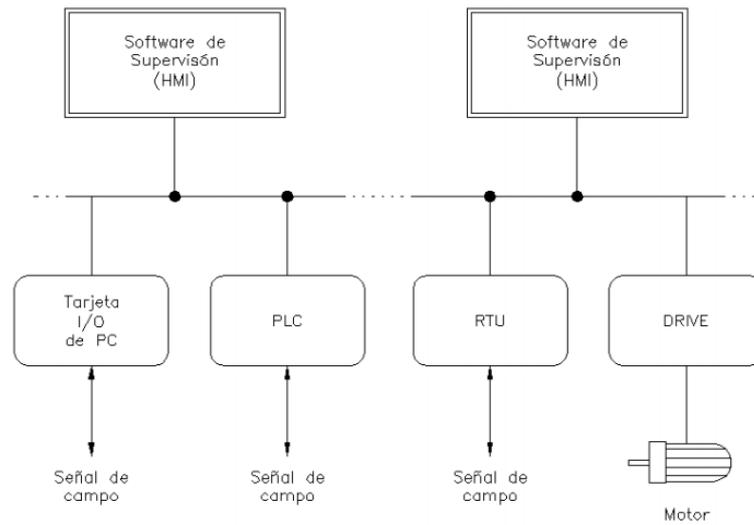


Fig. 2.2. Diagrama de ejemplo de configuración HMI [7].

En las funciones de una HMI tenemos:

- **Monitoreo.** Es obtener y mostrar datos simulados de la planta en tiempo real como posición de producto, velocidades, textos y gráficos que permitan una visualización del usuario.
- **Supervisión.** Esta función permite la visualización o monitoreo de condiciones de la planta.
- **Alarmas.** Es la manera de como mostrar avisos o eventos importantes dentro del proceso, como pueden ser errores de la planta.

- Control. Es la manera de programar algoritmos para ajustar y controlar variables del proceso, controlar límites del sistema.
- Históricos. Es la facilidad de almacenar y después mostrar datos del proceso, que nos ayuda a una optimización y corrección de procesos.

Estructura general del software HMI

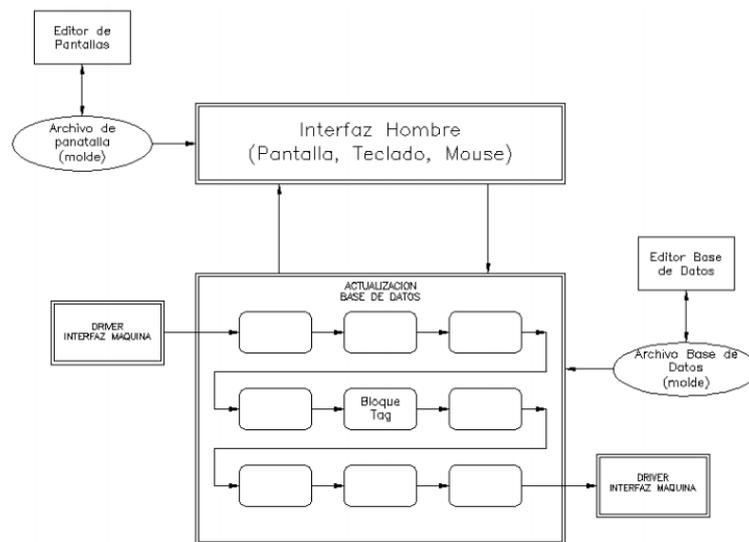


Fig. 2.3. Estructura General de HMI [7].

Como se expone en la figura que antecede, los rectángulos representan programas y las elipses archivos; los programas que están en el recuadro simple son programas de diseño y configuración

del sistema, y los que tienen doble recuadro son programas motores del HMI

Los programas de diseño como “editor de pantallas” nos sirven para visualizar el proceso, los mismos que son guardados en “archivo de pantalla”. “Interfaz Hombre” nos permitirá refrescar las variables totales en la pantalla si se desea ingresarlas.

Base de datos: es la memoria de la HMI o computadora donde se almacenan todas las variables o datos del proceso, estos siempre están modificándose de acuerdo a la programación que se establece, también se puede acceder directamente a la creación de una base específica para un proceso.

Drive: dispositivo importante para la comunicación puesto que mediante ellos se manejan los diferentes tipos de comunicación entre la HMI y los distintos dispositivos de campo.

Bloques. Estos reciben información de los drives para ser visualizados o editados, ellos utilizan información de la base de datos y es importante en la programación de la HMI.

2.4 ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO DE UN MOTOR AC.

Un accionamiento o drive AC en términos generales, es un dispositivo utilizado para controlar la velocidad de un motor eléctrico. Convierte la frecuencia de la red eléctrica, que por lo general está en los 50 o 60 Hz, a una frecuencia de entre 0 a 300 KHz o inclusive más, por lo que modificando la frecuencia de la tensión de alimentación puede controlar la velocidad del motor. Esto se explica mejor al observar las expresiones de velocidad de un motor AC síncrono y de inducción, en ellas podemos ver que la velocidad es proporcional a la frecuencia de alimentación del motor:

- Motor síncrono:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P}$$

- Motor de inducción:

$$N_m = \frac{120 \cdot f \cdot (1 - s)}{P}$$

Dónde:

N_s =Velocidad síncrona (rpm)

N_m =Velocidad mecánica (rpm)

f =Frecuencia de alimentación (Hz)

s =Deslizamiento (adimensional entre 0 y 1)

P =Número de polos.

Un drive AC consiste en:

- Unidad rectificadora: El drive es alimentado por la red eléctrica a través de un rectificador, el cual puede ser uni o bidireccional. Es unidireccional cuando el drive puede acelerar y hacer mover el motor tomando energía de la red, pero en el caso bidireccional el drive también puede usar la energía producida por la rotación del eje del motor, procesarla y devolverla a la red.
- Circuito DC: Este almacena momentáneamente la energía eléctrica rectificadas anteriormente en capacitores, y transforma el voltaje en una señal continua para alimentar a la etapa inversora del drive.
- Unidad inversora: La unidad inversora toma la energía eléctrica proporcionada por los capacitores del circuito DC y alimenta el motor. Además, transforma el voltaje DC a una señal pulsante y mediante técnicas de modulación de la frecuencia de estos pulsos crea la señal trifásica AC de salida que energizará el devanado del motor. La frecuencia puede ser ajustada de acuerdo a las necesidades del proceso, mientras más alta sea la frecuencia del voltaje de salida del drive, más alta la velocidad del motor.

Los tipos de motores que los drives AC por lo general controlan, son motores de velocidad constante. Al permitir al usuario, poder cambiar la velocidad de operación, se obtienen beneficios en términos del control del proceso, carga del sistema y ahorro energético. [4]

2.5 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PROFIBUS.

El PROFIBUS-DP es un sistema de red dentro del grupo de los buses de campo generales. Los buses de campo se definen como sistemas de red industriales concebidos como sustitutos de los sistemas de cableado tradicionales.

Una topología de bus de campo como PROFIBUS-DP permite realizar la comunicación entre un sistema principal (maestro) y los sistemas secundarios (esclavos) con sólo dos cables de señal y un apantallamiento. Este método de comunicación permite un gran ahorro en el cableado necesario y puede mejorar la fiabilidad total del sistema, ya que el número de interconexiones se reduce ampliamente.

La figura muestra los requisitos de cableado tradicionales para la transferencia de información entre 2 sistemas secundarios y uno

principal. Cada señal comunicada requiere un total de 66 cables más un retorno de 0 V.

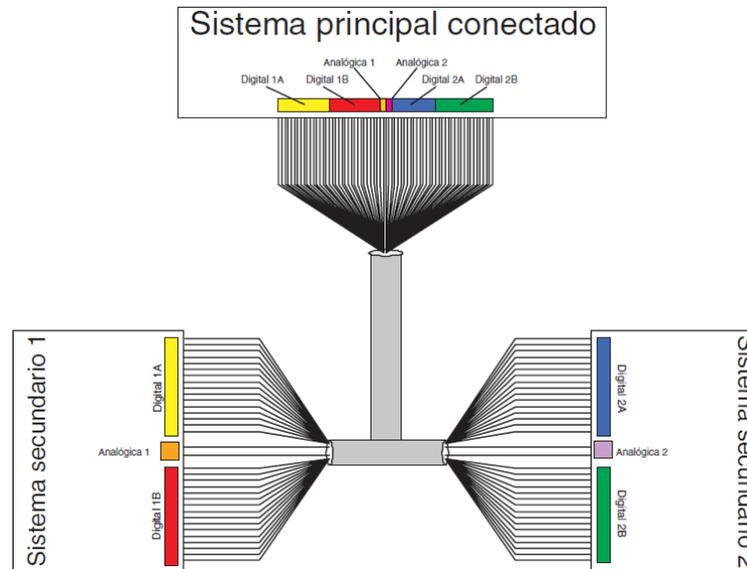


Fig. 2.4. Esquema de tendido de cable tradicional[10].

En la figura siguiente se muestra un sistema de red PROFIBUS-DP típico que transfiere las mismas señales que en el ejemplo de cableado tradicional. Las señales se transmiten ahora convirtiéndolas en una secuencia de datos en serie, que recibe el sistema principal como si se hubieran conectado con el cableado tradicional. La secuencia de datos del SM-PROFIBUS-DP permite que el sistema principal envíe o reciba hasta 64 valores independientes (32 de entrada y 32 de salida), además de que se permita el acceso aleatorio a los parámetros del accionamiento sólo a través de un canal.

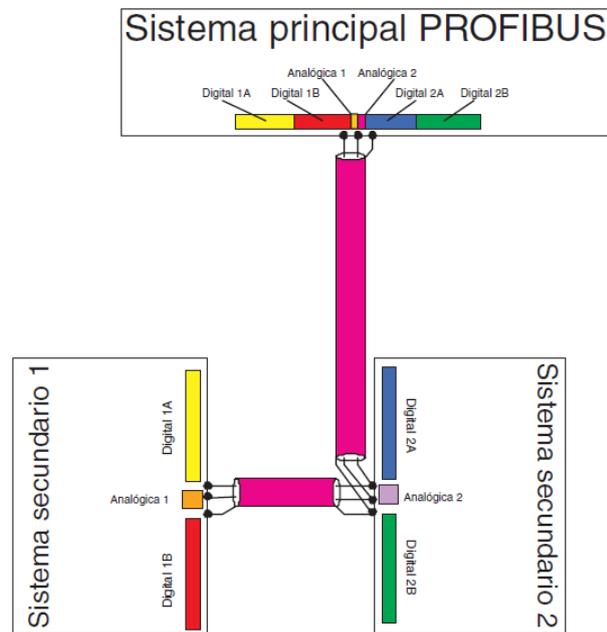


Fig. 2.5. Esquema de tendido de cable PROFIBUS DP[10].

Una red PROFIBUS, puede transmitir datos en dos modos distintos, un modo cíclico en donde los datos se envían en bloques predefinidos a intervalos de tiempo, es decir, una configuración similar al cableado mostrado en la ilustración 2.4 de este capítulo.

Por otra parte, PROFIBUS también puede transmitir datos de forma no cíclica y permite transmitir datos que solo es necesario modificar ocasionalmente cuando cambia el origen o el destino de la señal.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL PANEL DE ENTRENAMIENTO

Para el montaje del panel eléctrico se diseñó planos de montaje eléctricos realizados en el programa AutoCAD. Se explicará la selección de los componentes principales y secundarios, así como de los elementos de protección, y su colocación en las áreas internas y externas del panel de entrenamiento.

3.1 DISEÑO DEL PANEL PARA EL MONTAJE DE LOS COMPONENTES

Se diseñó el panel en base a dimensiones previamente utilizadas en otros paneles del laboratorio, las cuales son: 1.50 metros de alto por 75 cm de ancho y se añadieron ruedas que facilitan la movilidad del mismo. Para nuestro diseño se analizó los elementos que se requerirían utilizar dependiendo del nivel de acceso en la cara frontal del panel que se le quiera dar a las señales, digitales y analógicas del PLC. En el anexo 5 podremos encontrar los costos de implementación del proyecto de graduación en el cual se incluye los del panel de entrenamiento.

Se determinó por conveniencia colocar todos los elementos de control en la parte frontal sobre las tapas del panel, las que se dividieron en dos como se explica a continuación:

- La tapa superior contendrá la HMI, interruptores principales del panel, los voltímetros digitales y las señales analógicas de entrada y salida; en la siguiente figura se muestra la tapa superior y los elementos contemplados en la misma.

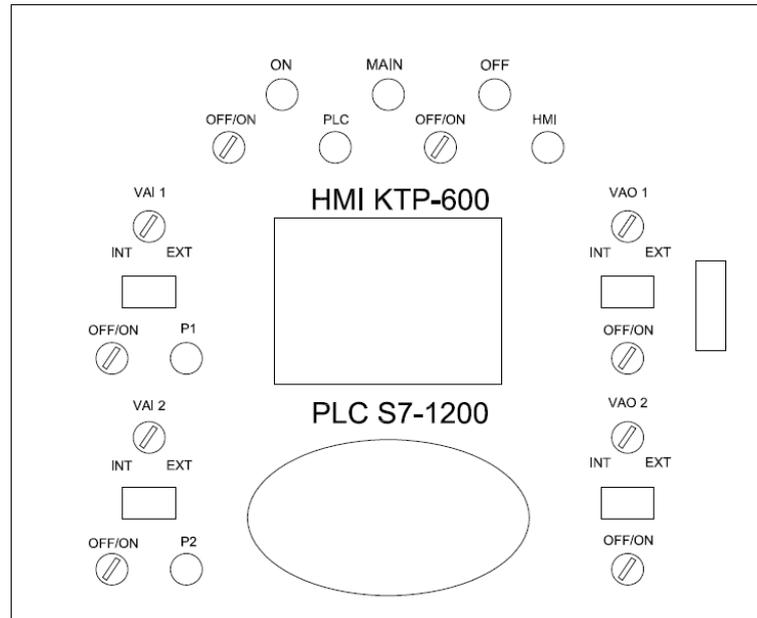


Fig. 3.1. Diseño de tapa superior del panel de entrenamiento

- En la tapa inferior se diseñó instalar selectores y borneras para todas las entradas digitales del PLC, cuatro puntos de alimentación de 24V DC mediante borneras para simular señales digitales externas, además las salidas digitales del PLC se mostrarán con luces piloto en las cuales actuarán dos contactos secos correspondientes a relés de salida acoplados a cada salida digital del PLC, y finalmente las borneras para señales analógicas de entrada y salida.

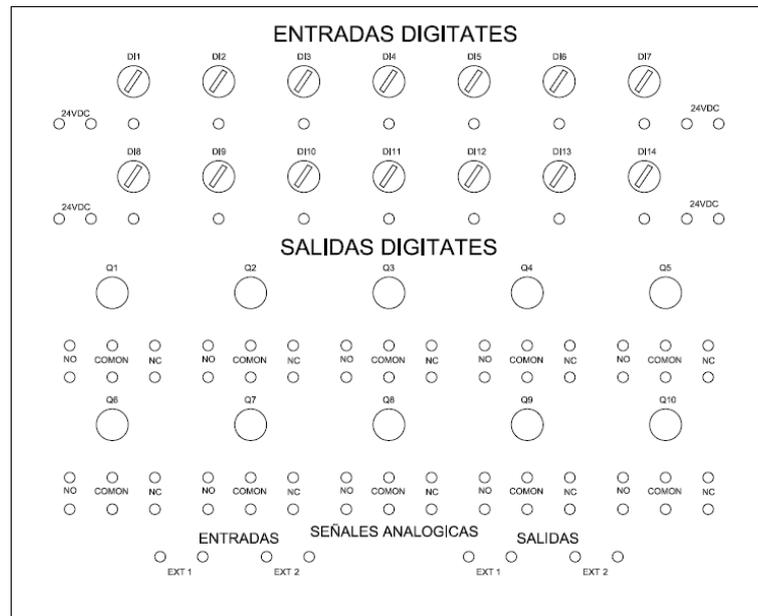


Fig. 3.2. Diseño de tapa inferior del panel de entrenamiento

Con los planos del panel se mandó a elaborar las puertas superior e inferior, y en la siguiente imagen se muestra como quedó el panel de entrenamiento previo al montaje de los equipos..



Fig. 3.3. Panel previo a su montaje.

En la parte interior del panel se colocó una plancha galvanizada que servirá de fondo falso sobre el que se colocarán los elementos internos del panel previamente especificados en el diseño, la cual se muestra en la siguiente figura.

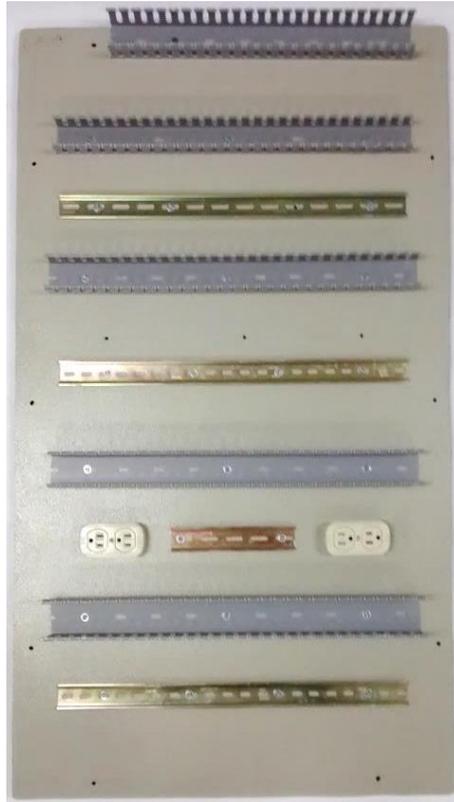


Fig. 3.4. Fondo falso en el interior del panel.

Se realizó el montaje de los elementos que contempla el panel de entrenamiento como se muestra en la siguiente figura siguiendo lo establecido en los planos de montaje.



Fig. 3.5. Montaje de los elementos y equipos.

Se procedió hacer el cableado interno de acuerdo a los planos eléctricos que se presentaron en el anexo 1.



Fig. 3.6. Cableado interno del panel de entrenamiento.

Finalmente se puede observar cómo quedó montado el panel de entrenamiento. En las siguientes imágenes se ve el montaje concluido

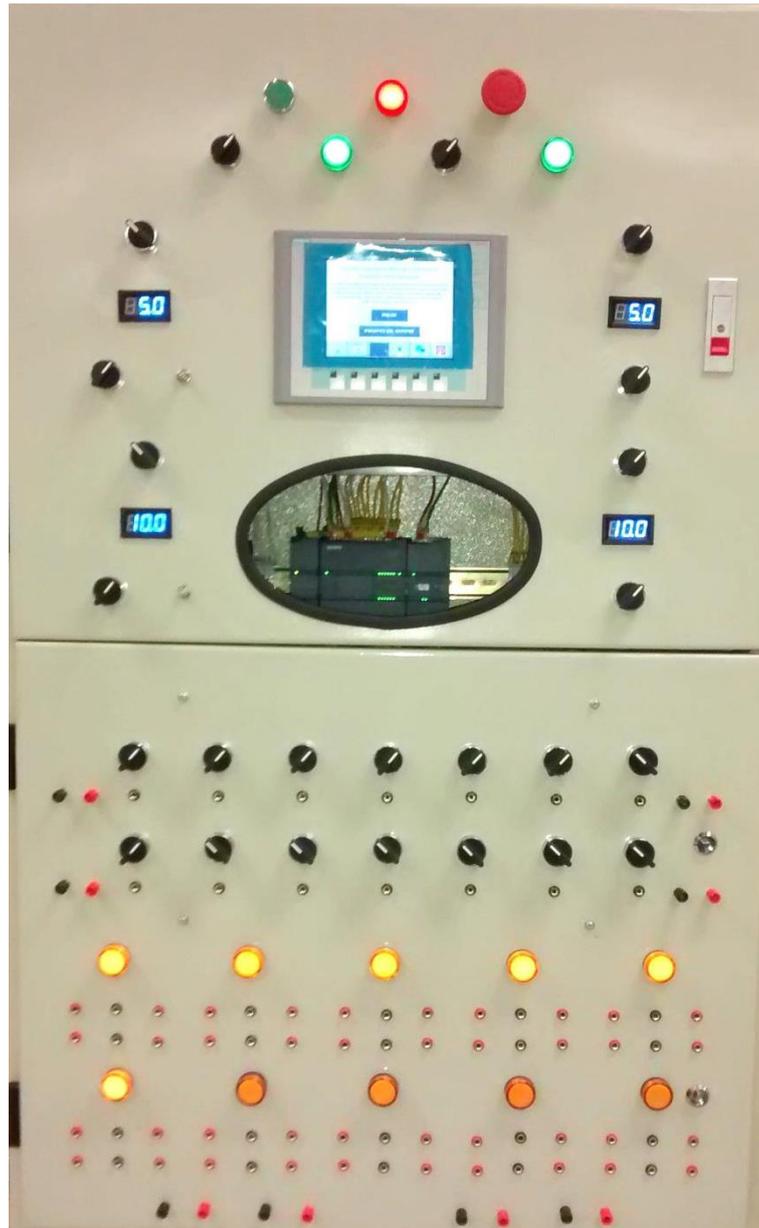


Fig. 3.7. Panel en Funcionamiento.

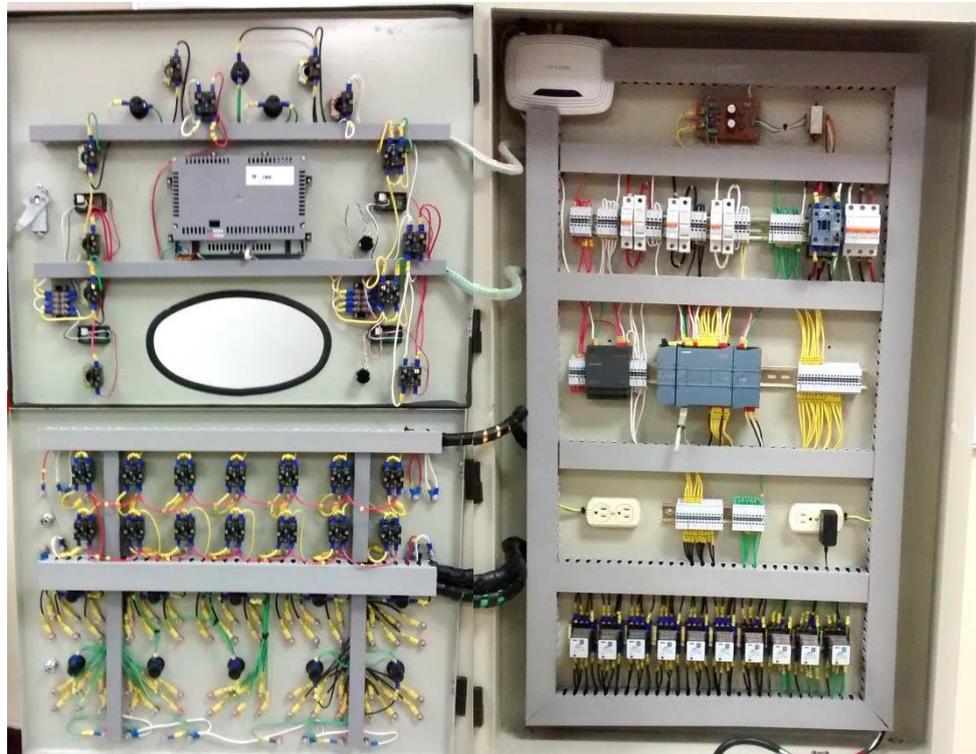


Fig. 3.8. Interior de Panel de entrenamiento.

3.2 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL PANEL

En la selección de los componentes del panel se tomó en cuenta qué elementos son los más propicios para que el estudiante pueda desarrollar de manera eficaz aplicaciones, para la automatización de cualquier proceso. Los más usados en nuestra industria son los de la marca SIEMENS por lo que se decidió trabajar con esta marca. También todos los elementos necesarios para que el panel trabaje bajo normas de seguridad eléctrica y de protección de nuestros elementos principales.

Los elementos requeridos para el sistema de comunicación entre los equipos de nuestro panel de entrenamiento y los externos del sistema de dosificación.

3.2.1 SELECCIÓN DE HMI Y PLC

En la selección de los componentes principales como la HMI y el PLC, lo que se revisó en los manuales del fabricante son las características y funcionalidades que nos permitirán el desarrollo de diferentes tipos de proyectos de automatización industrial.

3.2.1.1 SELECCIÓN DEL PLC

En la selección del PLC nos involucramos a buscar en la marca SIEMENS. Uno de los modelos que en la industria de hoy se está utilizando, en este caso es el S7-1200, puesto que modelos como el S7-200 están descontinuados. SIEMENS nos explica porque es robusto este modelo de PLC:

El PLC S7-1200 nos da la flexibilidad y potencia necesarias para controlar cualquier tipo de

dispositivos para los distintos sistemas de automatización. Gracias a su diseño compacto es el preciso para una gran variedad de aplicaciones [1].



Fig. 3.9. PLC y accesorios [1].

Dentro del modelo S7-1200 se debe escoger cuál de las CPU es conveniente para el uso en el panel de entrenamiento, se escogió la CPU 1214C, en este caso por su cantidad de entradas y salidas digitales.



Fig. 3.10. CPU 1214C [1].

3.2.1.2 SELECCIÓN DE LA HMI

En la selección de la HMI procedemos a escoger las que se acoplan directamente con el PLC S7-1200 en este caso son los SIMATIC HMI Basic Panels (primera generación)

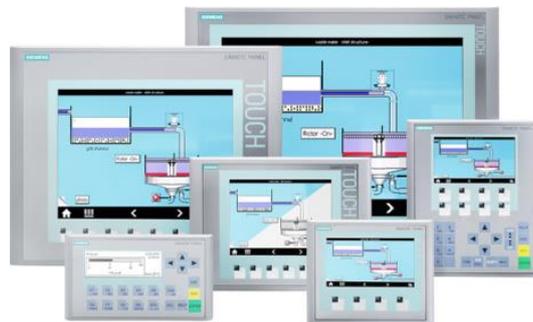


Fig. 3.11. Familia HMI Basic [1].

De estos los que se escogió entre tamaño de pantalla, memoria, cantidad de funcionalidades y costo moderado fue el modelo KTP-600 PN que utiliza comunicación PROFINET.



Fig. 3.12. HMI KTP-600 [3].

3.2.2 SELECCIÓN DE COMPONENTES DE PROTECCIÓN CON SU RESPECTIVO CÁLCULO.

En nuestros componentes de protección encontramos el breaker de la alimentación principal, breakers secundarios para cada ramal y fusibles de protección, que se podrán observar en los diagramas eléctricos en el anexo 1.

Para la selección del breaker y Contactor principal en base al amperaje total entre todos los dispositivos electrónicos alimentados en el interior del panel de entrenamiento se decidió adquirir los siguientes.

- Contactor principal, SIEMENS AC3, 230 V, 9A.
- Disyuntor principal, Schneider 3 polos, 20 A, 400 V.
- Disyuntor por cada ramal, Schneider 1 polo, 6 A, 230 V.

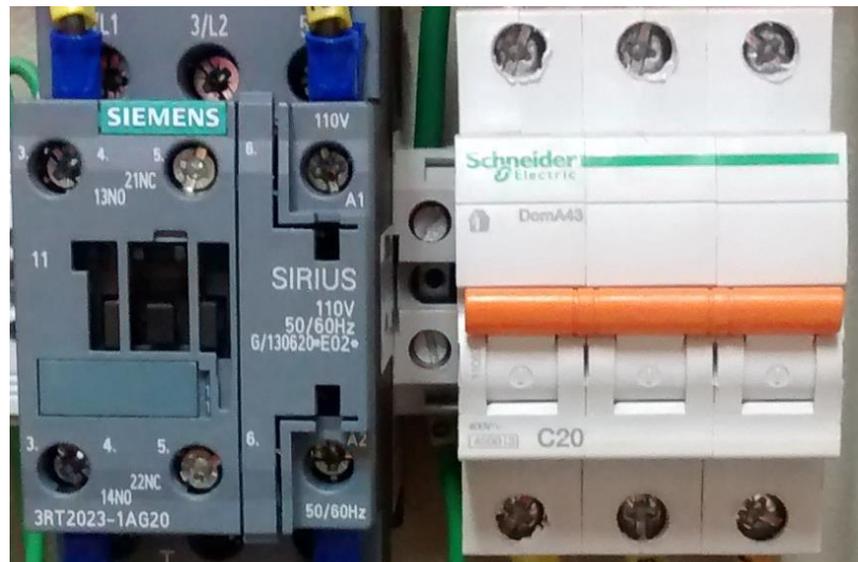


Fig. 3.13. Contactor y Breaker.

Se decidió dividir el circuito eléctrico en distintos ramales, cada uno con su respectivo disyuntor de 1 polo y fusible. Esto servirá para desenergizar ramales independientes sin afectar los demás para que en caso de haber fallos localizados, hacer más fácil su ubicación.



Fig. 3.14. Breakers y fusibles para fases.

3.2.3 SEÑALES DIGITALES, ANALÓGICAS Y SUS CONEXIONES EXTERNAS E INTERNAS DEL PLC HACIA EL PANEL DE ENTRENAMIENTO

Se determinó los elementos apropiados para el uso de las señales analógicas y digitales del PLC hacia el panel de entrenamiento, para el uso didáctico de los estudiantes.

Se prefirió selectores de dos estados mostrados en la siguiente figura para simular señales digitales de entrada al PLC. También tendremos la opción de contar con una entrada tipo bornera, que estará directamente conectada al PLC, esto si se requiere captar señales digitales externas.

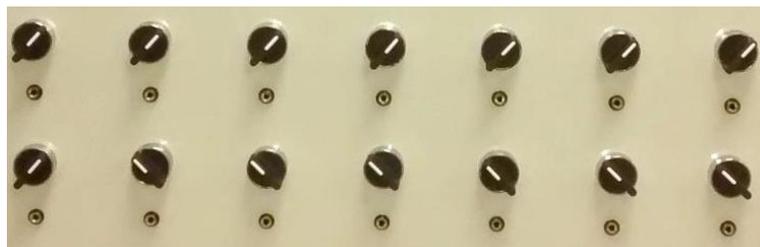


Fig. 3.15. Switch.

Para las salidas digitales del PLC se adquirió luces piloto, con el fin de poder visualizar cada una de ellas al momento de ser activadas como se muestra en la siguiente figura.

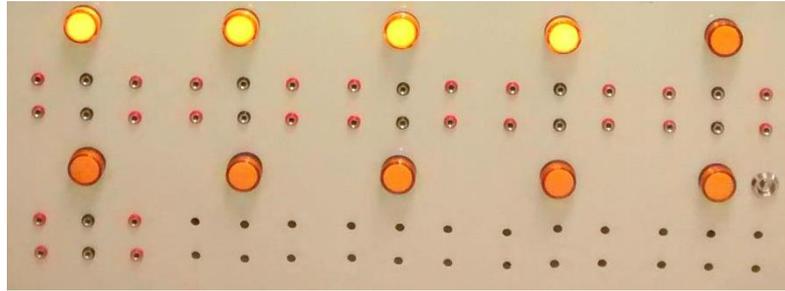


Fig. 3.16. Luces piloto.

Además de las luces piloto se activará un relé que proporcionará 2 salidas de para contactos mediante borneras, estas servirán para los respectivos actuadores en cualquier sistema de automatización en el que el panel de entrenamiento sea utilizado.



Fig. 3.17. Relés.

Las señales analógicas serán de uso importante, para esto se realizó el diseño de una fuente de voltaje de 0-10 VDC, la cual tiene el propósito de simular una entrada analógica de voltaje al PLC, está conformada de un transformador 120/9 V AC y

potenciómetros de precisión de manera que proporcione una salida de voltaje variable DC de 0 a 10V.

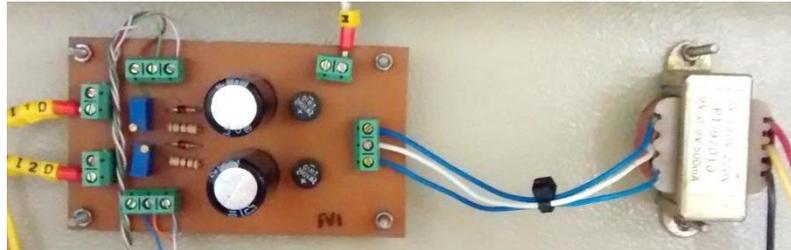


Fig. 3.18. Fuente de Voltaje,

Para poder tener acceso a las señales analógicas se tiene borneras en las cuales podemos conectar cualquier actuador. Para la visualización tanto de señales analógicas de salida como de entrada de voltaje se adquirieron los voltímetros digitales que se muestra en la figura a continuación.

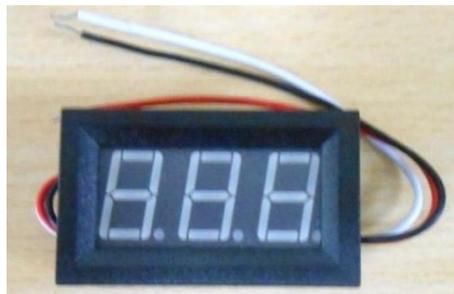


Fig. 3.19. Voltímetros digitales,

Se adquirió una fuente de 24VDC para energizar el módulo de comunicación PROFIBUS del PLC, el módulo de salidas analógicas y la pantalla KTP-600.

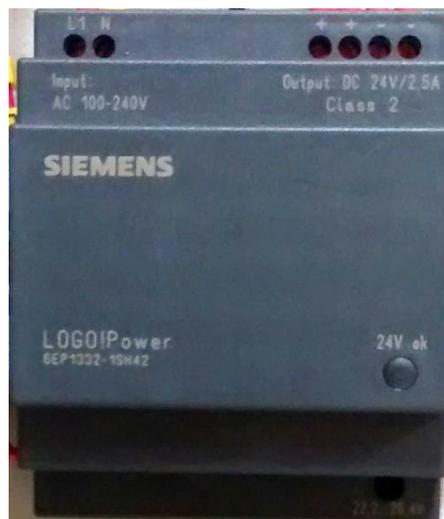


Fig. 3.20. Fuente 24VDC.

3.3 ELEMENTOS CONTEMPLADOS PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ENTRE LA HMI KTP-600, EL PLC S7-1200 Y EL UNIDRIVER SP, EN EL PANEL

Los elementos requeridos para la comunicación del panel de entrenamiento con cualquier otro equipo.

3.3.1 COMUNICACIÓN PROFINET

Para la comunicación PROFINET entre el S7-1200, la KTP-600 y la consola de programación (PC o laptop) se utilizará un router que trabajará como switch LAN, cuya respectiva configuración se muestra a continuación:



Fig. 3.21. Router TP-Link.

LAN	
MAC Address:	64-70-02-C0-25-B0
IP Address:	<input type="text" value="192.168.0.1"/>
Subnet Mask:	<input type="text" value="255.255.255.0"/>
<input type="button" value="Save"/>	

Fig. 3.22. Configuración ETHERNET del router.

3.3.2 MODULO DE COMUNICACIÓN PROFIBUS

Para que el PLC S7-1200 funcione como maestro DP dentro de un sistema de bus de campo PROFIBUS es necesario que le sea anexado o conectado un módulo de comunicación CM 1243-5.

Gracias al módulo maestro DP CM 1243-5, el S7-1200 permite la comunicación con los esclavos DP-V0/V1 siguientes:

- Periferia descentralizada SIMATIC ET200
- CPUs S7-1200 con CM 1242-5
- CPUs S7-200 con módulo DP PROFIBUS EM 277
- Convertidor de frecuencia SINAMICS
- Accionamientos y actuadores de diversos fabricantes
- Sensores de diversos fabricantes
- S7-300/400-CPU con interfaz PROFIBUS
- S7-300/400 con CP PROFIBUS (p. ej. CP 342-5)
- Estaciones PC SIMATIC con CP PROFIBUS

3.3.2.1 Formas de comunicación del CM 1243-5 entre DP-V1.

Se dispone de las siguientes formas de comunicación entre DP-V1:

- Comunicación cíclica:

El CM1243-5 soporta la comunicación cíclica para la transferencia de datos de proceso entre el esclavo DP y el maestro DP. La comunicación cíclica corre a cargo del sistema operativo de la CPU. No se necesitan instrucciones ni bloques de software. Los datos de E/S se leen o se escriben directamente en la imagen del proceso de la CPU.

- Comunicación no cíclica:

Para recibir alarmas de los esclavos DP existe la instrucción "RALRM". Para la transmisión de datos de configuración, diagnóstico o E/S se dispone de las instrucciones "RDREC" y "WRREC".

3.3.2.2 Prestaciones del módulo CM 1243-5

- Para la velocidad de transferencia en PROFIBUS se admiten valores CM de 9,6 Kbits/s a 12 Mbits/s.

- Número de esclavos DP operables en el maestro
DP: Máximo 16

3.3.2.3 Conexiones eléctricas del módulo PROFIBUS DP CM 1243-5

- Alimentación eléctrica:

El conector hembra de tres polos para la alimentación eléctrica externa de 24 V CC se encuentra en la parte superior del módulo.

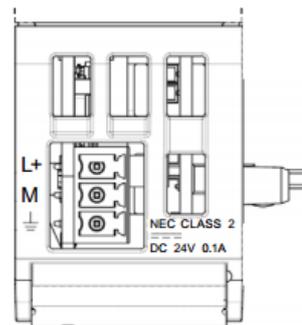


Fig. 3.23. Conector hembra para la fuente de alimentación externa de 24VDC [6]

Pin	Rotulación	Función
1	L+	+ 24 V DC
2	M	Masa de referencia para + 24 V DC
3	⏚	Conexión de Tierra

Tabla 1. Asignación de pines alimentación externa [6]

- Conector hembra Sub-D de 9 polos (PROFIBUS):

- La conexión PROFIBUS se encuentra detrás de la tapa inferior de la carcasa del módulo. La interfaz es un conector hembra Sub-D de 9 polos y funciona según la técnica de transferencia RS485.

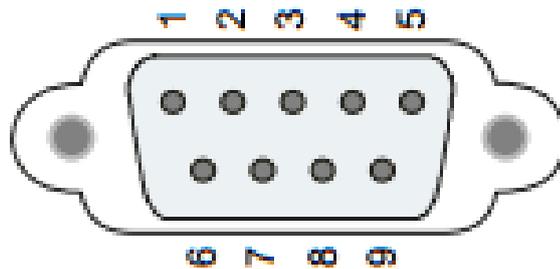


Fig. 3.24. Asignación de pines del conector hembra Sub-D [6]

Pin	Descripción
1	- No asignado -
2	- No asignado -
3	RxD/TxD-P. Conductor de datos B
4	CNTR-P: RTS
5	DGND: masa para señales de datos y VP
6	Vp: alimentación de tensión +5 V solo para resistencias de cierre de bus(terminación); no para la alimentación de aparatos externos
7	- No asignado -
8	RxD/TxD-N: Conductor de datos A
9	- No asignado -

carcaza	Conexión de tierra
----------------	--------------------

Tabla 2. Pines del conector PROFIBUS.

A continuación se muestra un ejemplo de configuración en las que se utiliza el CM 1243-5 como maestro DP.

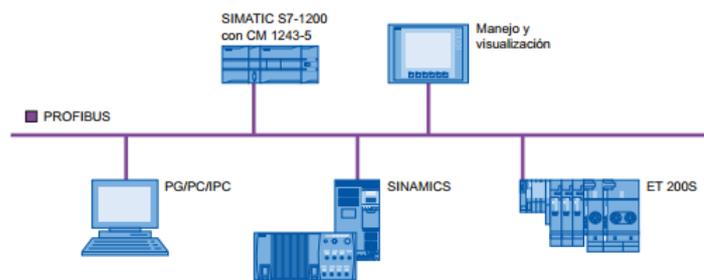


Fig. 3.25. Ejemplo de configuración con CM 1243-5 como maestro PROFIBUS [6]

CAPÍTULO 4

CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLC SIEMENS S7-1200

El presente capítulo abarca una resumida explicación del funcionamiento y las características físicas del S7-1200 incluyendo detalles de su módulo de comunicación PROFIBUS, lo cual en conjunto sirve como introducción al procedimiento para crear un proyecto en TIA PORTAL e iniciar a programar el PLC, además de la configuración del mismo para comunicarse con la HMI a través del protocolo ETHERNET y controlar el Unidrive SP como esclavo dentro de una red PROFIBUS.

4.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC SIEMENS S7-1200.

El PLC S7-1200 será el eje fundamental del presente proyecto, dentro del panel todas sus entradas y salidas analógicas como digitales estarán cableadas hasta sus respectivas borneras individuales en la cara frontal del panel lo que enfatiza el aspecto didáctico del proyecto. A través de la HMI, el PLC no solo puede mostrar al usuario u operador los valores de cierto proceso existente dentro de cualquier aplicación, pero el PLC puede recopilar modificaciones y datos ingresados por el operador de cualquier sistema implementado con el panel de entrenamiento. El PLC tiene la función principal de unificar y ser el controlador de todos los dispositivos en el panel o los ajenos a él que se decidan usar en alguna implementación diferente. La solución implementada y basada en el controlador SIMATIC S7-1200, diseñado dentro de la categoría de "compactos" de la gama de controladores de SIEMENS, se compone del controlador SIMATIC S7-1200 y los paneles SIMATIC HMI Basic, ambos programables con el software de configuración TIA PORTAL V12. La posibilidad de programar ambos dispositivos con el mismo software reduce significativamente los costos de desarrollo.

El controlador S7-1200 incluye un puerto de comunicación PROFINET, puertos de entradas y salidas digitales aptos para el control de

movimiento, entradas analógicas integradas para evitar la utilización de módulos de E/S adicionales, 2 módulos de impulsos para aplicaciones de ancho de impulso.

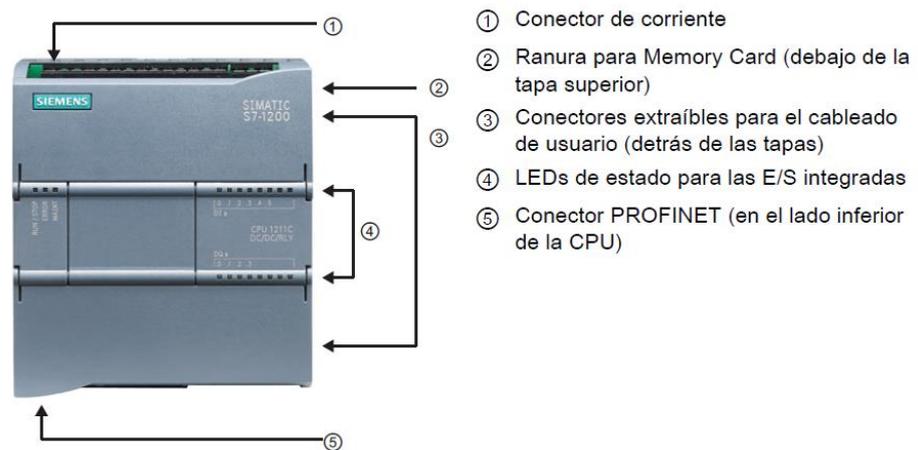


Fig. 4.1. PLC S7-1200 [2].

Dimensiones físicas (mm)	110x100x75
Memoria de usuario	Trabajo = 50 KB Carga = 2 MB Remanente = 2 KB
E/S Digitales	14 entradas/10 salidas
E/S Analógicas	2 entradas
Tamaño de la memoria imagen del proceso	Entradas (I): 1024 B Salidas (Q): 1024 B
Área de Marcas (M)	8192 B
Ampliación con módulo de señales (SM)	8
Módulo de comunicación (CM)	3
Contadores rápidos	Total = 6 Fase simple = 3 a 100KHz 3 a 30KHz Fase en cuadratura = 3 a 80KHz 3 a 20KHz
Generadores de impulsos	2
PROFINET	1 puerto de comunicación ETHERNET

Tabla 3, Especificaciones técnicas del PLC S7-1200, con CPU 1214C

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL PLC S7-1200.

4.2.1 CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS DEL PLC S7-1200.

Datos técnicos de las entradas y salidas digitales:

- Entradas digitales de 24V DC

Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal
Tensión continua admisible	30 V DC máx.

Tensión de choque	35 V DC durante 0,5 seg
Señal 1 lógica (mín)	15 V DC a 2,5 mA
Señal 0 lógica (máx)	5 V DC a 1 mA
Aislamiento (campo a lógica)	500 V AC durante 1 minuto
Longitud de cable	500 m apantallado, 300 m no apantallado

Tabla 4. Entradas digitales de 24V DC

- Frecuencias de entrada de reloj HSC (máx.):

Datos técnicos	Fase simple	Fase en cuadratura
CPU 1214C	100 KHz (de la .0 a la .5) 30KHz (de la .6 a la lb.5)	80 KHz (de la .0 a la .5) 20KHz (de la .6 a la lb.5)

Tabla 5, Entrada de reloj HSC:

- Entradas digitales 120/230 V AC.

Tipo	Tipo 1 IEC
Tensión nominal	120 V AC a 6 mA, 230 V AC a 9 mA
Tensión continua admisible	264 V AC
Señal 1 lógica (mín.)	79 V AC a 2,5 mA
Señal 0 lógica (máx.)	20 V AC a 1 mA
Corriente de fuga (máx.)	1 mA
Aislamiento (campo a lógica)	1500 V AC durante 1 minuto
Grupos de aislamiento	4
Tiempos de retardo a la entradas	Típ. 0,2 a 12,8 ms, seleccionable

	por el usuario
Conexión de detector de proximidad a 2 hilos (máx.)	1 mA
Número de entradas ON simultáneamente	8
Longitud del cable	Sin apantallar 300 metros Apantallado 500 metros

Tabla 6, Especificaciones Entradas digitales AC:

- Salidas digitales (DQ).

Tipo	Relé, contacto seco
Rango de tensión	De 5 a 30 V DC ó de 5 a 250 V AC
Intensidad (máx.)	2,0 A
Carga de lámparas	30 W DC / 200 W AC
Resistencia en estado ON	Máx. 0,2 Ω (si son nuevas)
Sobre corriente momentánea	7 A si están cerrados los Contactos
Protección contra sobrecargas	No
Aislamiento (campo a lógica)	Entre bobina y contacto: 1500 V AC durante 1 minuto Entre bobina y circuito lógico: Ninguno
Grupos de aislamiento	CPU 1214C: 2
Resistencia de aislamiento	100 M Ω mín. si son nuevas
Aislamiento entre contactos abiertos	750 V AC durante 1 minuto

Frecuencia máxima de conmutación de relé	1 Hz
Retardo de conmutación	10 ms máx.
Longitud de cable (metros)	500 m apantallado, 150 m no apantallado

Tabla 7, Especificaciones Salidas Digitales:

- SM 1232 con salida analógica (AQ)

Referencia (MLFB)	6ES7 232-4HB30-0XB0
Número y tipo de salidas	2 salidas (AQ)
Disipación de potencia	1,5 W
Consumo de corriente (bus SM)	80 mA
Consumo de corriente (24 V DC)	45 mA (sin carga)

Tabla 8, Especificaciones técnicas del Módulo de salidas analógicas SM1232:

- Datos técnicos de entradas analógicas

Tipo	Tensión (asimétrica)
Rango	De 0 a 10 V
Resolución	10 bits
Rango total (palabra de datos)	De 0 a 27648
Precisión (25 °C / de 0 a 55 °C)	3,0% / 3,5% de rango Máximo
Rango de sobreimpulso/subimpulso (palabra de datos)	Tensión: De 27.649 a 32.511

Tensión/intensidad soportada Máxima	35 V DC (tensión)
Filtrado	Ninguno, débil, medio o Fuerte
Supresión de ruido	10, 50 o 60 Hz
Rechazo en modo común	40 dB, DC a 60 Hz
Rango de señales de servicio (señal y tensión en modo común)	Inferior a +12 V y superior a -12 V
Impedancia de carga	Diferencial: $\geq 100\text{ K}\Omega$
Aislamiento (campo a lógica)	Ninguno
Longitud de cable (metros)	100 m, par trenzado apantallado

Tabla 9, Especificaciones de entradas analógicas del S7-1200:

4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS BORNERAS DE CONTROL.

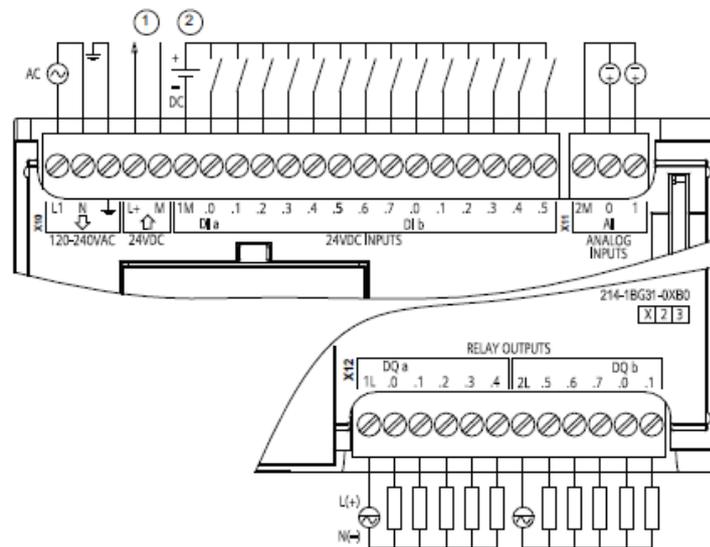


Fig. 4.2. Descripción de Borneras del S7-1200 [2].

1. Alimentación de sensores 24 V. para una inmunidad a interferencia adicional, conecte “M” a masa incluso si no se utiliza la alimentación de sensores.

2. Para entradas en sumidero, conecte “-“a “M” como se indica.
Para entradas en fuente conecte “+” a “M”.

Pin	X10	X11	X12
1	L1/120-240 V AC	2 M	1L
2	N/120-240 V AC	AI 0	DQ a.0
3	Tierra funcional	AI 1	DQ a.1
4	Salida sensor L+/24 V DC		DQ a.2
5	Salida sensor M/24 V DC		DQ a.3
6	1M		DQ a.4
7	DI a.0		2L
8	DI a.1		DQ a.5
9	DI a.2		DQ a.6
10	DI a.3		DQ a.7
11	DI a.4		DQ b.0
12	DI a.5		DQ b.1
13	DI a.6		
14	DI a.7		
15	DI b.0		

16	DI b.1		
17	DI b.2		
18	DI b.3		
19	DI b.4		
20	DI b.5		

Tabla 10, Funcionalidad de borneras de control del S7-1200:

4.3 CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200 USANDO EL SOFTWARE TIA PORTAL

A continuación se dan los pasos para crear un nuevo proyecto para programar el S7-1200 utilizando TIA PORTAL versión 12. Además se dan las pautas para implementar redes de comunicación ETHERNET y PROFIBUS dentro del proyecto y como configurar la comunicación entre todos los dispositivos, siendo el PLC el controlador maestro.

4.3.1 CONFIGURACIÓN DE UN PROYECTO EN EL SOFTWARE TIA PORTAL.

Para propósitos de la aplicación demostrativa a implementarse utilizando el panel de entrenamiento, el PLC cumplirá la función de controlador de los servomotores AC mediante sus respectivos drives de potencia. Cada Unidrive SP cuenta con sus respectivas borneras de control, a través de las cuales

puede recibir comandos de marcha, parada, sentido de giro y 2 entradas analógicas de voltaje para control de velocidad. Esto ofrece una posibilidad de control del drive limitada teniendo en cuenta la cantidad de distintos parámetros que ofrece el drive para la operación de un servomotor AC, por lo cual se consideró la opción de utilizar la tarjeta de expansión para comunicación PROFIBUS DP del Unidrive SP y realizar la comunicación de este con el módulo de expansión CM 1243-5 del S7-1200, el cual operará como maestro de red PROFIBUS.

La configuración del módulo CM 1243-5 DP y el S7-1200 como maestro se realiza en el software TIA PORTAL. Es posible configurar un máximo de 3 módulos CM por estación, de los cuales máximo habrá un maestro y los restantes funcionarán como esclavos. Para realizar la configuración proceda del siguiente modo:

Crear un proyecto nuevo en TIA PORTAL

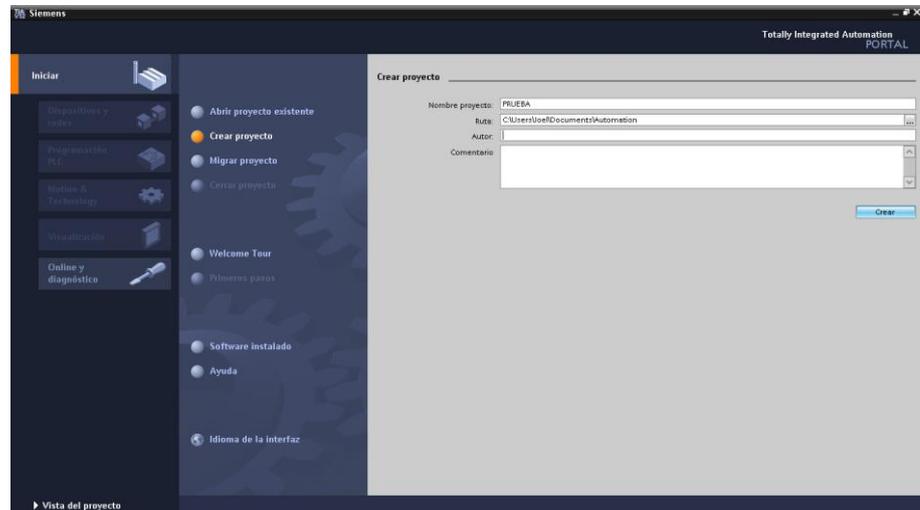


Fig. 4.3. Pantalla para crear nuevo proyecto

En la siguiente ventana seleccionar la opción configurar un dispositivo



Fig. 4.4. Pantalla Primeros pasos del nuevo proyecto

En la opción “agregar dispositivo”, se da la posibilidad de agregar al nuevo proyecto el hardware a utilizar, se puede escoger entre el modelo del PLC y la respectiva CPU en la lista

que se muestra al hacer clic en la opción “controlador”, y el tipo de pantalla que se utilizará en conjunto al hacer clic en “HMI”. Una vez que haya sido seleccionado el hardware a programar, se debe hacer clic en el botón de “agregar” en la esquina inferior derecha. Observe que la opción "Abrir la vista de dispositivos" está seleccionada. Al hacer clic en "Agregar" con esta opción seleccionada se abre la "Configuración de dispositivos" de la vista del proyecto, caso contrario continuará en la vista del portal donde podrá seguir añadiendo más dispositivos al proyecto.

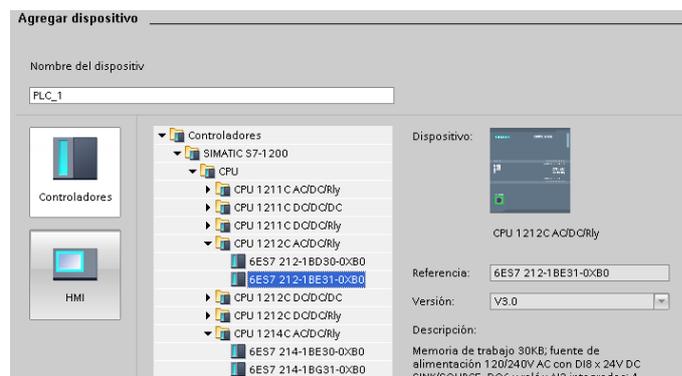


Fig. 4.5. Agregar dispositivo al nuevo proyecto

Al mostrarse la vista general de dispositivos, también es posible seguir configurando con la CPU el resto del hardware a ser utilizado en el proyecto.

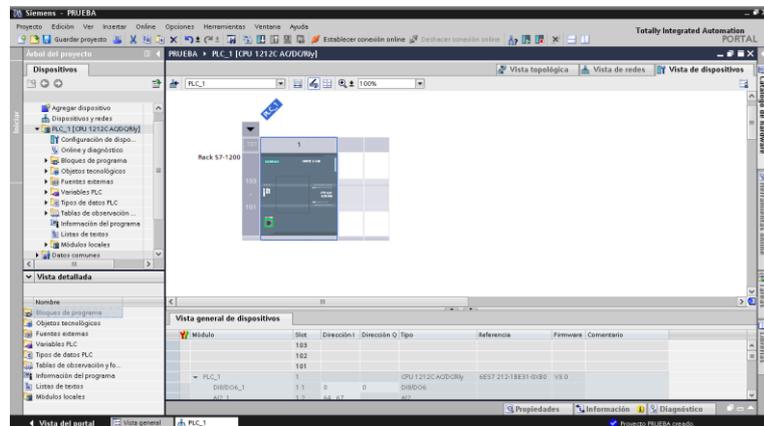


Fig. 4.6. Vista del proyecto en TIA PORTAL

En la parte izquierda en el panel del árbol de proyecto, tenemos presente la opción “agregar dispositivo”, de la cual nos podemos valer para agregar es modelo de HMI que utilizaremos. Hacemos doble clic en esta opción y se vuelve a desplegar la pantalla “Agregar dispositivo”. Dentro del menú “HMI” seleccionamos, para nuestro caso, la KTP 600 Basic color PN. Hay que tener en cuenta que en la esquina inferior izquierda se encuentra habilitada la casilla “iniciar asistente de dispositivos”, si presionamos el botón Aceptar de esta manera, se iniciará el menú de configuración inicial de la HMI, caso contrario, se agregará el dispositivo y se retornará a la vista general de dispositivos.

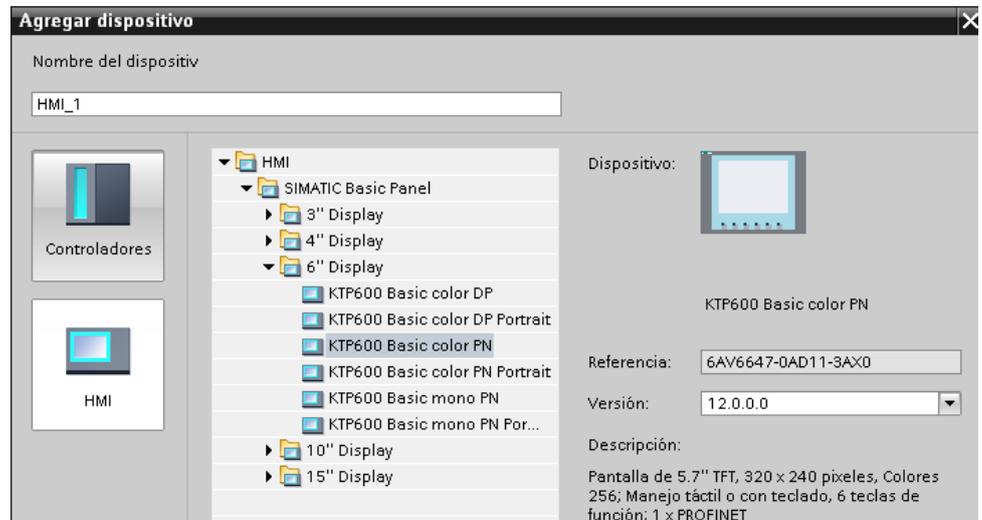


Fig. 4.7. Agregar pantalla

Si cambiamos a la vista de redes, podemos apreciar un esquema de las conexiones o comunicaciones entre los dispositivos. Para agregar más dispositivos, en el panel lateral derecho tenemos el catálogo de hardware, donde podremos seguir añadiendo más equipos al proyecto como por ejemplo, dispositivos de red ETHERNET, arrancadores y drives para motores. Por defecto, el catálogo de hardware del TIA PORTAL incluye dispositivos de la marca SIEMENS, por lo que si se planea trabajar con dispositivos de otra marca, como en el caso de nuestro proyecto con los UNIDRIVE SP de Emerson, es necesario descargar los archivos .GSD de la página web del fabricante.



Fig. 4.8. Pantalla Dispositivos y Redes

Un archivo GSD (General Station Description), que es proporcionado por el fabricante, contiene una descripción del dispositivo PROFIBUS DP. Los archivos con la extensión .GSD proveen de una vía abierta a herramientas de configuración, para automáticamente, obtener las características de un dispositivo. El .GSD del UNIDRIVE SP se puede descargar como un archivo comprimido en el link:

<http://www.controltechniques.com/CTDownloads/SharePoint/Download.aspx?SiteId=15&ProductId=43>

El archivo debe descomprimirse en una carpeta con ubicación conocida.

Una vez que se haya descargado y descomprimido el GSD del UNIDRIVE SP, se debe proceder a cargar el archivo del dispositivo en el software TIA PORTAL entrando al menú “Opciones” y luego hacer clic en el submenú “Instalar archivo de descripción de dispositivo”.

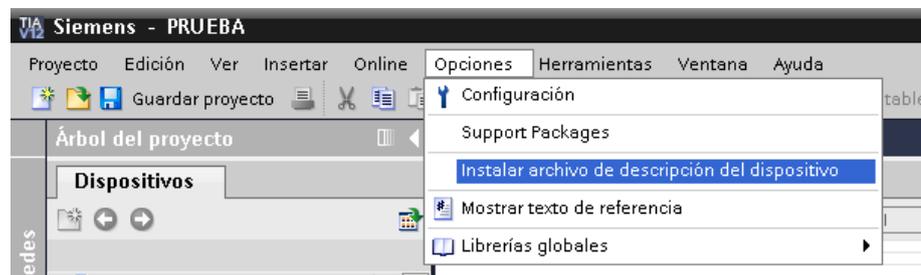


Fig. 4.9. Barra de menús de TIA PORTAL

Ya dentro del submenú, se presenta la opción “Ruta de origen”, en la cual debemos ingresar la ruta de la carpeta donde se encuentra descomprimido el archivo anteriormente descargado. Una vez escogida la carpeta, presionamos aceptar y se cargará una lista de archivos de descripción de varios dispositivos, entre los cuales debemos seleccionar la casilla de aquel que esté nombrado como “sp__0672.gsd”, el cual contiene el modelo PROFIBUS DP de la configuración de los UNIDRIVE SP con su respectiva tarjeta de comunicación PROFIBUS.



Fig. 4.10. Ruta de archivo descargado

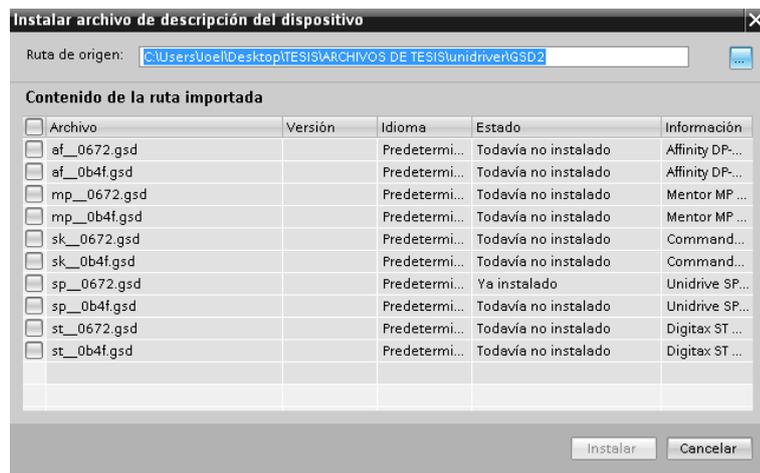


Fig. 4.11. Instalar archivo GSD

Hacemos clic en “Instalar”, luego en “S”,



Fig. 4.12. Instalando archivo GSD en librerías

Y una vez finalizada la instalación, hacemos clic en cerrar para que se actualice el catálogo de hardware.



Fig. 4.13. Instalación archivo finalizada

Una vez instalados los archivos GSD del UNIDRIVE SP, volvemos a la vista de redes y agregamos los drives al proyecto en el catálogo de hardware que se encuentra en el panel derecho de la ventana. Nos dirigimos al submenú: Otros dispositivos de campo – PROFIBUS DP – Accionamientos – Control Techniques – Unidrive SP – Unidrive SP (DP-V1) - Unidrive SP (DP-V1), y hacer doble clic para agregar el dispositivo en la vista de redes y quedará listo para configurar.



Fig. 4.14. Vista de Redes

Una vez tengamos los dispositivos mostrándose en la vista de redes, es necesario configurarlas propiedades PROFINET y PROFIBUS del PLC. Dado que el S7-1200 de fábrica posee un puerto ETHERNET, sólo habrá que configurar la dirección IP del dispositivo dentro de la red LAN para comunicarse con el PC y la HMI. Por el otro lado, es necesario añadir el módulo de comunicaciones CM 1243-5. Para esto, desde la vista de redes se debe hacer doble clic al PLC para entrar a la lista de dispositivos, nuevamente desde el catálogo de hardware escoger el módulo respectivo en el submenú: Módulos de comunicación – PROFIBUS – CM 1243-5 – 6GK7 243-5DX30-0XE0.

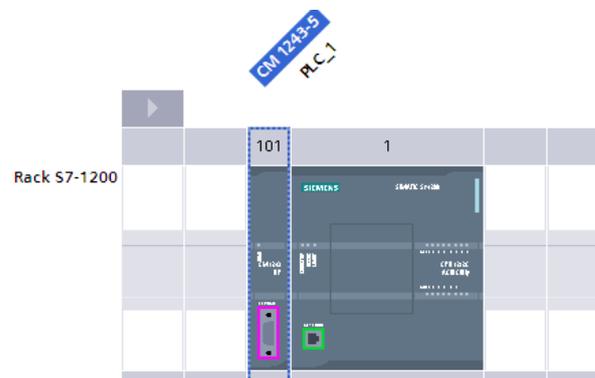


Fig. 4.15. S7-1200 junto con CM1243-5

Para configurar las comunicaciones, desde la vista de dispositivos, hacer doble clic sobre el PLC, en Propiedades bajo

la pestaña “General”, dentro del menú “Interfaz PROFINET” y del submenú “Direcciones ETHERNET”, primero agregar una subred en caso de no existir una, luego ajustar la dirección IP del proyecto como 192.168.0.2 (IP del PLC), máscara de subred como 255.255.255.0, marcar la casilla “Utilizar router” y anotar como dirección del router 192.168.0.1

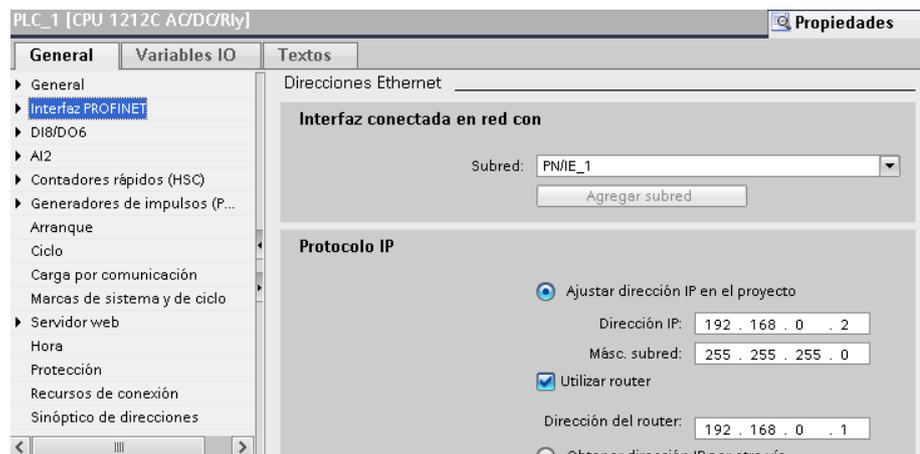


Fig. 4.16. Configuración de PROFINET

Desde la vista de dispositivos, hacer doble clic en el módulo de comunicación PROFIBUS, y nuevamente desde las propiedades en la pestaña “General”, en el menú “Interfaz DP”, agregar una subred desde el submenú “Dirección PROFIBUS” y cambiar en “Parámetros” la dirección PROFIBUS del PLC a “1”. Asegurarse que el modo de operación sea “Maestro DP”.



Fig. 4.17. Dirección PROFIBUS

Desde la vista de redes, conectar manualmente la HMI a la subred PROFINET de color verde, y los UNIDRIVE SP como esclavos a la subred PROFIBUS de color lila.

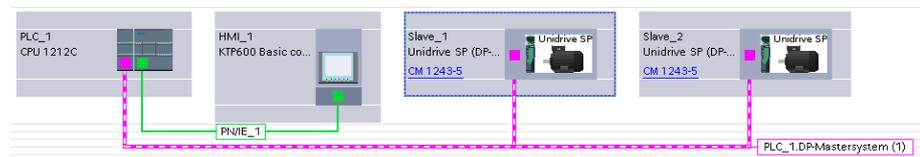


Fig. 4.18. Redes PROFINET y PROFIBUS establecidas

Hacer doble clic a la HMI para entrar a la vista de dispositivos y nuevamente para entrar a la pestaña “General” de las propiedades. Dentro del menú “Interfaz PROFINET [X1]”, en el submenú “Direcciones ETHERNET”, asegurarse que la HMI pertenece a la subred antes creada y luego ajustar el protocolo IP de la pantalla, de la siguiente manera, IP: 192.168.0.3;

máscara Subred: 255.255.255.0 y dirección del router:
192.168.0.1



Fig. 4.19. Configuración de IP de la HMI

Entrar a la vista de dispositivos para uno de los UNIDRIVE SP y asegurarse en Propiedades, pestaña “General”, submenú “dirección PROFIBUS”, que el drive está enlazado a la respectiva red PROFIBUS y que su dirección es diferente a la del módulo PROFIBUS del S7-1200 y diferente a la del otro drive conectado a la subred. Luego en el catálogo de hardware del lado derecho, seleccionar la cantidad de palabras de datos asignadas dentro del drive a cada canal de comunicación tanto de salida o de entrada. Esto depende de la parametrización que se le haya dado al respectivo UNIDRIVE SP y el tipo de comunicación previamente escogido (datos cíclicos o no

cíclicos), para poder intercambiar información de los parámetros de operación de los servomotores AC con el S7-1200.

Para esta aplicación se utilizarán 16 palabras de datos cíclicas de entrada (16 IN Words), 16 palabras de datos cíclicas de salida (16 OUT Words) y 4 palabras de datos no cíclicas del tipo PPO4 (PPO4 Word – Consistency). Configurar la dirección PROFIBUS y asignación de palabras de datos en el drive restante.

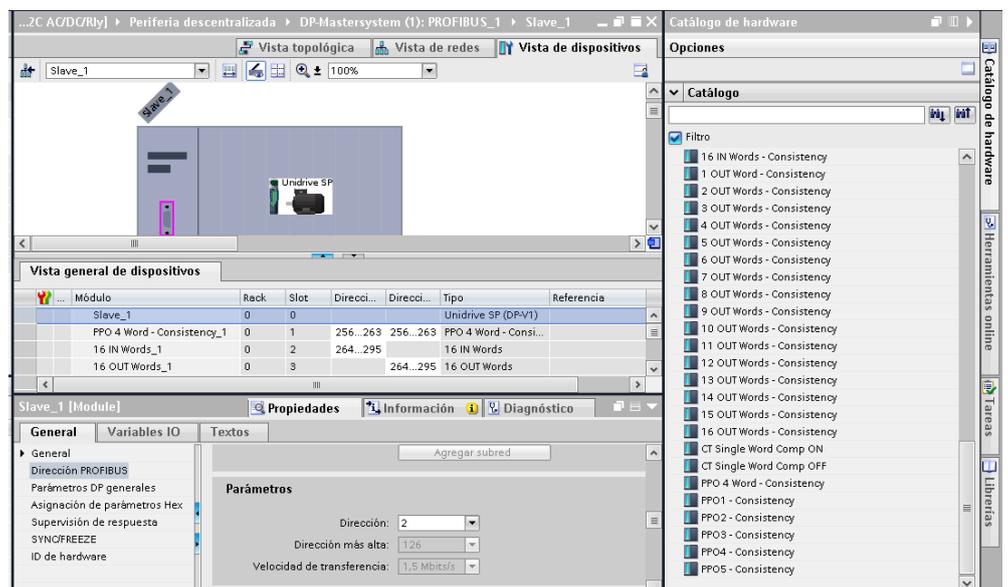


Fig. 4.20. Selección palabras de datos PROFIBUS

Una vez configurados todos los dispositivos es necesario compilar, yendo al árbol de proyectos y dentro del menú “Dispositivos”, hacer clic derecho sobre el PLC, ir al menú “Compilar” y submenú “Software (compilar todos los bloques)”.

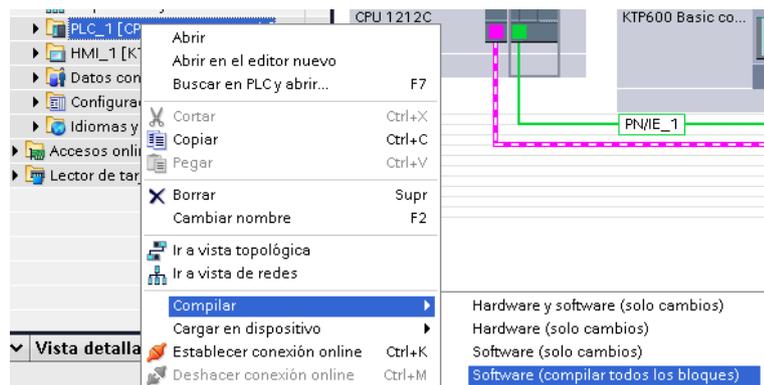


Fig. 4.21. Compilando Proyecto

Una vez compilado y comprobado que no existen errores, se debe comprobar que los dispositivos en la red PROFINET, son accesibles desde el PC, a través del router. Para esto en el menú “Online” de la barra superior, hacer clic en “dispositivos accesibles”. Este paso solo comprobará que las direcciones IP del router, PLC y HMI están correctamente ingresadas y que no hay conflicto entre ellas.

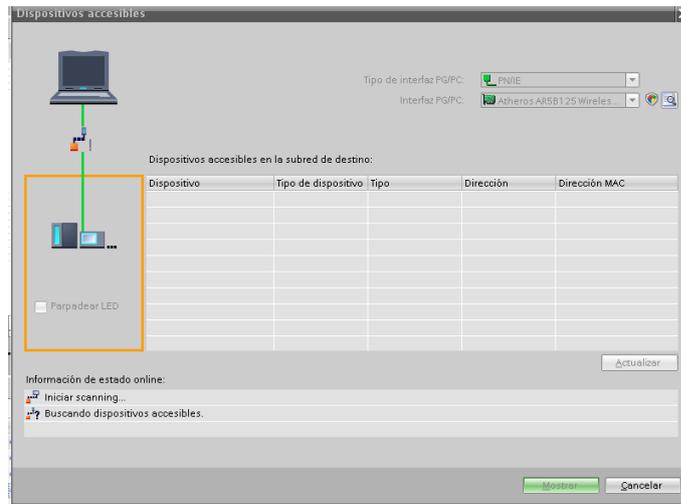


Fig. 4.22. Búsqueda de dispositivos online en la red PROFINET

El paso final consiste en cargar la configuración y las especificaciones de los dispositivos de la red PROFIBUS y PROFINET, creada en TIA PORTAL, a la CPU del S7-1200. Esto se hace desde el árbol del proyecto en el panel izquierdo del área de trabajo, haciendo clic derecho sobre el PLC y dentro del submenú “Cargar en dispositivo” escoger la opción “Hardware y software”.

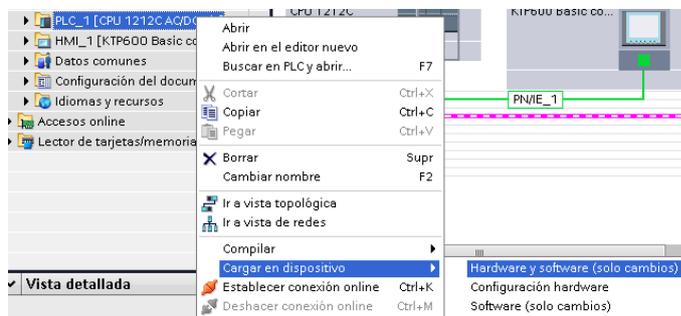


Fig. 4.23. Cargando Hardware

4.3.2 PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200 PARA EL USO DEL PANEL DE ENTRENAMIENTO.

El PLC S7-1200 en sus 3 presentaciones de CPUs viene con puertos de entradas y salidas digitales y 2 entradas analógicas integradas. En el caso de la CPU 1214C, presente en el panel de entrenamiento, esta cuenta con 14 entradas digitales y 10 salidas digitales integradas. Adicionalmente, los PLC S7-1200 poseen la capacidad de expansión mediante módulos de señales, estos ofrecen la posibilidad de incrementar el número de entradas o salidas ya sean digitales, o entradas y salidas analógicas, como por ejemplo el módulo SM1232 AQ a utilizarse, que posee 2 salidas analógicas de 14 bits y se puede usar como salida de voltaje o corriente.

El panel de entrenamiento a implementar en este proyecto proveerá de un acceso físico a las entradas y salidas digitales del PLC, en forma de switches y borneras, mientras que, las entradas analógicas, estarán presentes como una señal de voltaje variable con un potenciómetro, o una señal externa a través de borneras.

Para controlar las entradas y salidas del PLC en el panel, es necesario programar en el software TIA PORTAL la respectiva instrucción para que esto se lleve a cabo. Si se desea utilizar una de las entradas en el panel para activar, por ejemplo, una de las salidas digitales del PLC que están cableadas al panel de entrenamiento, debemos dentro del bloque "Main [OB1]" de un proyecto en TIA PORTAL, poner un contacto normalmente abierto (o cerrado) en serie con el símbolo de una bobina, luego hay que direccionar el contacto y la bobina como muestra la figura para darle funcionalidad al programa.

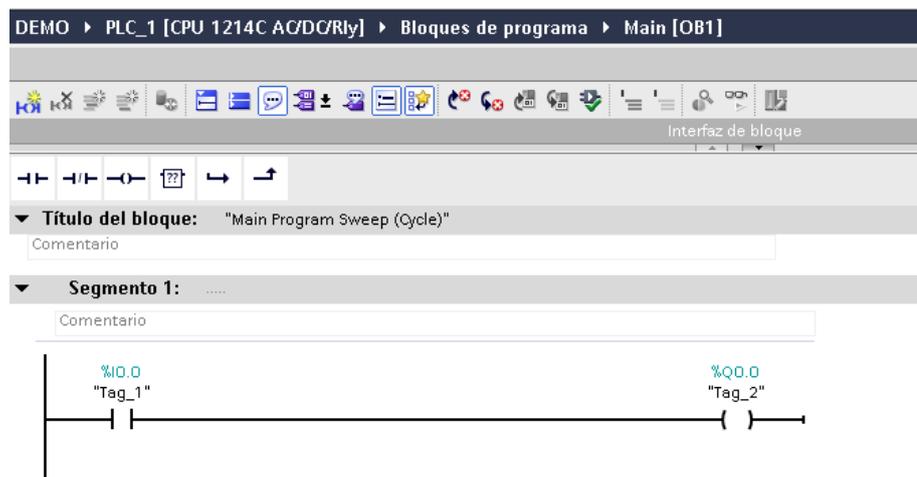


Fig. 4.24. Bloque Main del programa del PLC

El programa mostrado, activa la primera salida digital del PLC al momento que la primera entrada es activada, ya sea por el

switch en el panel o una señal positiva de voltaje en las correspondientes borneras.

Los PLC Siemens, por lo general direccionan sus áreas de memoria designadas para entradas o salidas en forma de byte. Para un S7-1200 con una CPU 1214C, las 14 entradas digitales estarán direccionadas las 8 primeras desde el %I0.0 hasta la %I0.7, las 6 restantes siguen desde la %I1.0 hasta la %I1.5. El mismo direccionamiento se le da a las salidas digitales, para una CPU 1214C van desde la %Q0.0 hasta la %Q0.7 y las 2 restantes corresponden a la %Q1.0 y la %Q1.1 .

Para utilizar las entradas y salidas analógicas primero debe buscarse la dirección en la memoria del PLC que se les ha asignado. Para esto, dentro del TIA PORTAL en la ventana “Vista de dispositivos” hacemos doble clic sobre el PLC y dentro de la pestaña “General” en el submenú AI2 – Entradas Analógicas, se encuentran los dos canales de salida disponibles que están integrados en el S7-1200.

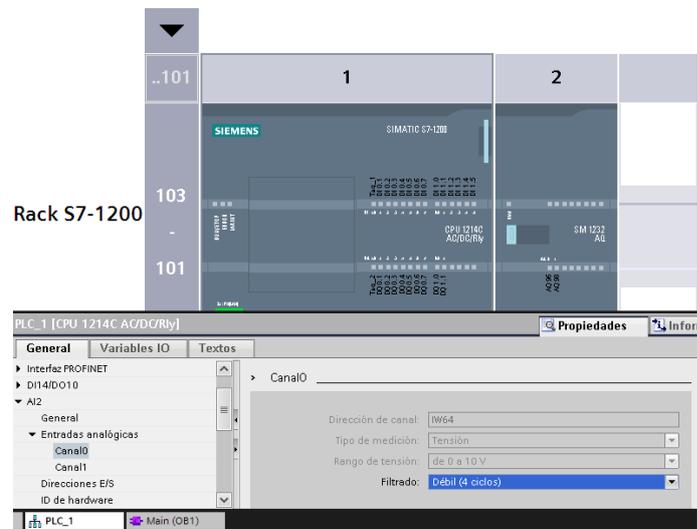


Fig. 4.25. Canales de entradas analógicas del PLC

Se puede notar que para la primera entrada analógica, se asigna al canal cero y la dirección de memoria %IW64. El canal uno, está asignado a la dirección %IW66. El proceso para direccionar las salidas analógicas que se obtienen acoplando los módulos de señal al PLC es similar.

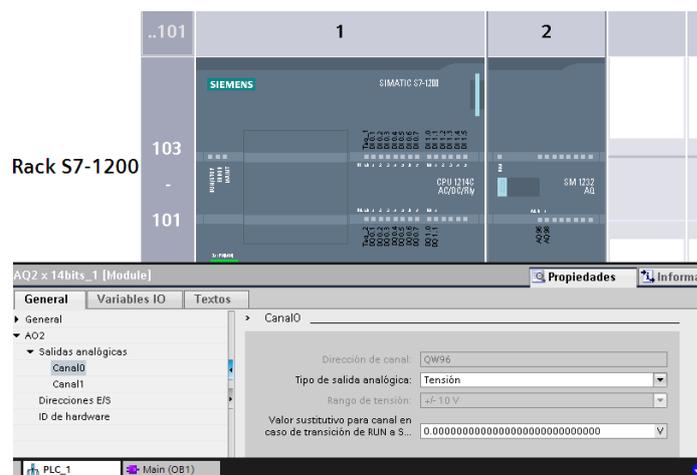


Fig. 4.26. Propiedades canales de entradas analógicas del PLC

Siguiendo las instrucciones anteriores, se puede evidenciar que para el módulo de señales, con 2 salidas analógicas, se asignaron las direcciones %QW96 y %QW98 para el primer y segundo canal analógico de salida respectivamente. Se nota que en la pestaña “General” en el submenú AO2 – Salidas analógicas, se puede configurar si el canal será usado como salida de voltaje (0-10 VDC) o de corriente (0-20 mA, 4-20 mA).

Para implementar las salidas o entradas analógicas se acostumbra primero que estas sean normalizadas y luego escaladas, lo cual se mostrará con el siguiente ejemplo en TIA PORTAL con los bloques “NORM_X” y “SCALE_X”:

En el árbol de proyectos, dentro de la carpeta de variables del proyecto, designamos las direcciones y respectivos nombres a las variables que se usarán en los 2 bloques antes mencionados.

Creamos primero la variable ANALOG1 y la declaramos como una variable del tipo Int y la direccionamos igual que el canal cero de las entradas analógicas del S7-1200, es decir, con

%IW64. Creamos otra variable llamada NORM1 del tipo Real y la direccionamos a la memoria %MD20, las variable del tipo Real por lo general se asignan a espacios Double de memoria, también necesitamos otra variable de tipo Real, direccionada en %MD24 con nombre SCALE1

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1	Tag_1	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Tag_2	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	NORM1	Real	%MD20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	SCALE1	Real	%MD24	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	ANALOG1	Int	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	~Agregar~			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Fig. 4.27. Tabla de variables del programa del PLC

Luego en el bloque Main hacemos uso de los bloques NORM_X y SCALE_X

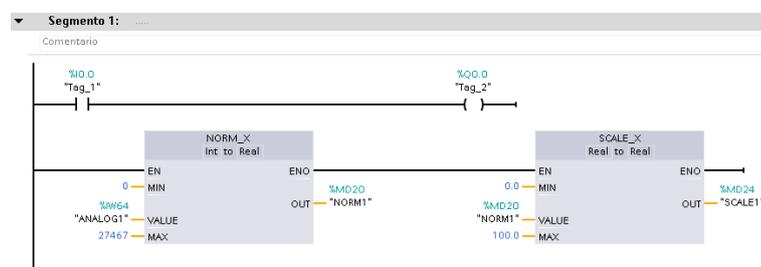


Fig. 4.28. Bloques NORM_X y SCALE_X

Las entradas del bloque de normalización consisten en la dirección de memoria de la entrada analógica como VALUE, 0 en MIN y 27467 en MAX que en realidad es una aproximación del valor máximo que podremos leer desde la entrada analógica, esto depende de factores como la cantidad de voltaje o corriente máxima que obtengamos de la lectura en ese puerto, por lo que este valor se puede cambiar según sea el caso. La salida del bloque para normalizar será un valor entre 0 y 1, y es esta misma variable que será la entrada VALUE del bloque para escalar. Para escalar una variable necesitamos también establecer los límites mínimos y máximos que representan los valores extremos que tendrá la variable de proceso que estamos obteniendo como una entrada de voltaje o corriente, esta variable de proceso puede ser temperatura, altura, peso, etc.

4.3.3 PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200 PARA EL CONTROL DEL UNIDRIVE SP MEDIANTE PROFIBUS.

El Unidrive SP ofrece la posibilidad de tener control sobre el motor dando acceso a todos sus parámetros de forma individual, por ejemplo los valores de velocidad, voltaje, corriente activa, frecuencia, posición del eje, número de

revoluciones. Todos estos parámetros se encuentran clasificados en menús por el software CTSOft de Control Techniques. A través de CTSOft y con la tarjeta de expansión para comunicación PROFIBUS del Unidrive, es posible asignar cualquier parámetro del motor, a cualquiera de los 10 canales de comunicación de entrada y 10 canales de salida que tiene el módulo PROFIBUS. Cada canal puede ser utilizado para entablar una comunicación cíclica o no cíclica con el maestro DP PROFIBUS de la red y enviar los parámetros asignados al respectivo canal en forma de palabras de datos de 16 o 32 bits dependiendo del parámetro.

Una vez se haya realizado la respectiva configuración de los canales de comunicación del drive, que funcionará como esclavo PROFIBUS, y se hayan configurado los correspondientes canales de comunicación en el S7-1200, se puede leer información o a su vez, escribir en los parámetros del drive a través del enlace que provee el módulo de comunicación CM 1243-5.

Primero en el árbol del proyectos en TIA PORTAL, bajo el menú del PLC del proyecto, hacemos doble clic en la opción

“Configuración de dispositivos” y se mostrará la actual configuración de la red PROFIBUS entre el PLC, maestro, y los Unidrive SP que actúan como esclavos.

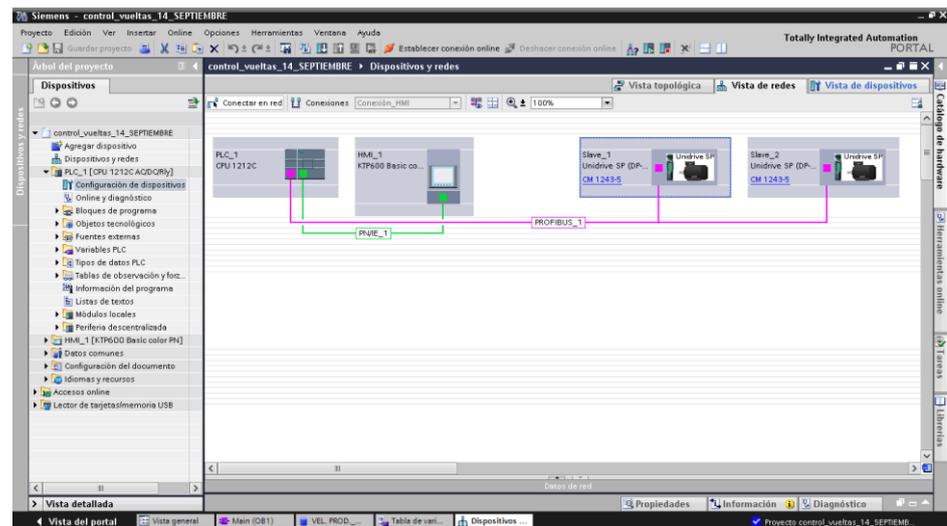


Fig. 4.29. Vista de redes.

Fig. 4.30. Vista general de dispositivos

Hacemos doble clic en uno de los drives mostrados en la vista de redes y en la vista general de dispositivos que se muestra en la parte inferior del área de trabajo, vemos la configuración de los canales de comunicación previamente establecida en el proyecto de TIA PORTAL. Hay que recordar que esta configuración particular varía dependiendo de la aplicación y tiene que estar en concordancia con el tipo de comunicación, cíclica o no cíclica, y la cantidad de palabras de datos en total que se pueden utilizar entre los 10 canales de entrada y 10 canales de salida previamente configurados en el drive.

Para este ejemplo observamos que el primer canal de comunicación, tanto de entrada y salida, está configurado para una comunicación no cíclica, del tipo PPO4, a la cual le corresponden 4 palabras de datos de 16 bits de entrada, desde las direcciones de memoria %IW68 hasta la %IW75 y 4 palabras de datos de 16 bits de salida, desde las direcciones de memoria %QW64 hasta %QW71.

Para los restantes 9 canales, que funcionarán como canales de comunicación cíclica según la configuración hecha por separado en el Unidrive SP, tenemos 16 palabras de 16 bits de

entrada desde las direcciones de memoria %IW76 hasta la %IW107, y 16 palabras de 16 bits de salida desde las direcciones de memoria %QW72 hasta la %QW103.

Vista general de dispositivos						
Módulo	Rack	Slot	Dirección I	Dirección Q	Tipo	
Slave_1	0	0			Unidrive SP (DP-V1)	
PPO 4 Word - Consistency_1	0	1	68...75	64...71	PPO 4 Word - Consistency_1	
16 IN Words_1	0	2	76...107		16 IN Words	
16 OUT Words_1	0	3		72...103	16 OUT Words	
	0	4				
	0	5				

Fig. 4.31. Direcciones de memoria interna de palabras de datos PROFIBUS

Siguiendo el orden en que los parámetros del motor a controlar, se hayan asignado a los canales de comunicación del Unidrive SP, es como asignamos las variables en el PLC correspondientes a dichos parámetros. Primero, debemos ir a la tabla de variables del PLC y crear una nueva variable, dado que vamos a trabajar con palabras de datos, el tipo de dato de dicha nueva variable será tipo Word, y la dirección de memoria que le asignaremos será la misma dirección que corresponda al parámetro del motor que queramos asignar a dicha variable en el PLC.

	Nombre	Tipo de datos	Dirección ▲	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1	SENSOR	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Tag_1	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Tag_2	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	IN WORD 0	Word	%IW68	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	IN WORD 1	Word	%IW70	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	IN WORD 2	Word	%IW72	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	IN WORD 3	Word	%IW74	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	STATUS WORD TORNILLO	Word	%IW78	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	REV TOTAL	Word	%IW82	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	TORNILLO_VOLTAJE_OUT	Word	%IW86	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	TORNILLO_CORRIENTE_OUT	Word	%IW90	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	T31_TORNILLO_ENABLE	Word	%IW94	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	OUT WORD 0	Word	%QW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	OUT WORD 1	Word	%QW66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	OUT WORD 2	Word	%QW68	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	OUT WORD 3	Word	%QW70	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Fig. 4.32. Tabla de variables del programa del PLC

Una vez hayamos asignado los parámetros a variables en la memoria del PLC, estos podrán ser leídos para adquirir información del funcionamiento del motor e inclusive, podremos cambiar los valores de dichos parámetros del motor, utilizando los bloques “MOVE”, para escribir el valor de operación deseado del Unidrive y del motor.

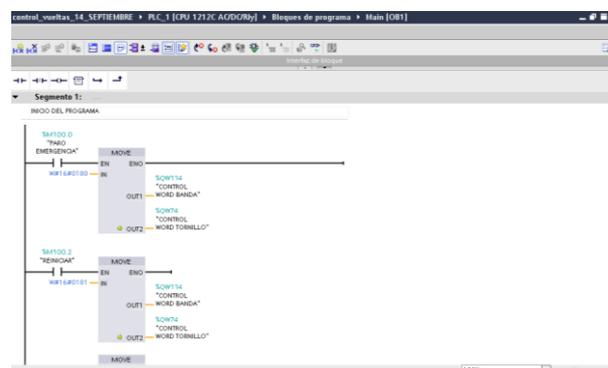


Fig. 4.33. Vista de proyecto, bloque Main del programa

CAPÍTULO 5

CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL HMI KTP-600

En este capítulo se procederá a explicar la Interfaz Hombre-Máquina desde su principio de funcionamiento con respecto al panel, que permitirán el control y accionamiento del PLC. Se explicara la configuración de la HMI para que trabaje como la única herramienta para el control de cualquier sistema de automatización, se explicará la programación con respecto a las pantallas, tanto como las imágenes y programación de las animaciones de los elementos y objetos del diseño.

5.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL HMI SIEMENS KTP-600.

En este caso es una pantalla táctil de uso industrial que está diseñada para visualizar y controlar procesos secuenciales, en tiempo real. Para cumplir su función de visualizar y controlar, es necesario programar la HMI para que se adapte a la aplicación o el proceso que desea automatizar, la cual mediante el control global del PLC, logran implementar una secuencia a través de los accionamientos o actuadores de la instalación.

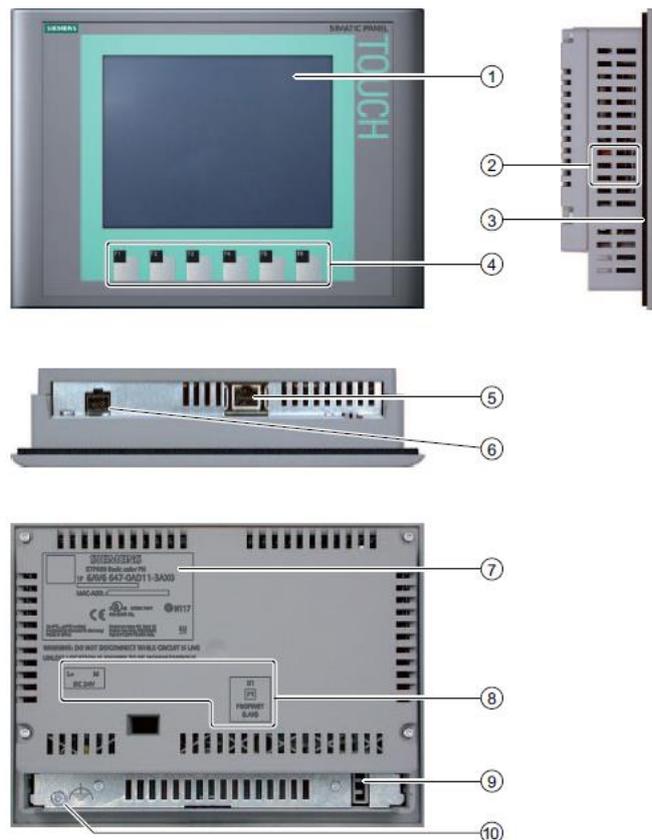


Fig. 5.1. Inserción de dispositivo [3].

1	Display/Pantalla Táctil
2	Escotaduras para las mordazas de fijación
3	Junta de montaje
4	Teclas de función
5	Interfaz PROFINET
6	Conexión para la fuente de alimentación
7	Placa características
8	Nombre de Puerto
9	Guía para las tiras rotulables
10	Conexión para tierra funcional

Tabla 11. Elementos característicos de la HMI KTP-600

5.2 CARACTERISTICAS DEL HMI SIEMENS KTP-600.

Tipo	LCD-TFT
Área activa del display	115,2 mm x 86,4 mm (5,7")
Resolución, pixeles	320 x 240
Retroiluminación	CCFL
Half Brightness Life Time, típico	50.00 h
Memoria de aplicación	512 kBytes
PROFINET	1 puerto de comunicación ETHERNET
Tensión nominal	+24 V DC
Rango admisible	de 19,2 V a 28,8 V (-20 %, +20 %)
Transitorios, máximo	35 V (500 ms)

Admisible	
Tiempo entre dos transitorios, mínimo	50 s
Consumo	aprox. 350 mA
• Típico	aprox. 550 mA
• Corriente continua máx.	aprox. 0,5 A2s
• Corriente transitoria de conexión I2t	
Fusible interno	electrónico

Tabla 12, Especificaciones técnicas de la KTP600PN, Pantalla.

5.3 CONFIGURACION, DISEÑO DE IMÁGENES Y PROGRAMACION DEL HMI SIEMENS KTP-600 USANDO TIA PORTAL.

Se especificara la configuración debida para nuestro proyecto, también una breve explicación del diseño y programación de las imágenes en la HMI, todo esto en el software TIA PORTAL.

5.3.1 CONFIGURACION DEL HMI SIEMENS KTP-600 PARA LA COMUNICACIÓN CON EL PLC S7-1200.

Primero se debe hacer las respectivas conexiones de la comunicación PROFINET y de alimentación del dispositivo.

Para eso se deben utilizar los conectores apropiados RJ45 para

hacer la comunicación previa, se la realizara mediante el uso del router que previamente se lo configuró para este proyecto.

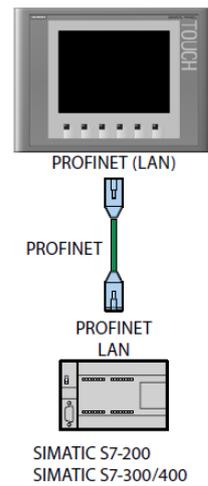


Fig. 5.2. Inserción de dispositivo[3]

Al conectar la fuente de alimentación podemos observar cómo se inicializa la pantalla.

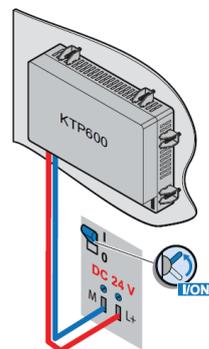


Fig. 5.3. Alimentación de dispositivo [3]

En la primera ventana que nos muestra la pantalla HMI se tienen tres opciones; Transfer, Start y Control Panel

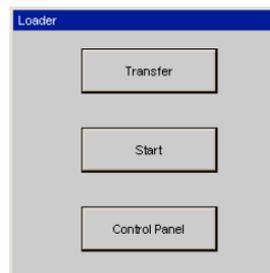


Fig. 5.4. Inserción de dispositivo [3]

- Transfer: este estado permite transferir desde la CPU programadora hacia la pantalla.
- Start: este estado nos permite arrancar el programa que tiene la HMI gravado.
- Control Panel: sale una pantalla con el menú de configuración de la pantalla.

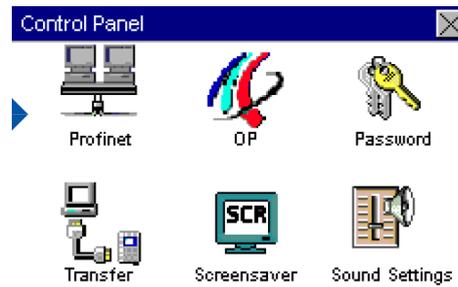


Fig. 5.5. Inserción de dispositivo [3]

	Modificar la configuración de red. Configurar un servidor horario
	Modificar la configuración de la pantalla Mostrar información sobre el panel de operador Calibración de la pantalla táctil Mostrar información de licencia del panel de operador
	Modificar las propiedades de la contraseña
	Habilitar el canal de datos
	Configurar el protector de pantalla
	Ajustar la señal acústica

Tabla 13. Menú de la Pantalla HMI KTP-600

Los siguientes pasos se deben de realizar para configurar la Comunicación PROFINET:

1. Abra con el botón "Profinet" el cuadro de diálogo "Profinet Settings".
2. Elija si la dirección se debe asignar automáticamente vía DHCP, o bien si desea introducirla manualmente.
3. Si asigna personalmente la dirección, introduzca valores válidos en los campos de entrada "IP Address", "Subnet Mask" y eventualmente "Default Gateway" mediante el teclado de pantalla.

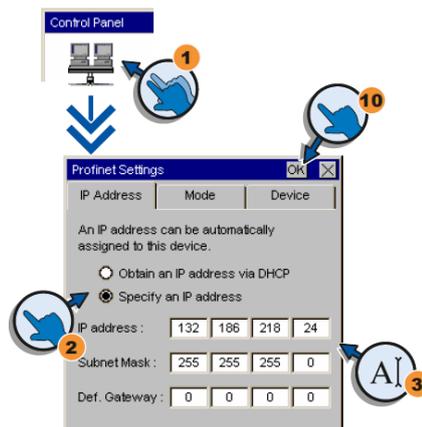


Fig. 5.6. Inserción de dispositivo [3]

5.3.2 DISEÑO Y PROGRAMACION HMI SIEMENS KTP-600.

Para comenzar nuestro diseño de las pantallas en la HMI se debe primero abrir el proyecto en TIA PORTAL, en el menú se hará clic en insertar nuevo dispositivo.

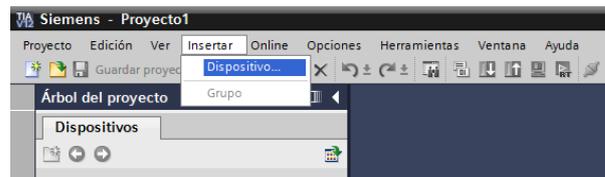


Fig. 5.7. Inserción de dispositivo

Se escoge cuál de las HMI es la que vamos a programar en nuestro caso en la KTP-600 PN, la cual se selecciona y se da clic en aceptar.

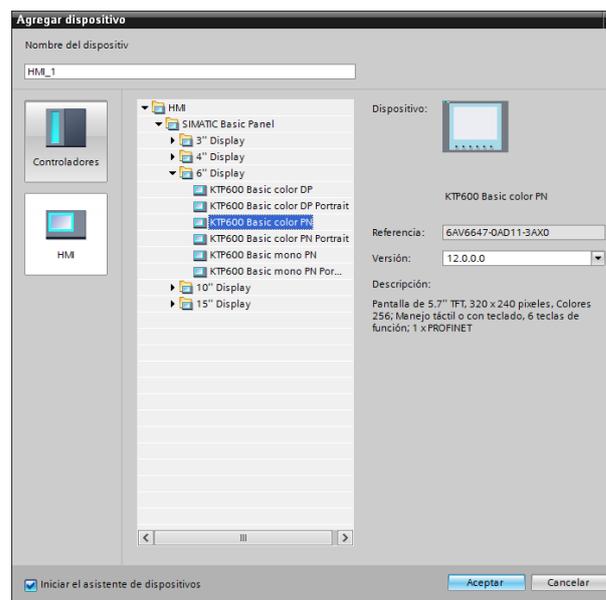


Fig. 5.8. Selección de dispositivo

Se abre la ventana de asistente del panel de operador KTP-600 Basic color PN, esta ventana es de mucha ayuda para crear fácilmente los requerimientos que se necesita para nuestra pantalla, a continuación la explicación:

- **Conexiones del PLC:** Previamente en el proyecto debe estar un PLC incorporado, entonces se hace clic en examinar y se selecciona el controlador con el que se quiere establecer la comunicación.

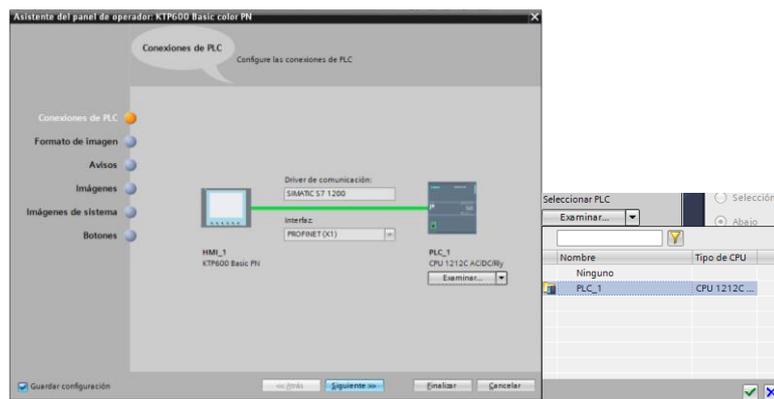


Fig. 5.9. Configuración del PLC

- **Formato de Imagen:** Esta sección es para escoger el color de fondo en las ventanas y el logo que se mostrara las hora si se requiere que se colocan automáticamente en las esquinas superiores.

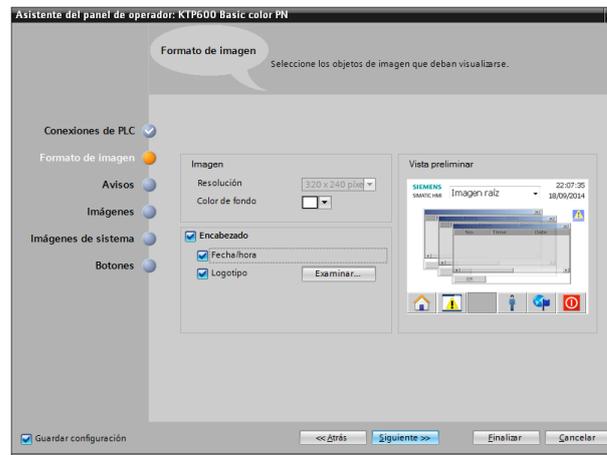


Fig. 5.10. Formato de Imagen

- Avisos: Es muy importante seleccionar los avisos del sistema por si hay algún error, gracias a estos cuando se inicializa la HMI muestran errores en el sistema.

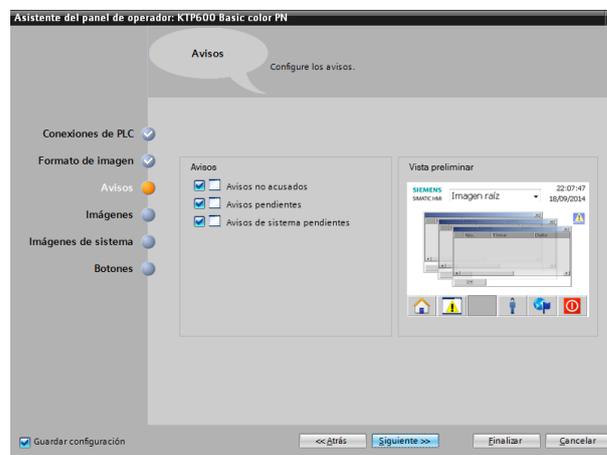


Fig. 5.11. Avisos.

- Imágenes: esta parte se realiza el árbol de las imágenes automáticamente para que se creen botones de accesos y

de retroceso en las pantallas, para poder acceder a las mismas.

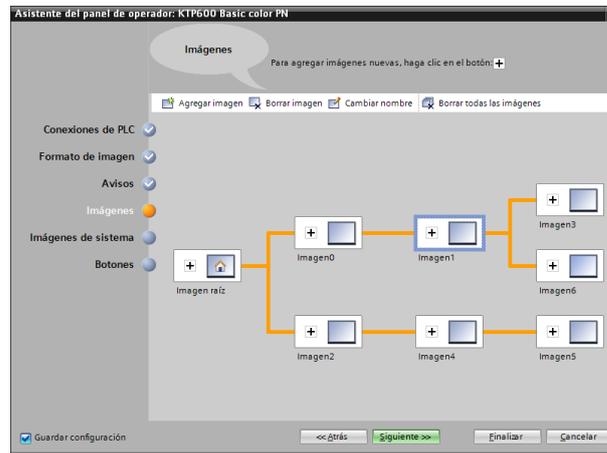


Fig. 5.12. Imágenes

- **Imágenes de Sistema:** Estas imágenes se las puede seleccionar o no, vienen previamente diseñadas y programadas cada una con lo que dicen.

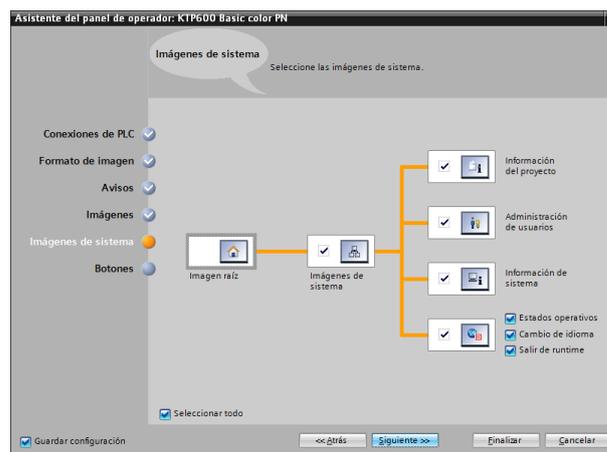


Fig. 5.13. Imágenes de Sistema

- Botones: Estas imágenes se las puede seleccionar o no, vienen previamente diseñados y programados para realizar funciones preestablecidas.



Fig. 5.14. Botones

Gracias a todo lo previo que se explicó rápidamente se puede elaborar los requerimientos básicos de configuración de la HMI, se muestra en las siguientes imágenes, como es la consola y qué encontramos en la misma.

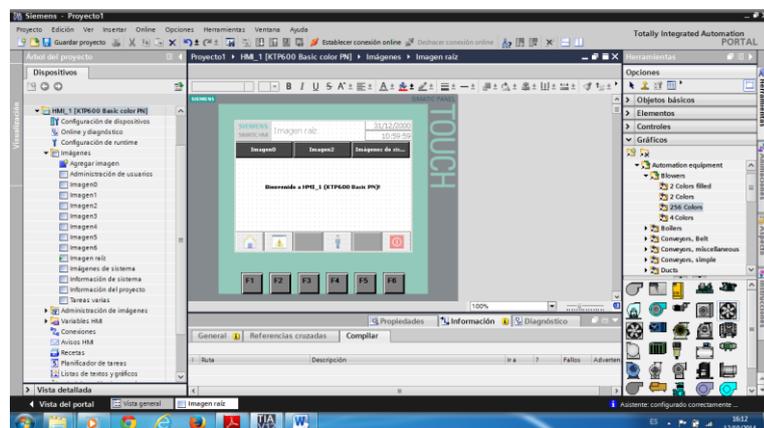


Fig. 5.15. Consola de Edición.

En la parte izquierda de la aplicación del TIA PORTAL podemos observar un menú con todo lo que se puede configurar, imágenes, las plantillas, avisos, recetas y varias opciones más.

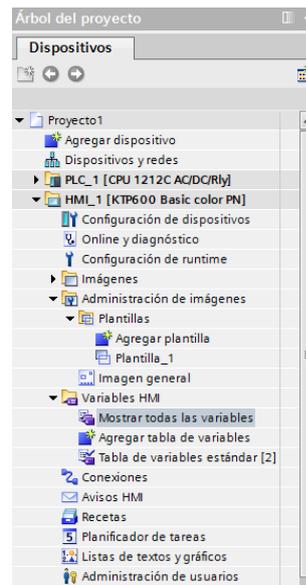


Fig. 5.16. Menú de edición

Como podemos observar en la siguiente figura esta la edición de la plantilla, la que se utiliza para todas las imágenes nuevas que se creen.

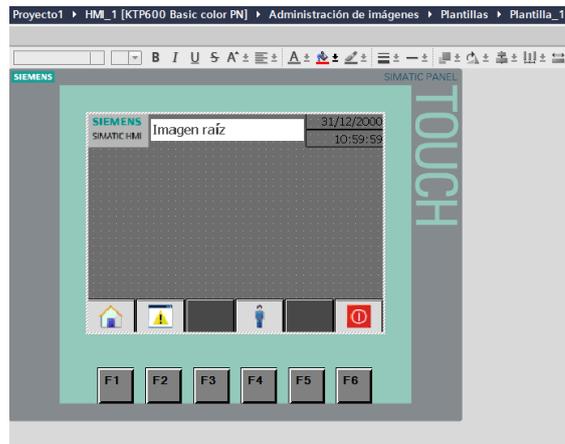


Fig. 5.17. Plantilla.

En la siguiente figura podemos observar la lista de variables de la HMI y lo que tiene configurado cada una como es nombre, tipo de datos (boolean, integer, etc.) el tipo de conexión interna o externa hacia el PLC con su respectivo nombre de variable, y eso se lo puede configurar con sus propiedades.

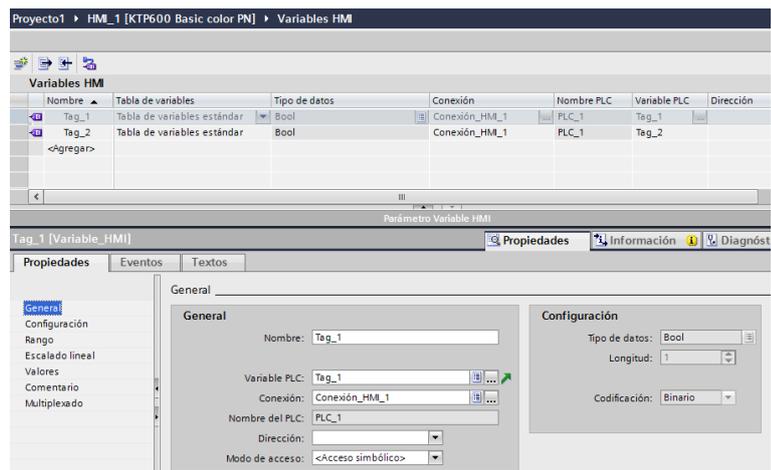


Fig. 5.18. Variables HMI

En la siguiente figura podemos observar la configuración de avisos en la HMI, dependiendo de una variable de PLC que controlaríamos podemos mostrar avisos de error o precaución.

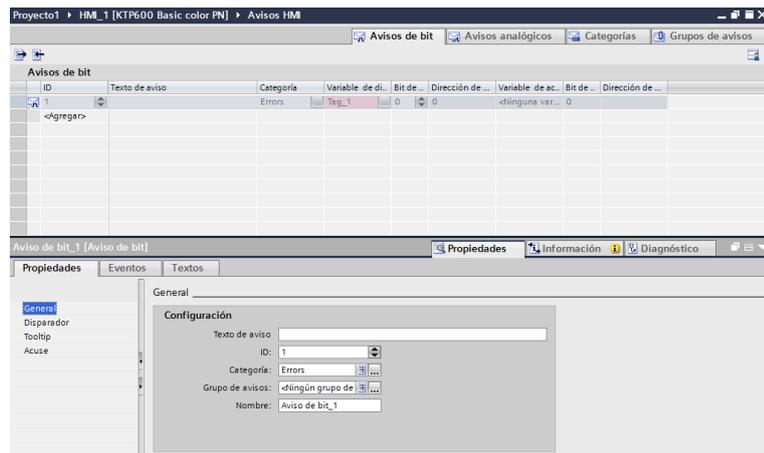


Fig. 5.19. Avisos HMI.

En la siguiente figura podemos observar como configurar los usuarios en la ventana de administración de usuarios de la HMI, en los que podemos agregar usuarios con contraseña para que tengan acceso restringido a ventanas o a botones.

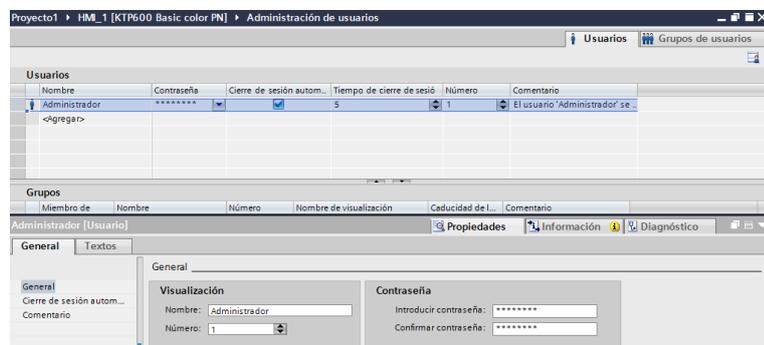


Fig. 5.20. Administración de Usuarios de la HMI.

5.3.2.1 DISEÑO DE IMÁGENES EN TIA PORTAL PARA HMI SIEMENS KTP-600.

Para comenzar nuestro diseño de imágenes en la HMI utilizaremos la ventana que se muestra a la derecha que es la barra de herramientas, explicaremos el uso de las mismas.

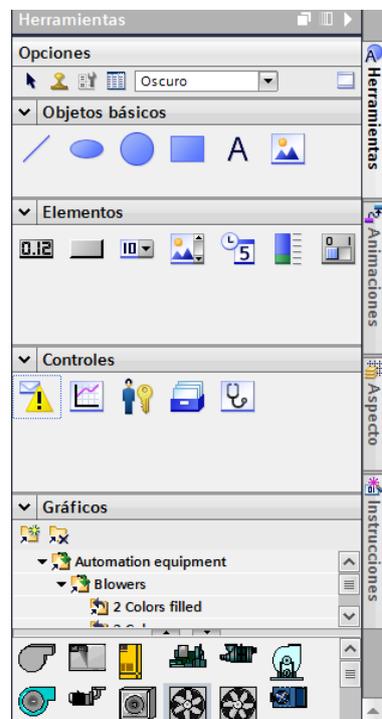


Fig. 5.21. Menú de Herramientas

Objetos básicos, nos permite tener dibujos básicos como son la línea, el círculo, el cuadrado, texto e imágenes



Fig. 5.22. Objetos Básicos.

En los dibujos básicos que son los 4 primero de la imagen anterior se pueden editar:

- Apariencia: se edita tipo de línea y finales de línea.

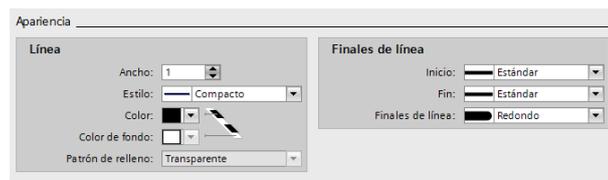


Fig. 5.23. Apariencia.

- Representación: se edita posición tamaño y radio.

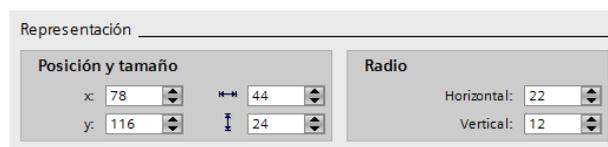


Fig. 5.24. Representación.

- Misceláneo: se edita el nombre y nivel de imagen.

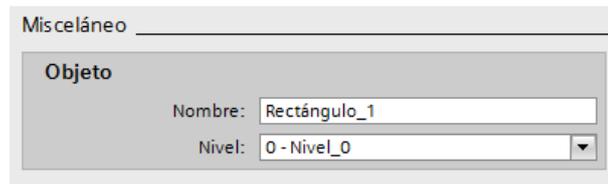


Fig. 5.25. Misceláneo.

En el campo de texto se tiene acceso a cambiar el texto, estilo, tamaño y adaptación del contenido además de las modificaciones para dibujos básicos que anteriormente se trató.

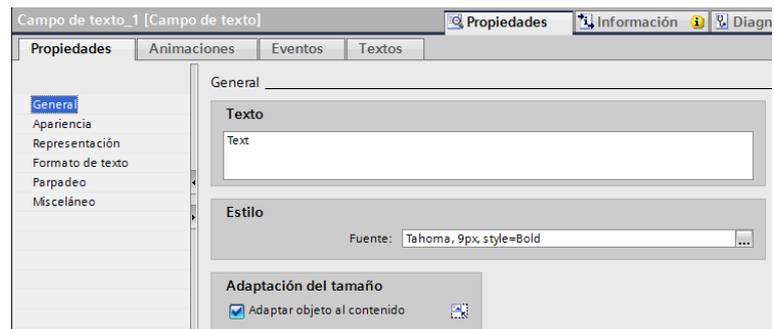


Fig. 5.26. General Campo de texto.

En el visor de gráficos se puede adjuntar cualquier imagen se requiera para el diseño de nuestras ventanas.

Elementos, estos objetos permitirán tener control de variables tanto analógicas como digitales del PLC, de diferentes tipos de datos, los elementos son: campo

E/S, botón, campo E/S simbólico, campo de gráfico, campo de hora y fecha, interruptor y barra.

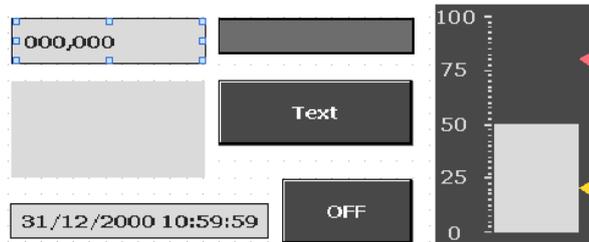


Fig. 5.27. Elementos.

- Campo E/S: se utiliza para ingresar o mostrar variables numéricas, para las propiedades tenemos el proceso donde se anexa a que variable está ligada, el tipo de modo y el formato en el que se tiene los números, estos pueden ser decimal, hexadecimal y otros, con su longitud y decimales.

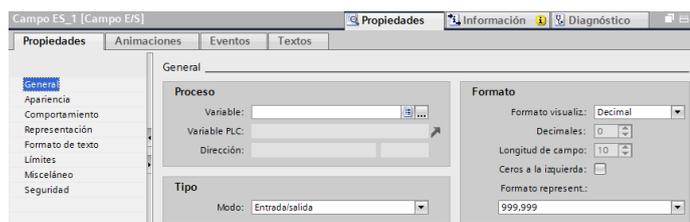


Fig. 5.28. General de Campo E/S.

- Botón: este es uno de los más utilizados tiene control directo sobre cualquier acción en distintas variables tanto del PLC o de la HMI.

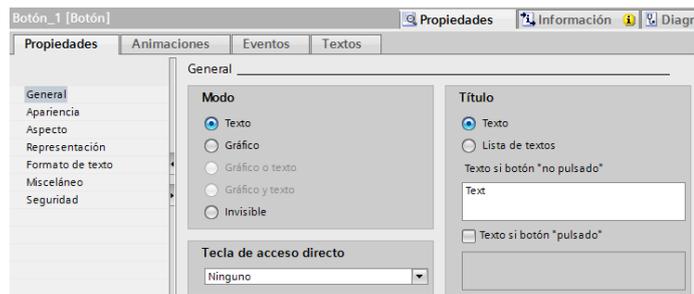


Fig. 5.29. General de Botón.

- Interruptor: este es uno de los más utilizados tiene control directo sobre variables booleanas tanto del PLC o de la HMI.

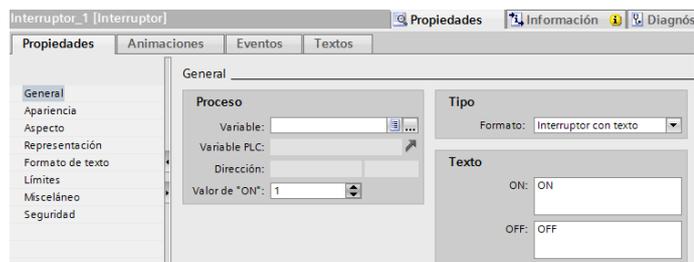


Fig. 5.30. General de Interruptor.

- Campo de fecha y hora: este es un campo en el que se utiliza hora y fecha, puede ser entrada y salida.

- Barra: este elemento nos permite visualizar y controlar variables continuas.

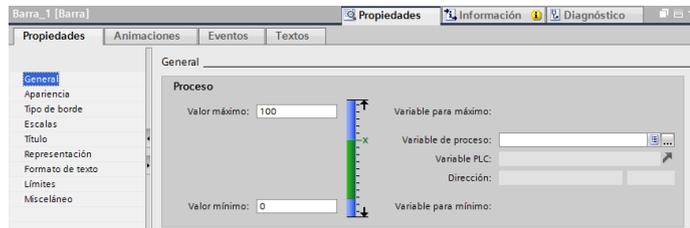


Fig. 5.31. General Barra.

Gráficas, son imágenes que te proporcionan el TIA PORTAL en los que selecciona de cuantos colores se requiere y se la utiliza para botones, de fondo o de cualquier uso se lo puede dar para ambientar las pantallas de tu proyecto.

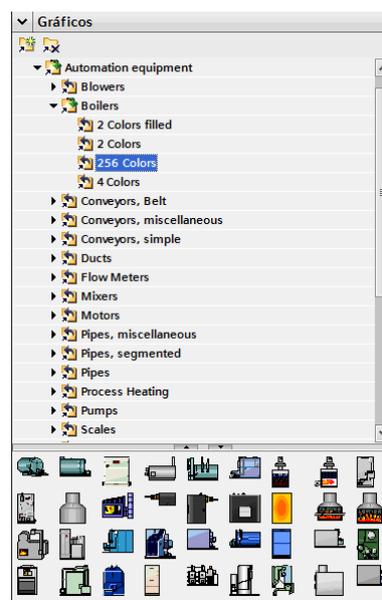


Fig. 5.32. Gráficos.

Las gráficas son las más sencillas porque son imágenes se las puede editar o hacer nuevas e importar imágenes hechas por el usuario como logos de marcas de edita el tamaño la representación.

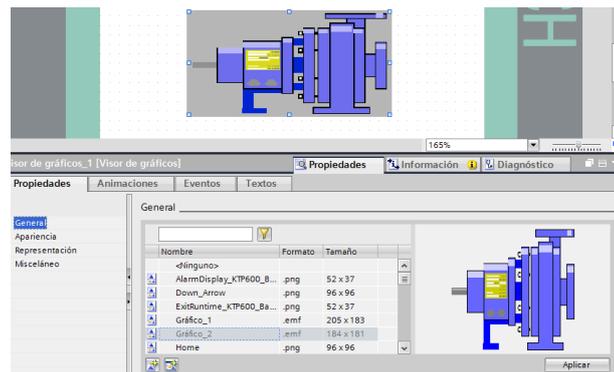


Fig. 5.33. Inserción de gráficos.

Librería Globales, es una herramienta de facilidad porque vienen ya configurados botones, swichts, medidores, etc.

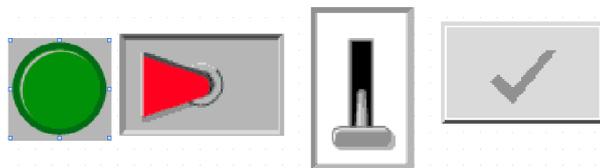


Fig. 5.34. Ejemplos de librerías globales.

Tenemos los diferentes tipos de librerías en las que vienen fácilmente para solo cambiar las propiedades.

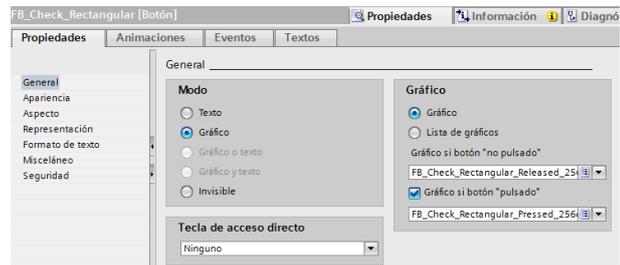


Fig. 5.35. General botón.

Para todo lo anterior se puede tener por capas alineados y verificar algunos parametros.

Niveles, se puede tener todos los elementos y gráficos por niveles de capas para poder sobreponer uno en otro y poder configurar como se lo requiera.

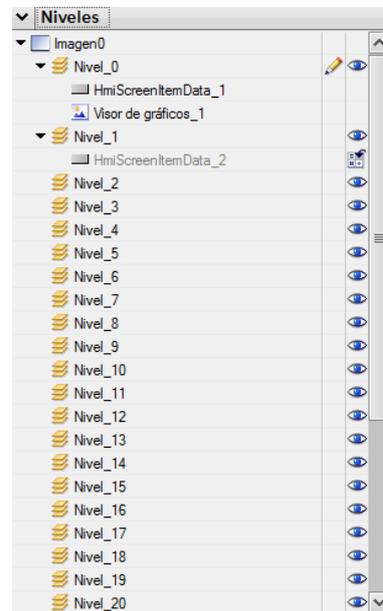


Fig. 5.36. Niveles.

Cuadrícula, se puede seleccionar los objetos dependiendo de la cuadrícula y también el espaciado de la cuadrícula.

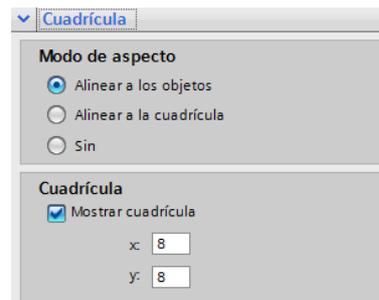


Fig. 5.37. Cuadrícula.

Objetos fuera de rango, es para poder visualizar que elementos están fuera de rango de las ventanas diseñadas viendo la posición donde se encuentran



Fig. 5.38. Objetos fuera de rango.

5.3.2.2 PROGRAMACIÓN DE ANIMACIONES Y EVENTOS EN TIA PORTAL PARA HMI SIEMENS KTP-600.

Cualquiera de los elementos y objetos del subcapítulo 4.3.2.1 en el que hablábamos del diseño con respecto a esto se procede a programar:

ANIMACIONES

En la programación de las animaciones lo que podemos ver en la imagen a continuación es todos los tipos de animación, se procederá a explicar una a una.

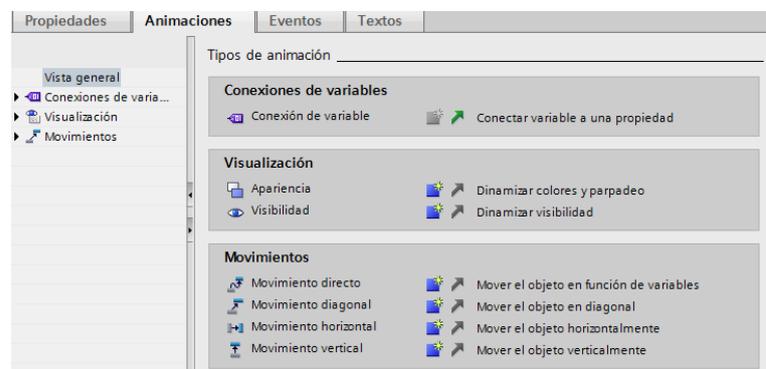


Fig. 5.39. Tipos de animación.

Conexión de variable, se realiza para anexar una variable del PLC con el elemento escogido.

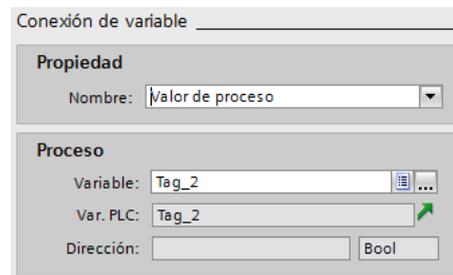


Fig. 5.40. Conexión de Variable.

Apariencia, la imagen o cualquier elemento podemos cambiar dependiendo de una variable tanto el color de fondo como el borde y si parpadea.

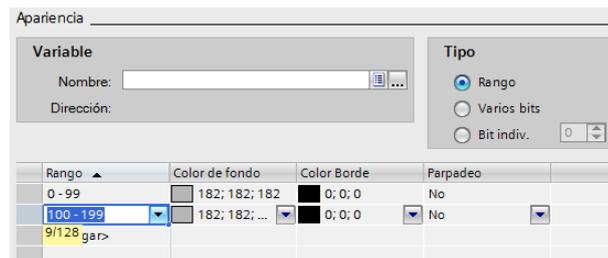


Fig. 5.41. Apariencia.

Visibilidad, dependiendo de una variable continua o booleana se puede tener visibilidad de los objetos.

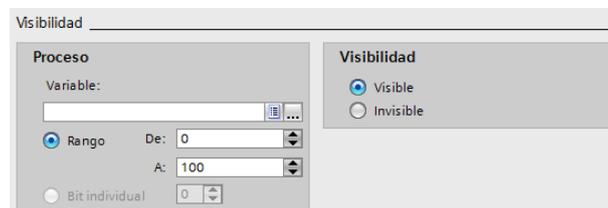


Fig. 5.42. Visibilidad.

Movimientos, esta es una opción para poder dar movilidad a cualquier elemento o gráfico en nuestras ventanas, en la imagen a continuación puedes ver los tipos.

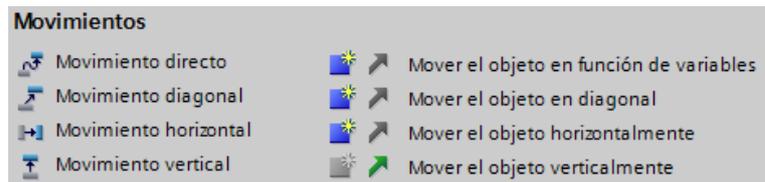


Fig. 5.43. Movimientos.

Cualquiera de estos movimientos se lo configura anexándole una variable y configurando el movimiento dependiendo de cuál se escoja en el eje X o Y respectivamente.

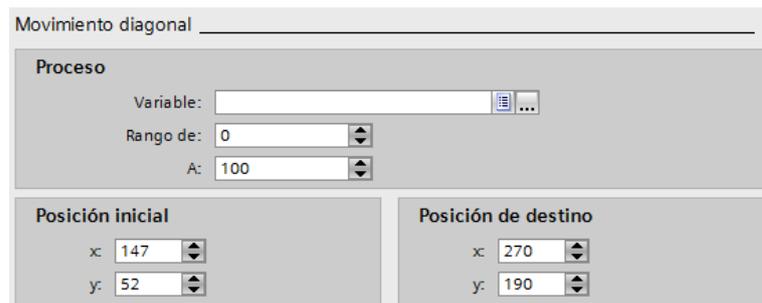


Fig. 5.44. Movimiento diagonal.

En la siguiente imagen se puede visualizar como va hacerse el movimiento del objeto previamente configurado.

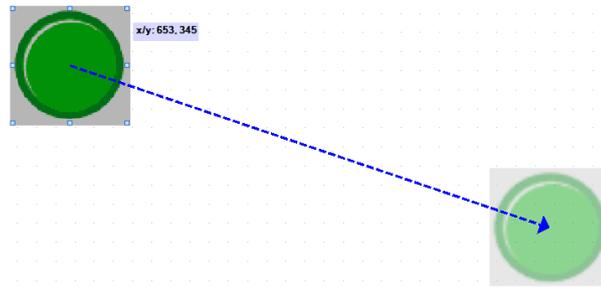


Fig. 5.45. Simulación de Movimiento.

Eventos, los eventos en las ventanas son acciones en las que botones pueden realizar distintos cambios en las variables del PLC o dentro de las ventanas de la HMI.

Se debe seleccionar el tipo de evento que depende del tipo de elemento como son: hacer clic, pulsar, soltar, activar, desactivar, cambio.

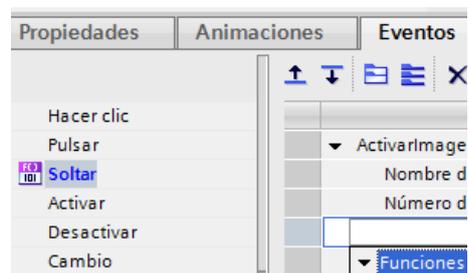


Fig. 5.46. Eventos.

En los tipos de eventos depende de las funciones que se pueden establecer como activar imágenes, el control de variables del PLC.

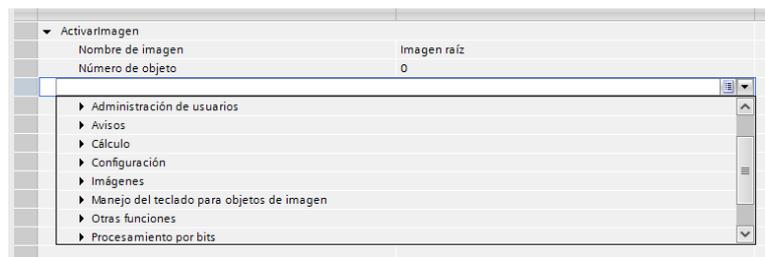


Fig. 5.47. Tipos de eventos.

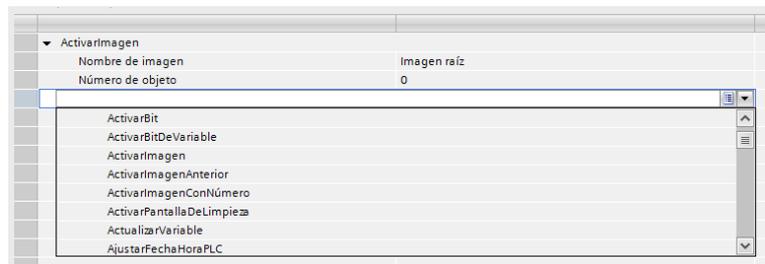


Fig. 5.48. Ejemplos de eventos.

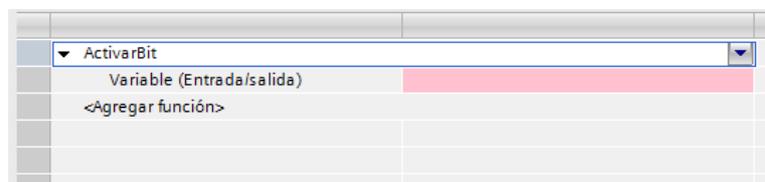


Fig. 5.49. Anexar variable.

CAPÍTULO 6

CARACTERÍSTICAS Y CONFIGURACIÓN DEL UNIDRIVE SP

El capítulo trata de manera básica los modos de funcionamiento del Unidrive SP, su principio de funcionamiento, sus características físicas y luego abarca la configuración de sus parámetros para la puesta en marcha de un servomotor. Finalmente el capítulo se centra en el funcionamiento del drive como esclavo dentro de una red PROFIBUS, incluyendo una introducción a la comunicación PROFIBUS, los tipos de comunicación y transferencia de datos desde el drive hasta el dispositivo maestro dentro de la red y finalmente una explicación del procedimiento a seguir para implementar dicha comunicación.

6.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL UNIDRIVE SP.

El Unidrive SP se ha diseñado para tener 5 modos de funcionamiento:

- Modo de bucle abierto: El drive varía la frecuencia de la potencia aplicada al motor según el valor ingresado por el usuario. La velocidad del motor es consecuencia de la frecuencia de salida del drive.
- Modo vectorial de bucle abierto: La tensión aplicada al motor es directamente proporcional a la frecuencia excepto a baja velocidad, ya que el accionamiento utiliza los parámetros del motor para suministrar una tensión adecuada que permita sostener un flujo en el motor constante a diferentes cargas. El par al 100% se encuentra a una frecuencia mínima de 1 Hz.
- Modo T/f fija: La tensión suministrada al motor es proporcional a la frecuencia excepto a bajas velocidades en las cuales se aplica un aumento de tensión definido por el usuario, este modo se utiliza en aplicaciones de varios motores. El par al 100% se encuentra a una frecuencia mínima de 4 Hz.
- Modo T/f cuadrática: La tensión entregada al motor es proporcional al cuadrado de la frecuencia excepto a baja velocidad en donde se aplica un aumento de tensión definido por el usuario.

Este modo es útil en la implementación de sistemas con ventiladores o bombas con carga cuadrática.

- **Modo RFC:** En este modo existe un control de flujo magnético del rotor, lo cual ya es un control de flujo cerrado, ya que sin la necesidad de utilizar dispositivos extra para la realimentación de posición, esta se realiza monitoreando los valores de intensidad y tensión, así como valores clave del motor, para calcular la velocidad del motor. Este modo elimina la inestabilidad asociada a un sistema de lazo abierto como la que produce el funcionamiento de motores grandes con cargas pequeñas a baja frecuencia.
- **Modo vectorial de bucle cerrado:** Se utiliza con motores de inducción con dispositivo de realimentación instalado. El drive controla directamente la velocidad del motor mediante el dispositivo de realimentación del eje con lo cual puede garantizar el ajuste preciso de la velocidad del rotor según sea necesario. El flujo del motor se controla en todo momento para proporcionar el torque completo hasta la velocidad cero.
- **Servo:** Este modo está indicado sólo para usarse con motores sin escobillas de magneto permanente con su respectivo dispositivo de realimentación instalado. El drive controla directamente la velocidad del motor mediante un dispositivo de realimentación

para garantizar el ajuste preciso de la velocidad del motor según las necesidades. El control del flujo no es necesario debido a los imanes permanentes que forman parte del motor y provocan la autoexcitación de este. El dispositivo de realimentación debe proporcionar la posición absoluta para asegurarse que el voltaje de salida del drive se adecue a la fuerza contra electro motriz del motor.

- **Regeneración:** La regeneración se refiere al flujo de energía bidireccional posible entre los terminales de alimentación del motor hasta la línea del suministro eléctrico, lo que significa un mayor nivel de eficiencia en aplicaciones en las que la resistencia de frenado disiparía una gran cantidad de energía en forma de calor.

6.2 CARACTERÍSTICAS DEL UNIDRIVE SP.

Se presenta una breve descripción de las características del accionamiento para denotar los límites de operación del mismo. A la vez se mencionan las funciones por defecto de las borneras de control del accionamiento.

6.2.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.

6.2.1.1 RÉGIMEN DE SERVICIO.

El Unidrive SP posee una doble clasificación según su fase, es decir, puede operar en el régimen de servicio de “ciclo duro” o “ciclo normal” dependiendo del valor de intensidad nominal del motor ingresado por el usuario. El siguiente gráfico suministrado por el manual del fabricante, ilustra las diferencias entre los dos regímenes de operación en función de la intensidad continua nominal y el límite de sobrecarga a corto plazo.

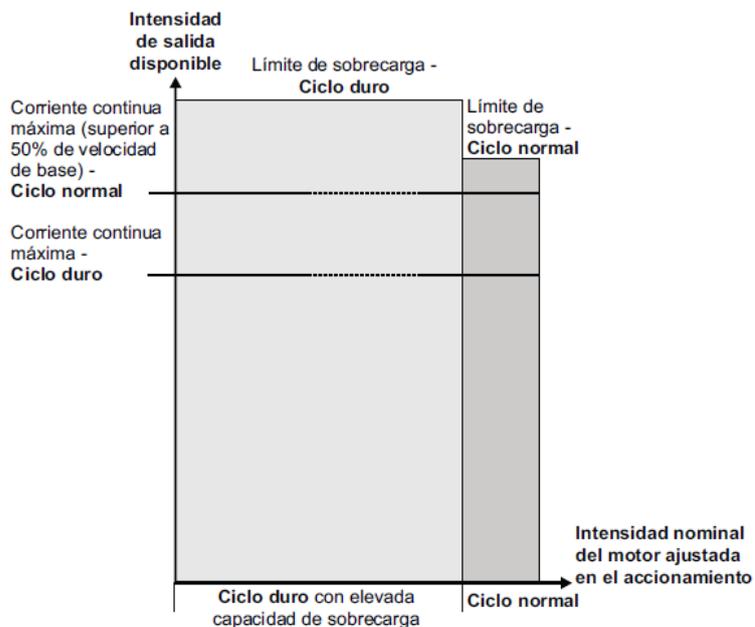


Fig. 6.1. Valores nominales [9].

6.2.1.2 PROTECCIÓN I^2t DEL MOTOR.

1. Amperaje normal: Para aplicaciones en las que se emplean motores de inducción autoventilados, se requiere poca capacidad de sobrecarga y no se necesita el par máximo a baja velocidad, como en el caso de ventiladores y bombas. Los motores de inducción autoventilados (TENV/TEFC) precisan de mayor protección contra sobrecargas debido a la escasa capacidad de refrigeración del ventilador a baja velocidad. Por lo tanto, el software de protección I^2t funciona a un nivel que depende de la velocidad del motor en ese instante según la gráfica que provee el fabricante, esta velocidad se puede cambiar con el parámetro Pr4.25, "Low speed thermal protection mode". Si Pr 4.25=0 entonces la protección empieza cuando la velocidad del motor es inferior al 15% de la velocidad nominal, con Pr 4.25=1, cuando es inferior al 50% de la velocidad nominal.

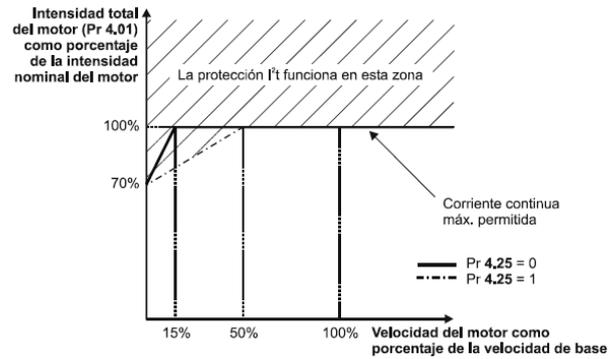


Fig. 6.2. Funcionamiento protección del motor [9]

2. Gran amperaje: Para aplicaciones de par constante, o que requieren alta capacidad de sobrecarga o los pares máximos a baja velocidad, por ejemplo enrolladores y elevadores. El ajuste por defecto del circuito de protección térmica garantiza la seguridad de los motores de inducción ventilados y los servomotores de imán permanente.

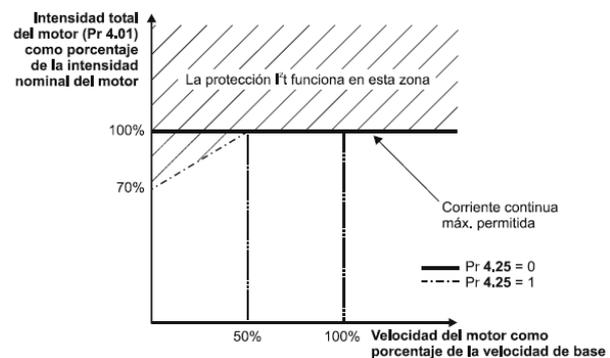


Fig. 6.3. Funcionamiento protección del motor [9]

Amperaje normal			
Intensidad de salida continua máxima	Potencia nominal a 220 V	Potencia del motor a 230 V	Corriente de pico
A	KW	CV	A
6,8	1,5	2,0	7,4

Tabla 14. Potencia nominal del accionamiento

Gran Amperaje				
Intensidad de salida continua máxima	Corriente de pico en bucle abierto	Corriente de pico en bucle cerrado	Potencia nominal a 220 V	Potencia del motor a 230 V
A	A	A	KW	CV
5,8	8,7	10,1	1,1	1,5

Tabla 15. Corriente del accionamiento.

6.2.2 DESCRIPCIÓN DE BORNERAS DE CONTROL.

Siempre que sea posible, el común de 0 V de las señales analógicas no se debe conectar al mismo terminal de 0 V que el común de las señales digitales. Los terminales 3 y 11 se deben utilizar para conectar el común de 0 V de las señales analógicas, y los terminales 21, 23 y 30, para las señales digitales. Esto tiene por objeto impedir las pequeñas caídas de tensión en las conexiones de terminales que causan

inexactitudes en las señales analógicas. Las funciones por defecto de los terminales se detallan en la siguiente figura obtenida del manual del fabricante:

Función	Cant.	Parámetros de control disponibles	Número de terminal
Entrada analógica diferencial	1	Destino, desfase, compensación de desfase, inversión, escala	5, 6
Entrada analógica asimétrica	2	Modo, desfase, escala, inversión, destino	7, 8
Salida analógica	2	Origen, modo, escala	9, 10
Entrada digital	3	Destino, inversión, seleccionar lógica	27, 28, 29
Entrada/ Salida digital	3	Seleccionar modo de entrada/salida, destino/origen, inversión, seleccionar lógica	24, 25, 26
Relé	1	Origen, inversión	41, 42
Activar accionamiento (SAFE TORQUE OFF)	1		31
Salida de usuario + 10 V	1		4
Salida de usuario + 24 V	1	Origen, inversión	22
Común 0 V	6		1, 3, 11, 21, 23, 30
Entrada externa + 24 V	1		2

Tabla 16. Funcionalidad de borneras de control

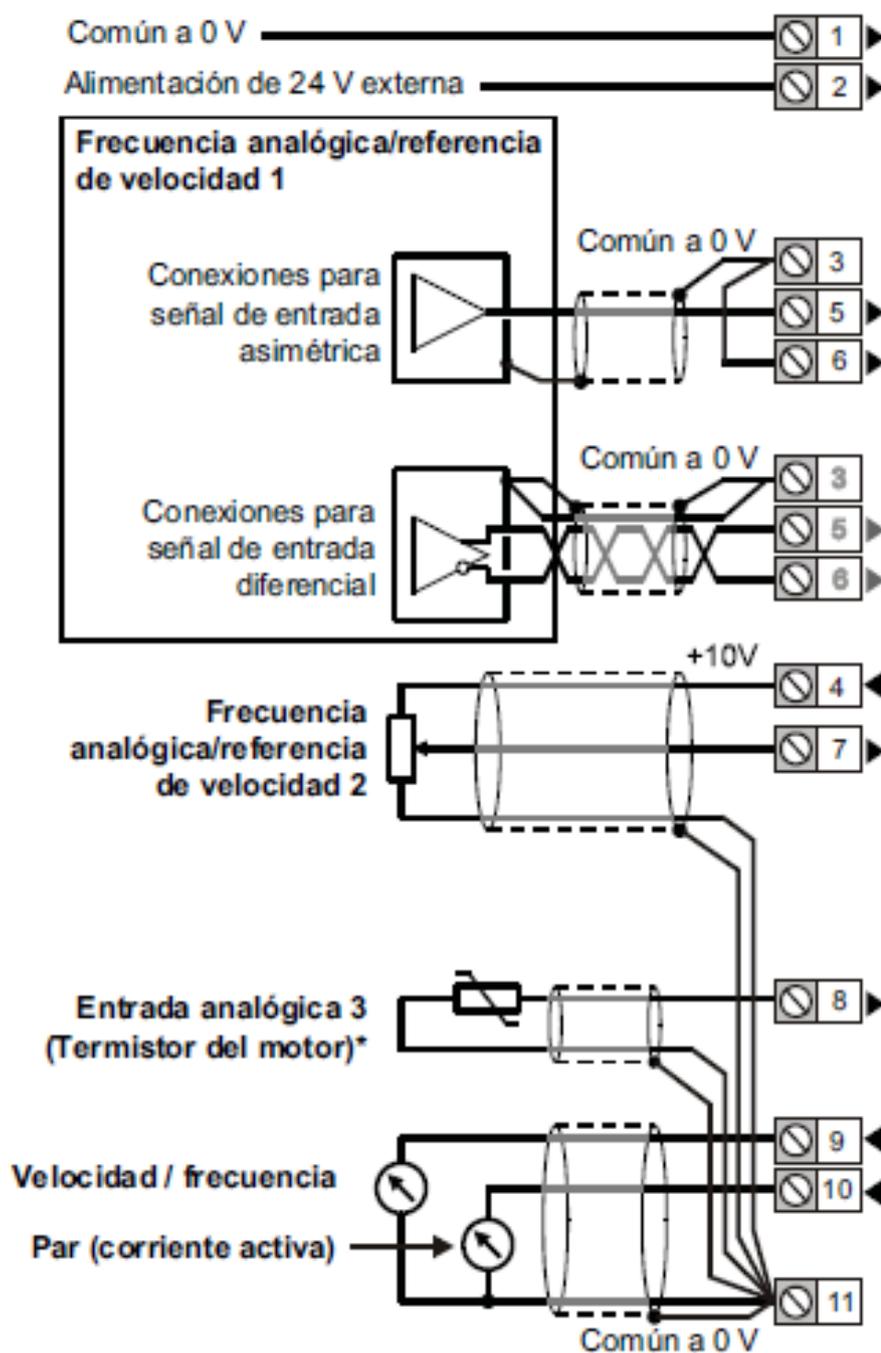


Fig. 6.4. Funciones por defecto de los terminales [9].

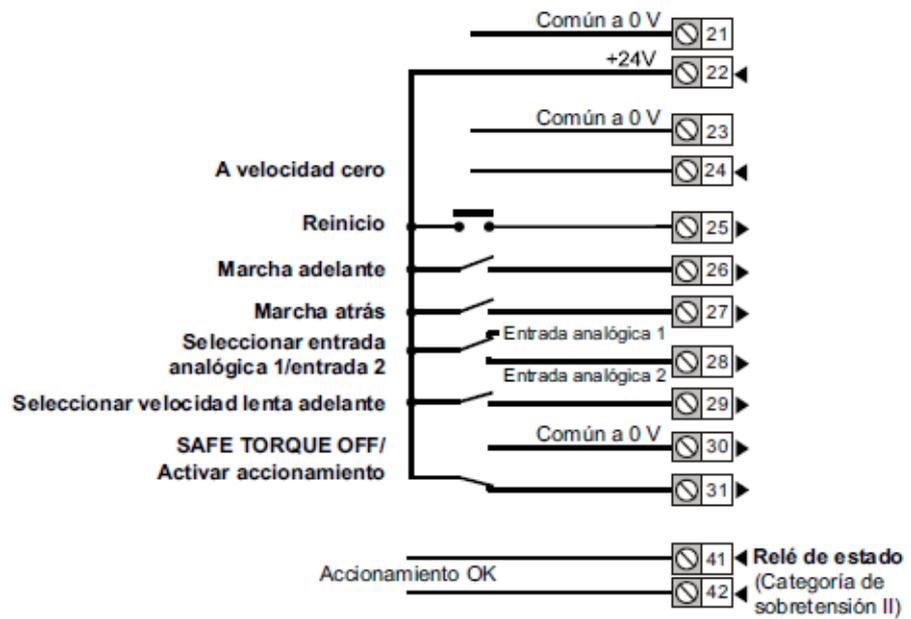


Fig. 6.5. Funciones por defecto de los terminales [9].

6.2.3 DESCRIPCIÓN DE BORNERAS DE POTENCIA.

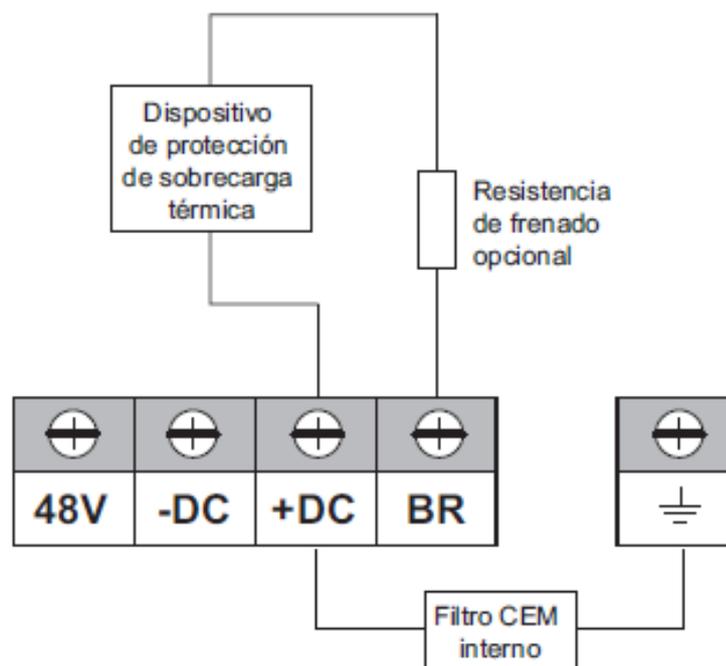


Fig. 6.6. Conexiones de CC [9].

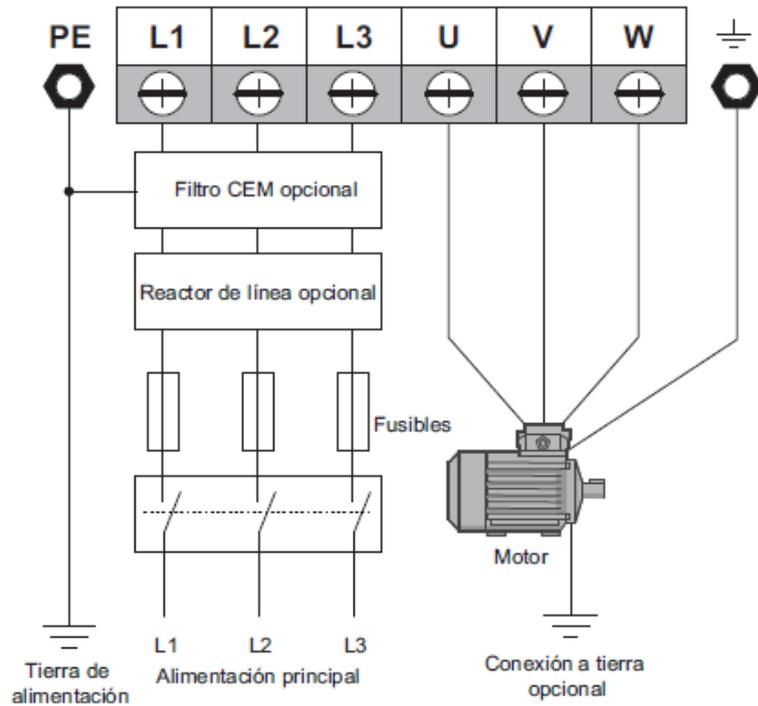


Fig. 6.7. Conexiones de CA [9].

6.3 CONFIGURACIÓN DEL UNIDRIVE SP.

En esta sección se muestran los pasos más elementales para poner en marcha el servomotor Unimotor fm del laboratorio utilizando el Unidrive SP, también se deja pautada la forma de poner en marcha cualquier otro tipo de motor AC con el accionamiento.

6.3.1 CONFIGURACION DE PARÁMETROS DEL UNIDRIVE SP PARA CONTROL DE UN SERVOMOTOR AC.

Para utilizar el Unidrive SP como controlador de velocidad y posición de un servo motor, es necesario seguir los pasos

básicos de parametrización del drive considerando los datos de placa del motor y especificaciones del fabricante en cuanto al dispositivo de realimentación. El primer paso a seguir es cambiar el modo de operación del accionamiento. Al cambiar el modo de funcionamiento se debe tener presente que todos los parámetros recuperan sus valores por defecto incluidos los parámetros del motor. El procedimiento es el siguiente:

1. Asegurarse que el accionamiento no está activado, es decir que el terminal 31 está abierto o el valor de Pr 6.15 es Off (0).
2. En el parámetro Pr xx.00 introduzca 1254 para indicar que el accionamiento trabajará con una alimentación trifásica a 60 Hz.
3. Modifique el valor del parámetro Pr 0.48 a 3 para indicar que se trabajará en el modo SERVO del accionamiento.
4. Reiniciar el accionamiento pulsando el botón rojo.
5. Configurar los parámetros de realimentación del motor. En el parámetro 3.38 colocar el valor 3 que corresponde a la

- opción Ab.SErVO, un codificador en cuadratura con salidas de comunicación.
6. Ajustar el tipo de suministro de alimentación del codificador en el parámetro Pr 3.36 con el valor de 0 que corresponde a 5V.
 7. En Pr 3.34 ingresar el valor de pulsos por revolución del codificador del servomotor, para nuestro caso son 4096 ppr.
 8. Introducir el valor 7,50 que corresponde a la corriente nominal del motor en el parámetro Pr. 00.46. Asegurar que sea un valor igual o menor al valor nominal de amperaje del accionamiento para que no ocurran desconexiones It.AC durante el auto ajuste.
 9. Introducir el número de polos del servomotor en el parámetro Pr 0.42 que corresponde a 6 polos.
 10. En Pr 0.02 ajustar el valor de la velocidad máxima del servo en 5400 rpm.
 11. En Pr 0.03 y Pr 0.04 ajustar la velocidad de aceleración y desaceleración respectivamente.

12. En Pr 0.15 ajustar el tipo de rampa de frenado, en caso de tener conectada la resistencia de frenado, dejar configurado el parámetro como FAST, caso contrario en el valor estándar Std.
13. Es útil que el accionamiento realice un autoajuste del motor con el que va a trabajar. El autoajuste mide el ángulo de desfase del encoder del servomotor y calcula las ganancias de corriente.
14. El motor no debe recibir corriente cuando se realice el autoajuste y las pruebas breve y normal a baja velocidad hacen que el motor gire un máximo de 2 vueltas en la dirección seleccionada activando (On) en los terminales digitales T26 o T27, y que el accionamiento mida el ángulo de fase del codificador y actualice el valor de Pr 3.25. La prueba normal a baja velocidad también mide la resistencia del estator y la inductancia del motor, que permiten calcular las ganancias del bucle de corriente.
15. Los valores de Pr 0.38 y Pr 0.39 se actualizan al final de la prueba. La prueba breve a baja velocidad tarda unos 2 segundos, mientras que la prueba normal a baja velocidad tarda unos 20 segundos en terminar.

16. Ajuste Pr 0.40 en 1 para efectuar el autoajuste breve a baja velocidad, Pr 0.40 en 2 para el autoajuste normal a baja velocidad o Pr 0.40 en 5 para el autoajuste de movimiento mínimo.
17. Active la señal de ejecución (terminal 26 o 27).
18. Encienda la señal de activación del accionamiento (terminal 31).
19. En la parte inferior de la pantalla parpadearán “Auto” y “tunE” de forma alternativa mientras el accionamiento realiza la prueba, espere hasta que la indicación vuelva a ser “rdY” o “inh” y el motor se detenga.
20. Ajuste Pr 13.05 en un valor entre 0 y 3 para indicar la fuente de realimentación de posición y velocidad del Unidrive SP, 0 corresponde a la lectura del dispositivo de realimentación desde el puerto DB-9 en la cara frontal del accionamiento, mientras que los valores del 1 a 3 indican que se está usando una de las 3 ranuras de expansión del drive junto con uno de los módulos de resolución de realimentación.

21. En Pr 1.14 ajustar el selector de referencia de velocidad del drive, los valores del 0 al 2 representan el uso de las entradas analógicas de voltaje como referencia de velocidad, mientras que los valores del 3 al 5, representan un ajuste de la velocidad del motor a través de un valor ingresado al drive por parte del usuario.

6.3.2 COMUNICACIÓN PROFIBUS DEL UNIDRIVE SP.

En este apartado se explica las características del módulo de comunicación compatible con el accionamiento y los modos de transferencia de datos que este permite. Se da una explicación breve de la transferencia de datos de manera cíclica y no cíclica.

6.3.2.1 MÓDULO DE RESOLUCIÓN SM PROFIBUS DP.

El módulo de resolución SM PROFIBUS DP, es una tarjeta de expansión que puede instalarse en las ranuras del accionamiento para permitir la conexión del Unidrive SP a sistemas secundarios de PROFIBUS DP. En el caso del Unidrive SP, pueden usarse varias SM PROFIBUS DP o una combinación de un SM PROFIBUS DP y otros módulos de

resolución para agregar mayores funcionalidades al accionamiento.



Fig. 6.8. Módulo SM PROFIBUS DP [10]

Entre las especificaciones generales del módulo de resolución se encuentran:

- Velocidades de transferencia de datos admitidas (bit/seg): 12 M; 6,0 M; 3,0 M; 1,5 M; 500 k; 187,5 k; 93,75 k; 45,45 k; 19,2 k; 9,6 k.
- 32 palabras de datos cíclicos de entrada y 32 de salida admitidas como máximo.
- Compatibilidad total con objetos de datos de proceso de parámetro (PPO).
- Compatibilidad con canales de datos no cíclicos.

6.3.2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TERMINALES DEL SM PROFIBUS DP.

El SM-PROFIBUS-DP cuenta con un conector hembra estándar de tipo D con 9 terminales para la red PROFIBUS-DP.

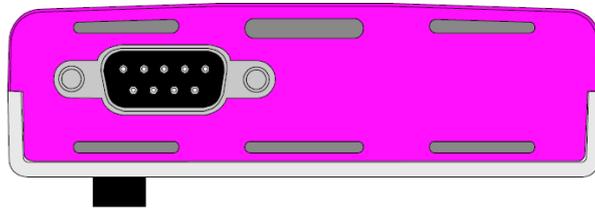


Fig. 6.9. Terminales del SM-PROFIBUS-DP [10].

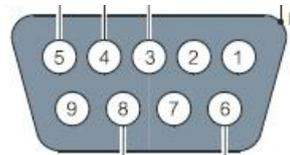


Fig. 6.10. Terminal de salida tipo D del SM-PROFIBUS-DP [10].

Terminal tipo D	Función	Descripción
3	RxD/TxD-P	Línea de datos positiva (B): rojo
8	RxD/TxD-N	Línea de datos negativa (A): verde
6	+ISO 5 V	+5 V aislado (sólo para resistencias terminales)

5	ISO 0 V	0 V aislado (sólo para resistencias terminales)
4	CNTR-P	Línea RTS
1, Exterior	Blindaje	Conexión de blindaje

Tabla 17. Conexiones internas del conector PROFIBUS.

6.3.2.3 DATOS CICLICOS.

Los datos cíclicos son un método de transmitir información de forma periódica, la transferencia de datos a alta velocidad se logra transmitiendo únicamente los bytes de datos a través de la red PROFIBUS y se direccionan utilizando la información de asignación local del controlador maestro del SM PROFIBUS DP para asegurar que se envían los datos correctos a las ubicaciones correctas. El SM PROFIBUS DP permite que cada canal de salida de datos cíclicos se le pueda asignar cualquiera parámetro de lectura y escritura del accionamiento, de igual manera, cada canal de entrada de datos cíclicos puede utilizar cualquier parámetro del drive como origen de datos. Los datos de salida, se refieren a los que se transmiten desde el sistema principal al

sistema secundario, mientras que los datos de entrada, se refieren a los datos que se devuelven de un sistema secundario al principal.

El número máximo de asignaciones de 16 bits posibles es: 32 sólo con datos cíclicos, 31 con datos no cíclicos de Palabra única de CT (modo 1) y 28 con palabra PPO 4 (modo 2). El número máximo de asignaciones de 32 bits posibles es: 16 sólo con datos cíclicos, 15 con datos no cíclicos de Palabra única de CT (modo 1) y 12 con palabra PPO 4 (modo 2).

El SM-PROFIBUS-DP se puede configurar hasta con 16 (32 bits) o 32 (16 bits) palabras de datos cíclicos ENTRADA y SALIDA. Las palabras de datos cíclicos ENTRADA y SALIDA se asignan mediante 10 parámetros de asignación (indicadores), uno para cada asignación. Además de los datos cíclicos, también es posible intercambiar datos no cíclicos mediante uno de los modos siguientes:

- Modo 1: Palabra única de CT
- Modo 2: Palabra PPO 4

El formato de datos del SM-PROFIBUS-DP se especifica como “NCC”, donde NN es el modo de datos no cíclicos y CC es el número de palabras de datos cíclicos.

Pr MM.05	N	CC	Modo no cíclico	Palabras cíclicas
1 a 32	0	1 a 32	Ninguno	1 a 32
100 a 131	1	0 a 31	Palabra única de CT	1 a 31
200 a 228	2	0 a 28	Palabra PPO 4	1 a 28

Fig. 6.11. Formatos de datos válidos del PROFIBUS-DP [10].

La referencia del parámetro de origen/destino se introduce en el parámetro de asignación con el formato MMPP, donde:

- MM = número de menú del parámetro de origen/destino
- PP = número de parámetro del parámetro de origen/destino

Canal ENTRADA	Parámetro de asignación		Canal SALIDA	Parámetro de asignación
0	Pr MM.10		0	Pr MM.20
1	Pr MM.11		1	Pr MM.21
2	Pr MM.12		2	Pr MM.22
3	Pr MM.13		3	Pr MM.23
4	Pr MM.14		4	Pr MM.24
5	Pr MM.15		5	Pr MM.25
6	Pr MM.16		6	Pr MM.26
7	Pr MM.17		7	Pr MM.27
8	Pr MM.18		8	Pr MM.28
9	Pr MM.19		9	Pr MM.29

Fig. 6.12. Canales y parámetros de asignación [10].

6.3.2.4 DATOS NO CICLICOS.

El modo de transferencia de datos no cíclica permite el acceso a cualquier parámetro del Unidrive SP sin tener que utilizar una transferencia de datos cíclica, lo cual es útil cuando se accede a varios parámetros distintos para configurar o guardar valores del accionamiento. Como se explicó anteriormente existen 2 tipos de transferencia de datos no cíclica, el modo 1 o palabra única de CT, y el modo 2 o palabra PPO 4 que es el método no cíclico de transferencia en el que nos concentraremos más debido a que es el que utilizaremos para los propósitos de nuestro proyecto debido a su simplicidad de implementación y una mejor estructura para especificar el parámetro y el valor a escribir o leer en él.

El modo 1 o palabra única de CT, permite tener acceso a leer o modificar los valores de cualquiera parámetro del Unidrive SP, utilizando un canal de entrada y uno de salida. Este sub protocolo requiere una secuencia de 4 o 6 telegramas para aplicar el acceso a los parámetros. Cada telegrama o palabra no cíclica consiste de 2 bytes, en donde el byte más significativo contiene los códigos de control para cada telegrama, mientras que el byte menos significativo contiene los datos.

Para configurar el modo Palabra única CT es necesario ajustar Pr MM.05 según la tabla 4 de este capítulo, luego ajustar Pr MM.32 en ON para reinicializar el módulo de resolución. Al reiniciar el SM-PROFIBUS-DP, se asignan el primer canal de entrada y primer canal de salida del módulo al parámetro de protocolo Palabra única de CT. Todos los demás parámetros asignados a canales de entrada y salida se bajan una palabra, es decir, las asignaciones anteriores ajustadas en Pr MM.10 y Pr MM.20 se

mostrarán ahora en Pr MM.11 y Pr MM.21, respectivamente.

El modo 2, es el modo de datos Palabra PPO 4, y es un método sencillo de transmitir datos no cíclicos sin necesidad de los telegramas del modo Palabra única CT pero con el inconveniente de necesitar 4 palabras de asignaciones.

Para configurar el modo de datos no cíclicos Palabra PPO 4 en un SM-PROFIBUS-DP, deben realizarse los pasos siguientes:

1. Ajuste Pr MM.05 en el modo necesario
2. Ajuste Pr MM.32 en ON para reinicializar el SM-PROFIBUS-DP.
3. Guarde los parámetros, si es necesario

Cuando se reinicializa el SM-PROFIBUS-DP, se asignan la palabra ENTRADA 0 a 3 y la palabra

SALIDA 0 a 3 en el parámetro del protocolo Palabra PPO 4. Todos los parámetros de asignación existentes se bajan 1 asignación, es decir, las asignaciones anteriores ajustadas en Pr MM.10 y Pr MM.20 se mostrarán ahora en Pr MM.11 y Pr MM.21, respectivamente.

En las siguientes tablas se muestra la estructura que deben tener las 4 palabras de datos de salida para hacer la petición del modo Palabra PPO 4.y acceder a un parámetro del accionamiento y escribir o modificar su valor.

Palabra de datos SALIDA	Función			
	b15-b12	b11	b10-b8	b7-b0
Palabra SALIDA 0	ID TAREA	0	MENU	
Palabra SALIDA 1	PARÁMETRO		Reservado	
Palabra SALIDA 2	Palabra DATOS MAS SIGNIFICATIVOS			
Palabra SALIDA 3	Palabra DATOS MENOS SIGNIFICATIVOS			

Fig. 6.13. Estructura de los datos SALIDA para el modo Palabra PPO 4 [10].

El ID TAREA especifica la transacción necesaria y el resto de las palabras de datos contienen los datos para la transacción. En la tabla siguiente se indican los posibles códigos ID TAREA.

ID TAREA	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
0	Ninguna tarea	No se requiere ninguna transacción no cíclica.
1	Específico de bus de campo	
2	Específico de bus de campo	
3	Específico de bus de campo	
4	Sin implementar	Reservado
5	Sin implementar	Reservado
6	Solicitar valor de Parámetro	Se lee el valor del parámetro en el accionamiento. Especifique MENÚ y PARÁMETRO, y ajuste la palabra DATOS MÁS SIGNIFICATIVOS y la palabra DATOS MENOS SIGNIFICATIVOS en 0.
7	Cambiar valor de parámetro (16 bits)	Se escribe el valor del parámetro de 16 bits en el accionamiento. Especifique MENÚ, PARÁMETRO y la palabra DATOS MENOS SIGNIFICATIVOS. (Se descartará cualquier valor de la palabra DATOS MÁS SIGNIFICATIVOS.) Esta función permite escribir en parámetros de 32 bits del accionamiento, pero el rango de valores está limitado a 16 bits.
8	Cambiar	Se escribe el valor del

	valor de parámetro (32 bits)	<p>parámetro de 32 bits en el accionamiento. Especifique MENÚ, PARÁMETRO, la palabra DATOS MÁS SIGNIFICATIVOS y la palabra DATOS MENOS SIGNIFICATIVOS.</p> <p>Esta función también permite escribir en parámetros de 16 bits del accionamiento, pero si no se ajusta la palabra DATOS MÁS SIGNIFICATIVOS en 0, se producirá un error de fuera de rango de valores.</p>
9	Solicitar referencia del último parámetro	<p>Devuelve el último parámetro del menú especificado. Especifique MENÚ. (Se descartarán los valores de PARÁMETRO, la palabra DATOS MÁS SIGNIFICATIVOS y la palabra DATOS MENOS SIGNIFICATIVOS.)</p>

Tabla 18. Códigos ID TAREA

Una estructura similar siguen las 4 palabras de entrada para hacer una petición del modo PPO 4 y acceder a cualquier parámetro del accionamiento y obtener el valor actual almacenado en el parámetro.

Palabra de datos ENTRADA	Función			
	b15-b12	b11	b10-b8	b7-b0
Palabra ENTRADA 0	ID RESPUESTA	0		MENU
Palabra ENTRADA 1	PARÁMETRO			
Palabra ENTRADA 2	Palabra DATOS MÁS SIGNIFICATIVOS			
Palabra ENTRADA 3	Palabra DATOS MENOS SIGNIFICATIVOS			

Fig. 6.14. Estructura de los datos ENTRADA para el modo Palabra PPO 4 [10].

El ID RESPUESTA indica el éxito o el fallo de la transacción solicitada. En la tabla siguiente se indican los posibles códigos ID RESPUESTA.

ID RESPUESTA	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
0	Ninguna tarea	Ninguna transacción no cíclica activa.
1	Específico de bus de campo	
2	Específico de bus de campo	
3	Sin implementar	
4	Transferir valor de parámetro (16 bits)	Devuelve un valor de datos de 16 bits del valor del parámetro especificado mediante el ID TAREA 6, o el cambio correcto del valor del parámetro (16 bits) especificado mediante el ID TAREA 7.
5	Transferir valor de parámetro	Devuelve un valor de datos de 32 bits del valor del parámetro

	(32 bits)	especificado mediante el ID TAREA 6, o el cambio correcto del valor del parámetro (32 bits) especificado mediante el ID TAREA 8.
6	Transferir referencia del último parámetro	Devuelve el último parámetro del menú especificado mediante la petición de la referencia del último parámetro, el ID TAREA 9.
7	Error: ID TAREA no se ha podido ejecutar	El ID TAREA especificado anteriormente no se ha podido completar. La palabra 3 devolverá un código de error que indica la causa del fallo del ID TAREA (consulte la tabla siguiente).
8	Error: parámetro de sólo lectura	El parámetro de destino especificado con el ID TAREA 7 o el ID TAREA 8 es de sólo lectura y no se puede modificar.

Tabla 19. Códigos ID RESPUESTA

Si se ha recibido el ID RESPUESTA 7, el código de error se puede obtener de la palabra 3 de la estructura de datos de entrada del modo PPO 4 (tabla 8) e indica la causa del fallo de la petición del ID TAREA

CÓDIGO ERROR	ERROR	DESCRIPCIÓN
0	Menú no válido	El menú especificado no existe.
1	Parámetro de sólo Lectura	El parámetro especificado es de sólo lectura y no se puede escribir en él.
2	Valor fuera de rango	El valor de datos especificado se encuentra fuera del rango del parámetro.
3	Menú/parámetro no Válido	El parámetro especificado no existe.
18	Error de parámetro	No hay disponible información del último parámetro.

Tabla 20. Códigos de error del modo Palabra PPO 4.

6.3.2.5 PROCEDIMIENTOS INICIALES.

El objetivo de esta sección es proporcionar una guía general para la configuración del SM-PROFIBUS-DP y un controlador maestro. Dependiendo si el módulo de resolución ha sido acoplado al accionamiento en cualquiera de las 3 ranuras de expansión, el menú de parámetros disponibles para el SM-PROFIBUS-DP serán los menús 15, 16 o 17.

Para configurar el módulo de resolución para comunicación PROFIBUS es necesario configurar la dirección del Unidrive SP dentro de la red, por lo que en Pr MM.04 (MM= número de menú del parámetro) ingresamos la dirección del accionamiento. La dirección puede ser un valor entre 1 y 125 dado que las direcciones 0 y 126 están reservadas para el sistema.

El SM-PROFIBUS-DP detecta automáticamente la velocidad de transferencia de datos de la red PROFIBUS-DP y se sincroniza con ella. Pr MM.04 indica la velocidad de transferencia de datos que ha detectado el SM-PROFIBUS-DP. A -1 indica que el SM-PROFIBUS-DP no ha detectado actividad en la red PROFIBUS y espera a que el controlador maestro inicie la comunicación.

Luego, es importante configurar, el tipo de transferencia de datos con la que se va a trabajar, cíclica o no cíclica, y asignar el número de palabras de

datos cíclicos a utilizar entre todos los canales de asignación de entrada y salida (Pr MM.10 a MM.29).

Utilizando como referencia el formato de datos mostrado en la tabla 4 de este capítulo, tenemos que un valor en Pr MM.05 entre 0 y 32 indica que se utilizarán máximo 32 palabras de datos de 16 bits para asignar parámetros del accionamiento a los canales de entrada y salida del módulo de resolución para que estos puedan ser transferidos y leídos por el maestro PROFIBUS de la red, en este caso el PLC S7-1200, y estos sean modificados y luego enviados hacia el esclavo nuevamente.

Si se desea utilizar una transferencia de datos del tipo no cíclica en conjunto con palabras de datos cíclicos, se debe sumar al valor entre 0 y 32 en Pr MM.05 una centena si se va a implementar el protocolo de Palabra única CT, o 2 centenas si el protocolo no cíclico deseado es el PPO 4.

Hay que recordar que implementando el protocolo de Palabra única CT, restarán 31 palabras de datos cíclicas y con el protocolo PPO 4 restarán 28 palabras de datos cíclicas para ser usadas en los canales de entrada y salida.

Finalmente, hay que reiniciar el módulo de resolución, cambiando a 1 el valor de PrMM.32, para que tomen efecto los cambios realizados.

CAPÍTULO 7

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA DE ENVASADO

Este capítulo trata la implementación de una aplicación que demuestre las posibilidades de uso del panel de entrenamiento para el Laboratorio de Electrónica de Potencia que se realizó para el presente proyecto. Se diseñó e implementó un sistema de envasado utilizando los servomotores de magneto permanente disponibles en el laboratorio, cuya operación será controlada mediante la HMI y el PLC en el panel.

En este capítulo se explica la programación del PLC para el control de los UNIDRIVE SP, la configuración y parametrización del UNIDRIVE SP para que los servomotores operen del modo deseado y el desarrollo de las pantallas de la HMI.

7.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ENVASADO

Junto con el planteamiento para la implementación de un panel de entrenamiento en la programación de PLC y HMI, se recibió la sugerencia de desarrollar una aplicación que demuestre la funcionalidad del panel utilizando los equipos existentes en el Laboratorio de Electrónica de Potencia. Luego de observaciones se decidió realizar una aplicación utilizando los servomotores AC de magneto permanente, modelo Unimotor fm de la marca Emerson que se encontraban disponibles dentro del laboratorio y para su control, se optó por los drives AC Unidrive SP. A pesar de que en el laboratorio existe cierta variedad de accionamientos compatibles con los servomotores elegidos, se optó por los Unidrive SP dado que se encontraban aún sin ser utilizados en alguna otra aplicación o panel además de que estos ofrecían la posibilidad de comunicación PROFIBUS haciendo uso de las tarjetas de expansión adquiridas junto con los drives.

Como aplicación del panel se decidió implementar un sistema automatizado de envasado por tornillo sinfín utilizando los servomotores AC. Básicamente el proceso consistirá de una banda transportadora, la cual llevará recipientes plásticos vacíos desde un extremo para detenerse en una posición determinada por un sensor fotoeléctrico de barrera del tipo reflexivo. En dicha posición el recipiente se encuentra bajo la boquilla de una tolva de llenado, la cual en su interior posee un tornillo sinfín que al girar cierto número de vueltas dejará caer dentro del recipiente un volumen determinado del producto en el interior de la tolva. Una vez el tornillo termine de girar, la banda vuelve a avanzar hasta que el sensor detecte un nuevo recipiente. El producto a dosificar recomendado para estos sistemas de envasado en el ámbito industrial tiende a ser polvo, granos y cereales que muestren una contextura compacta dentro de un contenedor, y localmente este sistema de dosificación se utiliza por ejemplo en la industria farmacéutica y de alimentos.

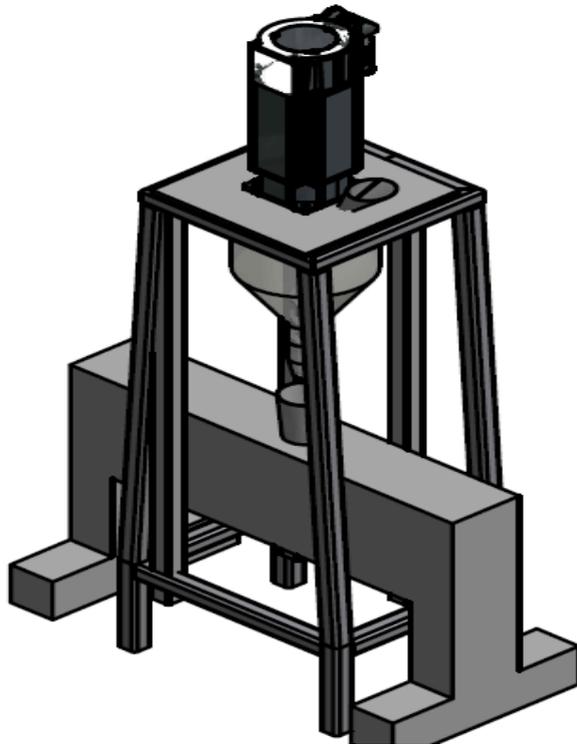


Fig. 7.1. Diseño de la estructura externa de la tolva y el sistema de envasado

Tanto la banda transportadora como el tornillo sinfín en el interior de la tolva serán accionados por los servomotores AC y sus respectivos Unidrive SP, tanto parámetros como la velocidad, marcha, parada de banda transportadora y el número de giros del tornillo sinfín, serán controlados por el PLC S7-1200 en el panel en conjunto con la HMI KTP-600, la cual utilizaremos para crear una interfaz gráfica para el operador del sistema de envasado a través de la cual podrá modificar dichos parámetros.

Por limitaciones de espacio físico y de presupuesto, la implementación del sistema de envasado como aplicación demostrativa del panel estará reducida a solamente la etapa de envasado del producto lo que reduce considerablemente el número de variables en general a controlar dado que obviamente un sistema completo de estas características en la industria abarca también etapas de despaletizado de los recipientes, esterilización, tapado del recipiente y etiquetado del mismo.

Con el propósito de que la automatización del sistema de envasado tenga similitudes con lo que se puede encontrar en el ambiente industrial, se decidió implementar varios modos de funcionamiento. Un modo automático en el cual la banda transportadora avanzará moviendo los recipientes hasta cierta posición donde el sensor fotoeléctrico detecte la presencia de uno de ellos, el PLC detenga el servomotor en la banda y empiece el llenado del recipiente al momento que el PLC de la orden al respectivo Unidrive SP para que el servomotor acoplado al tornillo sinfín empiece a girar un determinado número de vueltas, y luego de terminar las revoluciones la banda regresa automáticamente a su estado de marcha hasta que otro recipiente sea detectado por el sensor. De la misma manera, el sistema en modo manual opera de manera casi idéntica con la

excepción de que mientras la banda transportadora está en movimiento y uno de los recipientes es detectado por sensor fotoeléctrico, la banda se detiene pero la dosificación no empieza hasta que el operador de la orden a través de la interfaz creada en la pantalla KTP-600.



Fig. 7.2. Planta de dosificación.

En la figura 7.2 se puede apreciar la aplicación demostrativa del panel de entrenamiento, conformada por 2 servomotores AC que comandan la banda transportadora y el tornillo sinfín. En la figura 7.3 se aprecia de manera más clara el montaje del sensor fotoeléctrico de barrera en los rieles de la banda transportadora para detectar la presencia del recipiente en dicha posición.

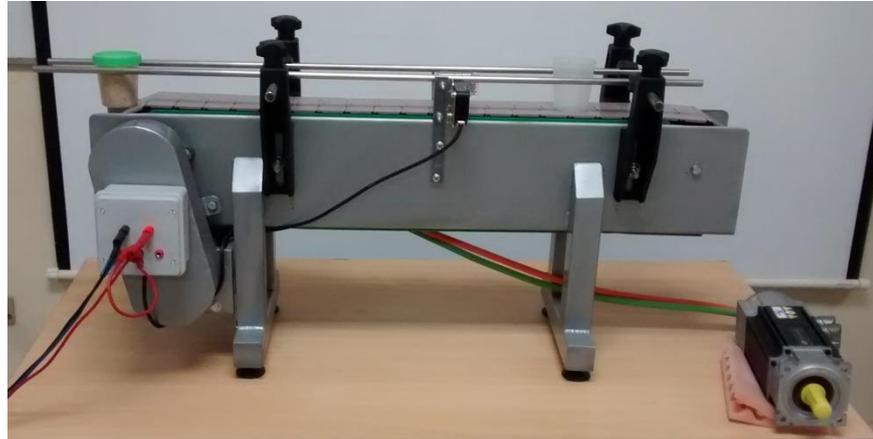


Fig. 7.3. Banda transportadora

7.2 AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE ENVASADO.

La automatización de un sistema requiere primeramente determinar las variables más importantes o claves del mismo y sus rangos de operación los cuales toman en consideración las limitaciones físicas o económicas del proceso.

7.2.1 DETERMINAR VARIABLES A CONTROLAR.

Las variables del sistema de envasado a implementar están definidas principalmente por los objetivos y limitaciones iniciales del mismo anteriormente mencionadas, cabe destacar que el sistema a implementar no tendrá control del nivel o de la cantidad de producto dentro de la tolva, no habrá control de atascamientos sobre la banda ni de recipientes caídos y el

llenado del producto al interior de la tolva se hará de manera manual. Por lo tanto, el proceso de envasado a automatizar será básicamente el siguiente:

- Llevar recipientes vacíos a lo largo de una banda transportadora, la cual ubicará un recipiente bajo la boquilla de una tolva de dosificación.
- Una vez se detecte que el recipiente se encuentra en la posición deseada, se detiene la banda transportadora y se empieza la dosificación haciendo girar el tornillo sinfín en el interior de la tolva.
- Una vez finalizada la dosificación, la banda transportadora reinicia su marcha hasta que se detecte nuevamente un recipiente bajo la tolva de dosificación.

La banda transportadora está acoplada mediante un sistema de transmisión de cadena al eje de uno de los servomotores AC, la velocidad de giro del eje de este servomotor está dada en RPM por el parámetro 1.01 del Unidrive, a su vez, se puede fijar la referencia de velocidad del servomotor fijando el parámetro

1.14, “Reference selector” como “Precisión reference” y luego fijar el set-point de velocidad en el parámetro 1.18.

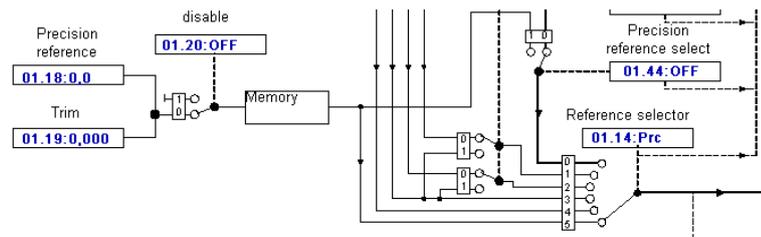


Fig. 7.4 Selector y ajuste de referencia de velocidad

La posición del recipiente a llenar, es determinada por un sensor fotoeléctrico de barrera del tipo retro reflexivo de la marca Autonics modelo BEN5M - MFR, el cual consiste de un reflector más un dispositivo que incluye tanto un LED emisor y un receptor infrarrojo que posee un filtro polarizador de luz.

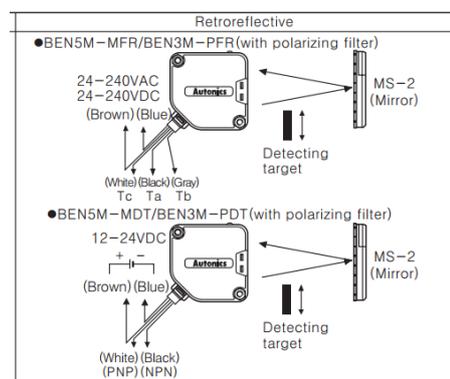


Fig. 7.5. Diagrama de conexiones del sensor fotoeléctrico

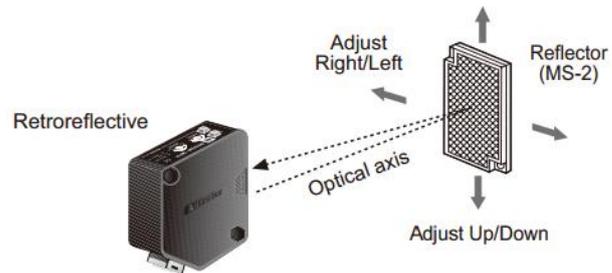


Fig. 7.6. Esquema de funcionamiento del sensor retroreflectivo.

La luz emitida para ser detectada por el receptor, tiene que ser reflejada por el “espejo” o reflector para ser primeramente polarizada y luego llegar hasta el filtro polarizador del receptor y poder ser detectada. Este proceso tiene el propósito de evitar que el sensor se vea afectado por fuentes de luz ajenas a su propio emisor. El sensor puede ser alimentado por un voltaje de 24 a 240 Voltios AC o DC, y tiene 3 cables para salida de relé con su respectivo contacto normalmente abierto y normalmente cerrado.



Fig. 7.7. Sensor fotoeléctrico y reflector.

Para la implementación de un sistema de llenado mediante un tornillo sinfín, la variable principal a controlar es el número de giros del tornillo acoplado al eje del segundo servomotor AC a utilizar. Dado que entre cada anillo del tornillo sinfín existe un volumen fijo en forma de “corona cilíndrica”, ese volumen de producto en teoría fijo, en cada revolución por efecto de la gravedad pasará desde la parte superior de la tolva hasta la parte inferior del tornillo y caerá dentro del recipiente situado bajo la boquilla de la tolva.

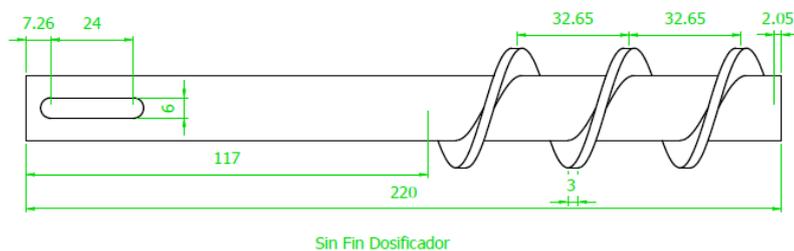


Fig. 7.8. Diseño del tornillo sinfín por parte del fabricante

Por lo tanto, para un determinado número de vueltas del tornillo sinfín se dispensa un determinado volumen de producto. Dependiendo de la densidad del producto, el volumen a ser envasado tendrá un peso determinado. Por lo que al controlar el número de giros del tornillo, controlaremos la cantidad de

producto que cae al recipiente desde la tolva, y por lo tanto su peso.

Para hacer control de revoluciones se debe modificar el valor del parámetro 13.20, "Revolutions", sumando el valor actual en el parámetro más el número de giros deseados en ese momento. Por otro lado, cuando el hacemos control del posición o de revoluciones, el Unidrive SP limita la velocidad del eje con el parámetro 13.12, "Speed clamp" con un valor en RPM de 0 a 250.

7.2.2 ESTABLECER RANGOS DE OPERACIÓN DE VARIABLES.

Para el debido funcionamiento del sistema de envasado, se decidió que el servomotor acoplado a la banda transportadora opere a velocidades menores a las 100 RPM puesto que a velocidades mayores, se comprobó un deslizamiento demasiado considerable del recipiente sobre la banda cuando esta se detiene al ser detectado por el sensor fotoeléctrico.

El servomotor acoplado a la banda siempre tendrá 3 velocidades de operación predeterminadas, de la misma

manera el tornillo sinfín tiene 3 velocidades de operación por lo que existen 3 “velocidades del producción” que el operador del panel puede escoger, Mínima, Media, Máxima.

Para simplificar los modos de operación, cada velocidad de producción a escoger corresponde tanto a un valor en RPM de velocidad del servomotor en la banda, y otro valor de velocidad del servomotor acoplado al tornillo como muestra la siguiente tabla.

Velocidad de servomotores	Velocidad de Producción		
	Mínima	Media	Máxima
Banda (rpm)	20	35	50
Tornillo (rpm)	100	150	200

Tabla 21. Velocidad producción vs Velocidad de servomotores.

Para la dosificación del producto en el recipiente es necesario controlar el número de revoluciones del tornillo sinfín, por lo que para propósitos demostrativos del panel de entrenamiento y el sistema de envasado, se programaron 3 distintas cantidades de llenado, las que corresponden a 10, 20 y 30 revoluciones del tornillo sinfín.

7.2.3 CONFIGURACIÓN DE LOS DRIVES PARA EL USO DE LOS SERVOMOTORES AC.

Dado que los servomotores utilizados en el presente proyecto, tienen un modo de operación diferente, la configuración de los parámetros de sus respectivos drives tiene diferencias clave. Para los 2 Unidrive SP utilizados, se ha acoplado la tarjeta de comunicación PROFIBUS en la tercera ranura.

Para configurar el drive que maneja el servomotor de la banda transportadora se debe aplicar la siguiente configuración:

- El PLC para controlar el Unidrive SP en la banda necesita establecer un enlace de comunicación PROFIBUS para poder leer y modificar remotamente los parámetros del drive. Por lo que primero es necesario configurar la dirección del nodo dentro de la red, para esto configuramos Pr 17.03 = 3.

- Para configurar el tipo de transferencia de datos entre el PLC y el Unidrive SP se configura Pr 17.05 = 216, lo que corresponde a 16 palabras de datos cíclicos y a 4 palabras de datos no cíclicos del modo PPO4.

- Para terminar de establecer la configuración se necesita asignar los parámetros, que el PLC va a leer o modificar, a los respectivos canales de comunicación de entrada o salida del drive, por ejemplo, Pr 10.40 que corresponde al “Status Word” del accionamiento, se asigna al segundo canal de entrada (el primero está asignado automáticamente para datos no cíclicos) configurando Pr 17.11 = 1040.

- Canales de entrada:

Pr 17.11 = 1040 Status Word

Pr 17.12 = 809 Drive Enable Indicator

Pr 17.13 = 502 Output Voltage

Pr 17.14 = 401 Current Magnitude

- Canales de Salida:

Pr 17.21 = 642 Control Word

Pr 17.22 = 118 Precision Reference Coarse

Parameter	Description	Default	Memory
17.00	Parameter 0	0	0
17.01	Solutions Module ID	403	403
17.02	Solutions Module software version	0,00	3,02
17.03	Fieldbus Node Address	126	3
17.04	Fieldbus Baud Rate	0	3
17.05	Mode	4	216
17.06	Fieldbus diagnostic	0	554
17.07	Trip delay time	200	200
17.08	Little endianism select	0	0
17.09	Register control	0	0
17.10	'I' data register 0	1040	6151
17.11	'I' data register 1	201	1040
17.12	'I' data register 2	0	809
17.13	'I' data register 3	0	502
17.14	'I' data register 4	0	401
17.15	'I' data register 5	0	0
17.16	'I' data register 6	0	0
17.17	'I' data register 7	0	0
17.18	'I' data register 8	0	0
17.19	'I' data register 9	0	0
17.20	'O' data register 0	642	6151
17.21	'O' data register 1	121	642
17.22	'O' data register 2	0	118
17.23	'O' data register 3	0	0
17.24	'O' data register 4	0	0

Fig. 7.9. Canales de comunicación del drive para servomotor en banda transportadora

- La banda transportadora necesita que el servomotor opere como un motor eléctrico común y corriente con la diferencia que este es capaz de detenerse y mantener fija la posición de su eje. Para esto se configura el “Position Control Mode”, Pr 13.10 = 5. “Position Control Reference Selector”, Pr 13.04 = 0 y “Feedback Selector”, Pr 13.05 = 0, configura el drive para obtener la referencia y retroalimentación del controlador de posición desde el encoder conectado a la interfaz fija en la

parte frontal del accionamiento. "Reference Selector", Pr 1.14 = 5 establece al valor en Pr 1.18 como el setpoint de velocidad en RPM del motor.

Para el Unidrive SP que controla el servomotor acoplado al tornillo sinfín la configuración es la que sigue:

- Configuración para el enlace PROFIBUS con el PLC:

Pr 17.03 = 2

Pr 17.05 = 216

- Canales de entrada:

Pr 17.11 = 1040 Status Word

Pr 17.12 = 328 Drive Encoder Revolution Counter

Pr 17.13 = 502 Output Voltage

Pr 17.14 = 401 Current Magnitude

Pr 17.15 = 809 Drive Enable Indicator

- Canales de Salida:

Pr 17.21 = 642 Control Word

Pr 17.22 = 1312 Position Controller Speed Clamp

Parameter	Description	Default	Memory
17.00	Parameter 0	0	0
17.01	Solutions Module ID	403	403
17.02	Solutions Module software version	0,00	3,02
17.03	Fieldbus Node Address	126	2
17.04	Fieldbus Baud Rate	0	3
17.05	Mode	4	216
17.06	Fieldbus diagnostic	0	554
17.07	Trip delay time	200	200
17.08	Little endianism select	0	0
17.09	Register control	0	0
17.10	'T' data register 0	1040	6151
17.11	'T' data register 1	201	1040
17.12	'T' data register 2	0	328
17.13	'T' data register 3	0	502
17.14	'T' data register 4	0	401
17.15	'T' data register 5	0	809
17.16	'T' data register 6	0	0
17.17	'T' data register 7	0	0
17.18	'T' data register 8	0	0
17.19	'T' data register 9	0	0
17.20	'O' data register 0	642	6151
17.21	'O' data register 1	121	642
17.22	'O' data register 2	0	1312
17.23	'O' data register 3	0	0
17.24	'O' data register 4	0	0

Fig. 7.10. Canales de comunicación para drive en la tolva.

- La función de dosificador del tornillo sinfín en este proyecto depende del control del número de giros del mismo a comandado por el PLC S7-1200 a través del Unidrive SP, por lo que a diferencia del drive del servomotor en la banda transportadora, en este el parámetro “Position Control Mode”, Pr 13.10 = 1.

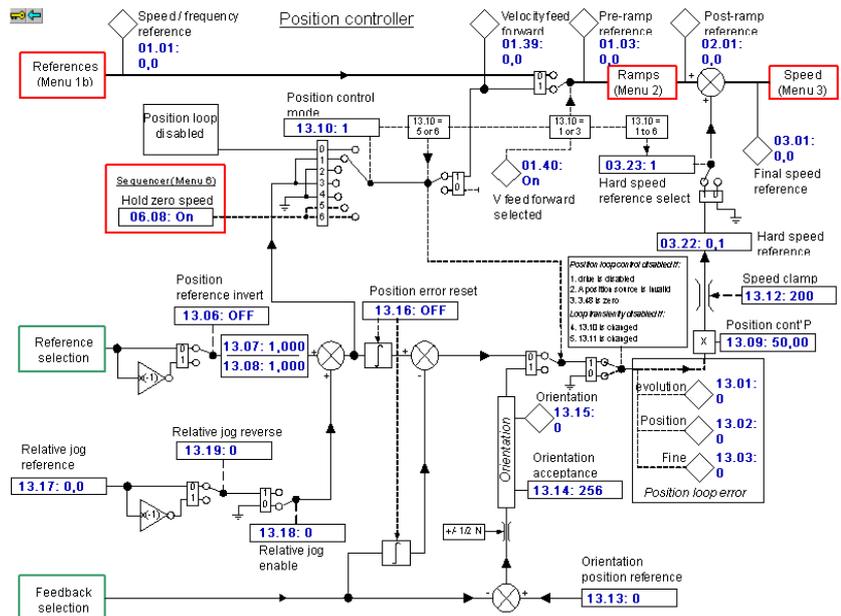


Fig. 7.11. Diagrama de bloques del control de posición del Unidrive SP para el servo en la tolva.

- “Position Control Reference Selector”, Pr 13.04 = 4 establece como la referencia del controlador de posición del Unidrive SP a los parámetros 13.20, 13.21, 13.22, los cuales pueden ser modificados para especificar el número de revoluciones o la posición angular del eje del servomotor con una precisión de 1/65536.

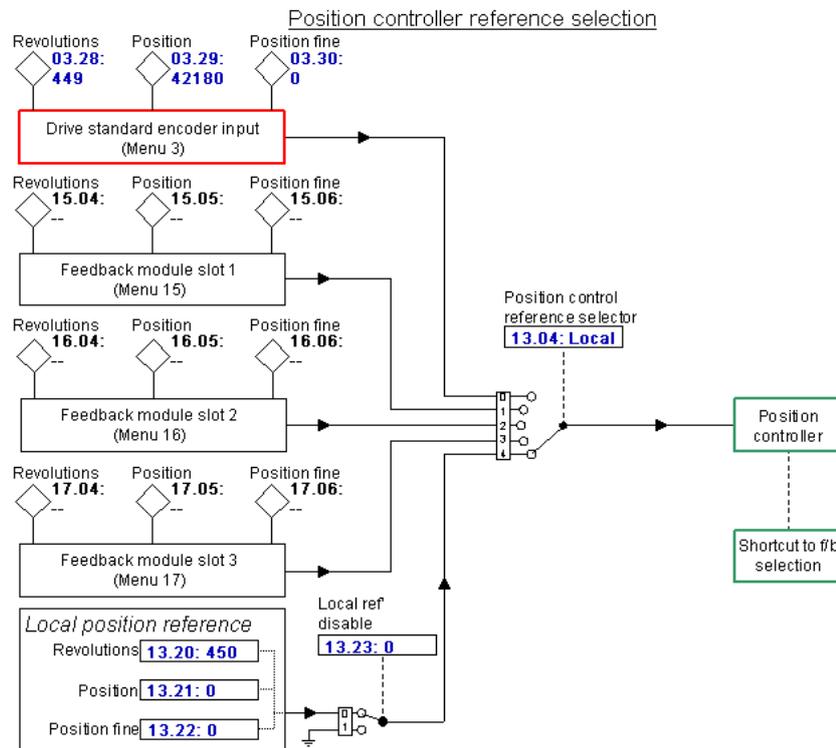


Fig. 7.12. Diagrama del seleccionador de referencias del Unidrive SP para el servo en la tolva.

- “Feedback Selector”, Pr 13.05 = 0.

7.2.4 DESARROLLO DEL PROGRAMA DEL PLC PARA AUTOMATIZAR EL SISTEMA DE ENVASADO.

La programación del PLC S7-1200 se hizo en el software TIA PORTAL de Siemens, La programación en lenguaje Ladder se realizó en varios bloques y además el código del bloque Main del programa se dividió en segmentos de acuerdo a la función que desempeña el código.

TESIS LANDÍVAR - YUMBLA	
▶	Segmento 1: INICIO DEL PROGRAMA CON BOBINAS PARA EL SISTEMA
▶	Segmento 2: PANTALLA DRIVE DISPENSADOR
▶	Segmento 3: PANTALLA DRIVE BANDA TRANSPORTADORA
▶	Segmento 4: PPO4 WORD A PARÁMETRO 13.20 ESCRIBIR # DE VUELTAS AUTO/MANUAL
▶	Segmento 5: GIRO DEL TORNILLO SIN FIN
▶	Segmento 6: CONTROL DE LA BANDA MODO AUTOMÁTICO
▶	Segmento 7: BLOQUES DE FUNCIÓN EN MODO AUTOMÁTICO
▶	Segmento 8: BLOQUES DE FUNCIÓN EN MODO MANUAL
▶	Segmento 9: MODO MANUAL
▶	Segmento 10: MODO DOSIFICADORA
▶	Segmento 11: BANDA TRANSPORTADORA
▶	Segmento 12: MANTENIMIENTO

Fig. 7.13. Segmentos de la programación del bloque Main.

El primer segmento del bloque Main del programa, consiste principalmente en bobinas y contactos para validación de las pantallas que el usuario está utilizando en la interfaz de la KTP-600. Además encontramos un bloque MOVE utilizado para escribir 16#0180 tanto en la Control Word del servomotor en la banda como del tornillo dispensador de la tolva, esto está dado para que se desbloquee el eje de los motores y a la vez se los inhabilite en caso de que cualquiera de los 2 drives detecten un fallo o el usuario presione el botón de paro de emergencia. Cuando los Unidrive SP no presentan ningún fallo, el primer bit del Status Word de los accionamientos está activado (“1” lógico), cuando se existe un fallo de los accionamientos, el

motor, o de línea de alimentación, se produce un “trip” o alarma en el drive y el primer bit del Status Word pasa a cero y desactiva los contactos %M5.5 y %M5.2, haciendo que se también se desactiven y desbloqueen los drives y servomotores, deteniendo toda operación.

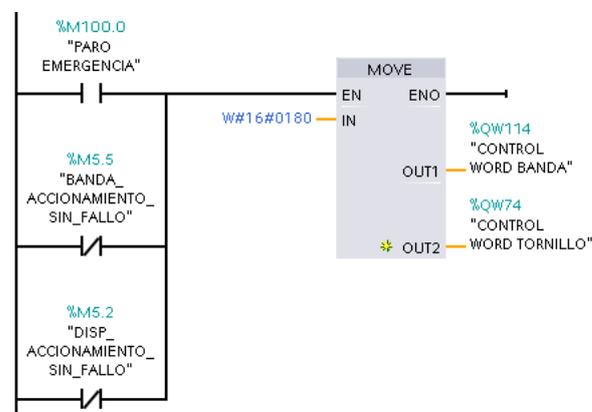


Fig. 7.14. Parada de emergencia y fallo de accionamientos.

El segundo segmento del bloque Main del programa, utiliza un bloque MOVE para tomar los datos del “input word” proveniente del Unidrive SP acoplado al tornillo sinfín. El bloque transfiere %IW78 que contiene la palabra de estado del accionamiento hacia %MW26, una ubicación de memoria del PLC con tipo de datos “Word”. Este procedimiento es necesario para poder separar en bits el Status Word del drive y poder manipular dicha información. Se utilizan los bits 0, 1, 7, correspondientes a

“Accionamiento en perfecto estado”, “Accionamiento Activo” y “Carga Alcanzada” respectivamente y se los asocia a una bobina interna del PLC. De la misma manera se hace con el primer bit de T31_TORNILLO_ENABLE el cual indica que el “enable” físico del drive respectivo se encuentra conectado.

El contacto %M100.2 “REINICIO DRIVE TORNILLO” representa el botón de reinicio del respectivo accionamiento que se muestra en una de la pantalla “DRIVE SERVO TOLVA” de la HMI. Al pulsarlo, se activa el bit 13, “REINICIO” del Control Word del respectivo accionamiento. Esto es necesario cuando se produce algún fallo en el drive, ya que es necesario hacer un reinicio una vez resuelto el problema.

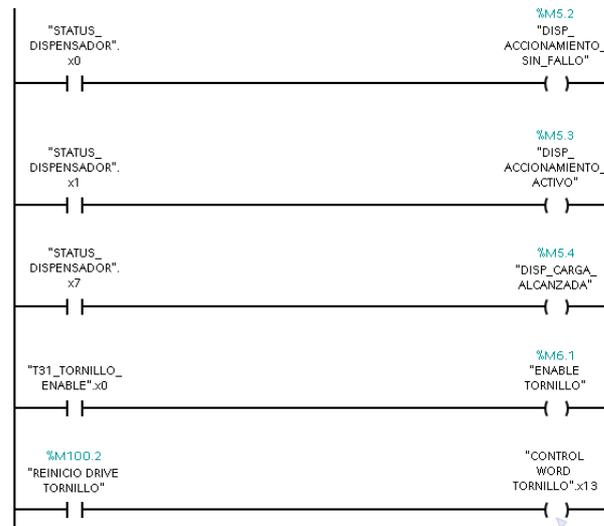


Fig. 7.15. Manipulación de bits de la palabra de control y de estado del Unidrive SP.

El segmento 3 repite el mismo procedimiento que el segmento anterior, con la única diferencia que en este caso se manipulan el Control Word, Status Word y el enable físico del servomotor acoplado a la banda transportadora.

Los bloques dentro del cuarto segmento del programa, tienen la función de modificar de forma no cíclica los datos en el parámetro 13.20 del Unidrive SP del servomotor en la tolva usando el modo de datos PPO4. Dado que PPO4 utiliza 4 palabras de 16 bits de datos no cíclicos para leer o modificar cualquier parámetro del drive, se utilizan 4 bloques MOVE. En

la primera palabra se escribe 16#700D que corresponde al ID TAREA = 7 (especificando que se modificará un parámetro de 16 bits) y al menú de parámetro 13 (ver tablas 6 y 7 del capítulo 5). La segunda palabra se modifica con un valor de 16#1400 indicando en hexadecimal el parámetro 20 del menú 13.

Tercera palabra de datos PPO4 se pone a 16#0000 ya que sólo corresponde a los bits más significativos del dato a escribir y necesitaremos 16 bits para indicar el número de revoluciones. Finalmente la 4 palabra de datos PPO4 se asigna con la variable interna %MW10, "VAR1", que indica el número exacto de revoluciones que el tornillo sinfín debe de girar.

Dentro del mismo segmento observamos 2 bloques MOVE adicionales, estos se utilizan para validar que tanto en el modo automático o manual del sistema de envasado, se active el servomotor en la tolva cuando el sensor detecte un recipiente en su posición, o se desactive el mismo servomotor cuando se haya terminado de dosificar.

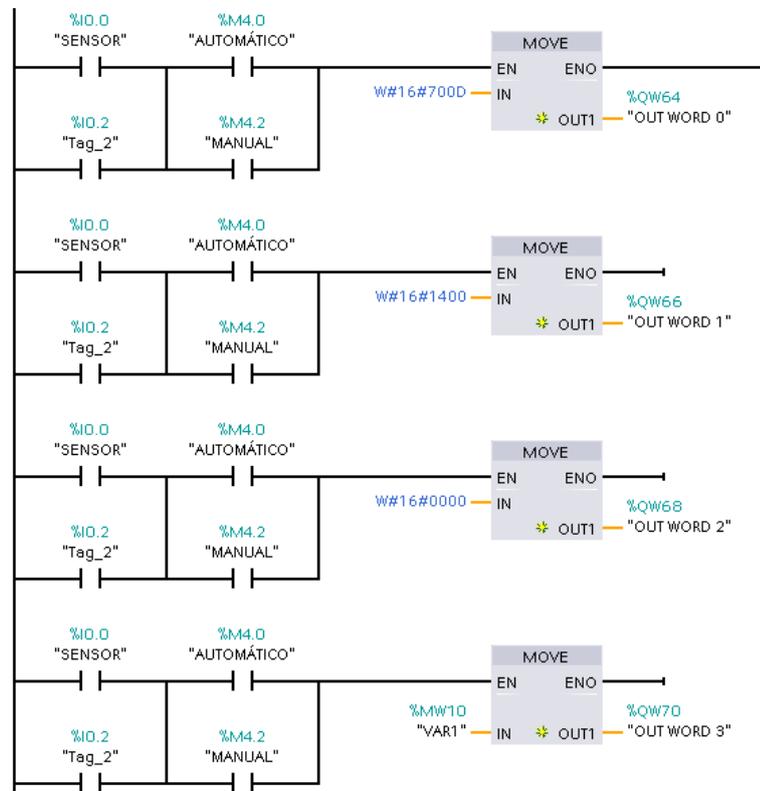


Fig. 7.16. Escritura de datos no cíclicos tipo PPO4.

El quinto segmento del bloque Main del programa es el encargado de la rutina de asignar el número de revoluciones a girar por parte del tornillo cada vez que reciba la orden y de indicar el final de la dosificación. El mismo segmento se ha validado para ser utilizado en el modo automático, manual, o dosificador. Básicamente consiste en realizar un enclavamiento una vez reciba la señal del sensor de la presencia de un recipiente vacío bajo la tolva en el modo automático, o que el

operador ha presionado “LLENAR” en el modo manual o “INICIAR” en modo dosificador.

Luego de recibir la orden de llenado, se hace una lectura del parámetro 3.28 del drive asignado a la variable del PLC %IW82, que indica el número actual de revoluciones ya efectuadas. Este valor se almacena temporalmente en la variable interna “VAR2”, la cual en un bloque ADD se suma con el número de vueltas a dar %MW24, “NUM GIROS”, previamente determinado por la pantalla “DOSIFICACIÓN DE PRODUCTO” y el bloque de función DOSIFICACIÓN del programa, y el resultado de dicha suma se almacena en “VAR3”. Simultáneamente “VAR1” se suma con “NUM GIROS” y almacena en si misma el resultado para ser usada en el segmento 4 y modificar el parámetro 13.20 del Unidrive SP. “VAR1” y “VAR3” terminan con el mismo valor. Dado que en el segmento 4 el drive del servomotor se había habilitado para girar, inmediatamente después de que se modifica con un nuevo valor el número de revoluciones en el parámetro 13.20, el eje del servomotor empieza a girar un número de revoluciones igual a la diferencia entre el nuevo valor en 13.20 y el valor anterior para automáticamente se detiene al finalizar. Se hace

una comparación entre “VAR3” y %IW82 “REV TOTAL”, para asegurar que el servomotor efectuó el número de revoluciones indicado, desenclavar las bobinas internas del proceso de dosificación, deshabilitar el drive del servo e indicar que el programa está listo para un nuevo llenado.

El control del movimiento o bloqueo y parada de la banda transportadora se efectúa en el segmento 6. Si en la pantalla “AUTOMÁTICO” de la HMI, el operador presiona el botón INICIAR, se modifica los parámetros 1.18 “Precisión Reference Coarse” y 6.42 “Control Word”, escribiendo el valor de velocidad en RPM del servomotor acoplado a la banda y se activa el bit de marcha en la palabra de control del drive. Cuando el sensor detecta un recipiente se desactiva el bit de marcha en la palabra de control del drive y la banda se detiene. Una vez se reciba la señal de que ha terminado el proceso de llenado, el bit de marcha se vuelve a activar y la banda vuelve a avanzar. Si estando en modo automático se presiona DETENER, se fija en 0 la velocidad del servomotor.

Los segmentos 7 y 8 son sólo la implementación de los bloques de función DOSIFICACIÓN y VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN

dentro del bloque Main del programa del PLC. El bloque VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN al ser llamado recibiendo un 1 lógico en su entrada “En” desde el Main, devuelve los valores de velocidad del servo en la banda y el servo en la tolva dependiendo de cuál de sus entradas sea activada. De igual manera, el bloque de función DOSIFICACIÓN devuelve el número de revoluciones a girar por parte del tornillo sinfín.

El modo manual, desarrollado en el segmento 9, es similar al modo automático en el aspecto de que básicamente funciona dando marcha a la banda transportadora cuando en la pantalla del modo manual se presiona AVANZAR, y detener la banda al presionar PARAR. En el modo manual, de igual manera se utiliza el sensor para detectar la presencia del recipiente bajo la tolva, pero esto provoca que la banda se detenga al instante y sin empezar el ciclo de llenado, el cual sólo empezará hasta que el operador presione en la pantalla LLENAR, y una vez terminado el ciclo de llenado, al presionar nuevamente AVANZAR, la banda podrá avanzar hasta que el sensor detecte nuevamente un recipiente.

Finalmente, se quiso implementar un pequeño apartado del programa, en dónde se hace uso de la dosificación por parte de la tolva sin utilizar la banda transportadora. En el segmento 10 al igual que en el 4, se realiza un enclavamiento de bobinas al momento de que el operador el modo dosificador, presiona el botón INICIAR. Lo cual activa el bit de marcha del drive del servomotor en la tolva, lo que le lo habilita para empezar a girar y también, haciendo uso del modo de datos PPO4, escribe en el parámetro 13.20 del drive, el número de revoluciones que debe girar el tornillo, este número debe ser ingresado manualmente por pantalla por el operador. Cabe recalcar que el segmento 10 es una extensión del segmento 4 ya que utilizan la misma estructura para ordenar el número de revoluciones del tornillo.

7.2.5 DESARROLLO DE LAS VENTANAS EN LA HMI PARA CONTROLAR Y MONITOREAR EL SISTEMA ENVASADO.

Para comenzar con el desarrollo de las ventanas en la HMI que se utilizara para el control y monitoreo del sistema de envasado se estableció que estas ventanas serán para demostración didáctica de como serian en la industria aunque lo que se busca es un uso completo de lo que el programa TIA PORTAL me ha permitido, todo esto fue explicado en un capitulo anterior, en

este se explicara cada una de las ventanas como de diseño para el sistema de envasado.

Para este diseño se pensó en tener modos de operación del sistema de dosificación, para que sea accesible a los operadores de la industria comenzando por modo de producción automático y continuo en lo que no se necesitaría más de dos operadores en que estaría en la producción, se pensó en el modo manual en el que debe estar siempre el operador controlando la HMI en su totalidad

Se tiene los modos por separados de la tolva dosificadora para hacer uso de ella solo en cualquier aplicación para poder dosificar cuanto se necesite y en cualquier tipo de recipiente claro acompañado de un operador que maneje la HMI y otro que coloque el recipiente debajo de la tolva, así mismo el modo de la banda transportadora para cualquier otra aplicación que se tenga la cual se configurara una ventana en la cual podamos ingresar la velocidad con la que se trabajara y activar o desactivar el sensor con su tiempo indicado.

Se va a realizar modos de mantenimiento preventivos que en las industrias se utiliza donde comprobaremos el funcionamiento total de nuestro sistema.

A continuación se explicaran una a una las ventanas que se diseñaron en base a los requerimientos previos:

- **INICIO:** En esta ventana mostramos la introducción donde se especifica el nombre del proyecto de graduación y tenemos dos botones uno que es el INICIO que te lleva a la imagen del MENU PRINCIPAL y también tenemos el botón de IMAGENES DEL SISTEMA este nos lleva al menú del sistema.

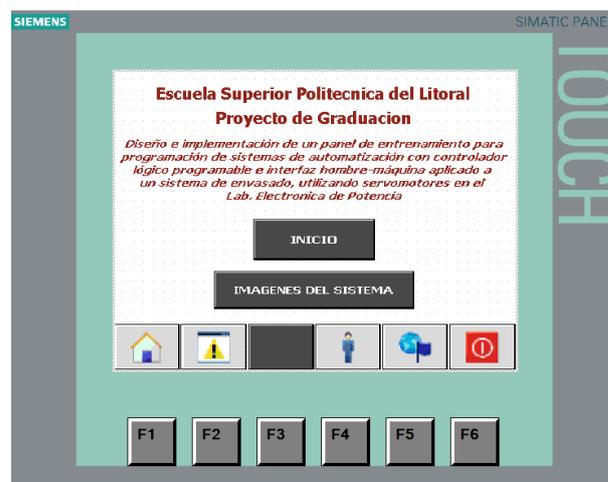


Fig. 7.17. Ventana INICIO.

- **MENU PRINCIPAL:** En esta ventana mostramos el menú principal en el cual esta los modos de operación automático, manual, tolva dosificadora, banda transportadora y mantenimiento, también podemos acceder a los menús de los drives.



Fig. 7.18. Ventana MENU PRINCIPAL.

- **MODO AUTOMATICO:** En esta ventana tenemos el control del sistema de envasado en modo automático el cual mediante los botones de iniciar y detener se activa el proceso; en esta ventana también tenemos acceso por botón a la velocidad de producción y dosificación del producto así como también acceso a las ventanas de los

drives y observar cómo se comporta el sistema mediante una simulación.

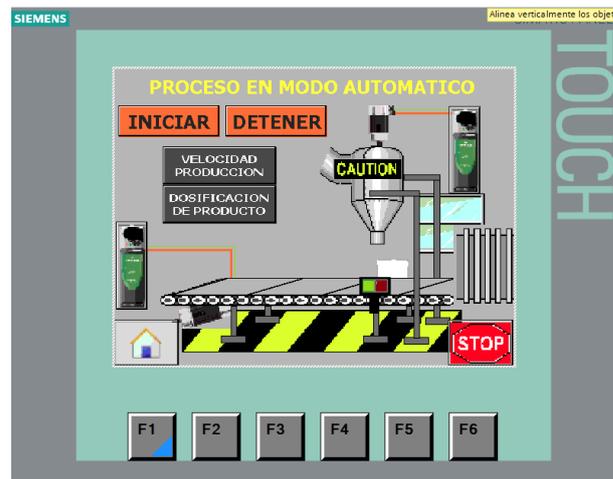


Fig. 7.19. Ventana MODO AUTOMATICO.

- MODO MANUAL:** En esta ventana tenemos el control del sistema de envasado en modo manual el cual, mediante los botones de iniciar, llenar y parar el proceso, comienza en el momento que activamos el botón avanza; en este momento comienza a avanzar la banda hasta que el sensor detecte el recipiente, en ese momento podemos activar el botón de LLENAR con esto se dosifica y continua, a esta ventana también tenemos acceso por botón a la velocidad de producción y dosificación del producto, así como también

acceso a las ventanas de los drives y observar cómo se comporta el sistema mediante una simulación.

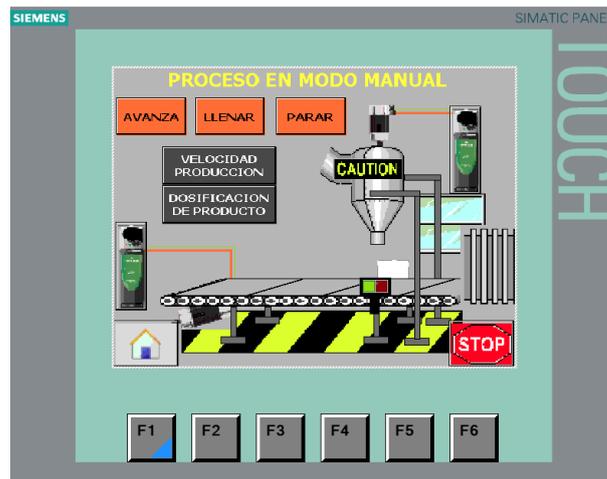


Fig. 7.20. Ventana MODO MANUAL.

- **VELOCIDAD DE PRODUCCION:** En esta ventana podemos seleccionar la velocidad de producción que está relacionada a la velocidad de la banda como previamente se explicó.



Fig. 7.21. Ventana VELOCIDAD DE PRODUCCION.

- DOSIFICACION DEL PRODUCTO:** En esta ventana podemos seleccionar la dosificación del producto en el frasco que está relacionada al número de vueltas que da el tornillo sin fin de la tolva.



Fig. 7.22. Ventana DOSIFICACION DE PRODUCTO.

- **MODO TOLVA DOSIFICADORA:** En esta ventana tenemos el control solo de la tolva de dosificación para poderla usar a nuestra conveniencia fuera de nuestro sistema de dosificación, para el uso de la esta ventana se tiene que ingresar el dato de # de vueltas/gr. Esto es dependiendo el tipo de producto a dosificar y de ahí se ingresa cuantos gramos se requiere llenar, en ese momento se puede activar el botón de INICIAR, en ese momento comienza a girar el tornillo sin fin hasta que solo se para y queda listo para volver a dosificar; a esta ventana también tenemos acceso por botón a la ventanas del drive de la tolva y observar cómo se comporta el sistema mediante una simulación.

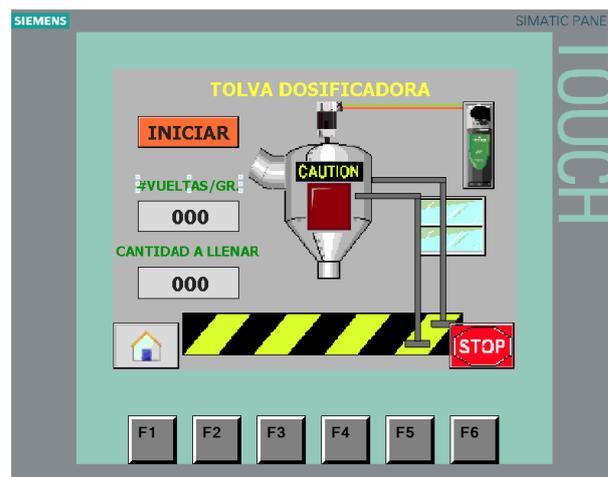


Fig. 7.23. Ventana MODO TOLVA DOSIFICADORA.

- **MODO BANDA TRANSPORTADORA:** En esta ventana tenemos el control solo de la banda transportadora para poderla usar a nuestra conveniencia fuera de nuestro sistema de dosificación, para el uso de la esta ventana se tiene que ingresar velocidad en que la banda se requiera que gire, también hay la opción de activar el sensor si así lo requiere, si esto es así se tiene que ingresar por cuanto tiempo el sensor detiene la banda transportadora. Con los botones de AVANZA y PARAR controlas la activación de la banda transportadora, en esta ventana también tenemos acceso por botón a la ventana del drive de la banda y observar cómo se comporta el sistema mediante una simulación.



Fig. 7.24. Ventana MODO BANDA TRANSPORTADORA.

- **MENU MANTENIMIENTO:** En esta ventana mostramos el menú de mantenimiento donde podemos escoger si vamos a dar mantenimiento a la banda o a la tolva.

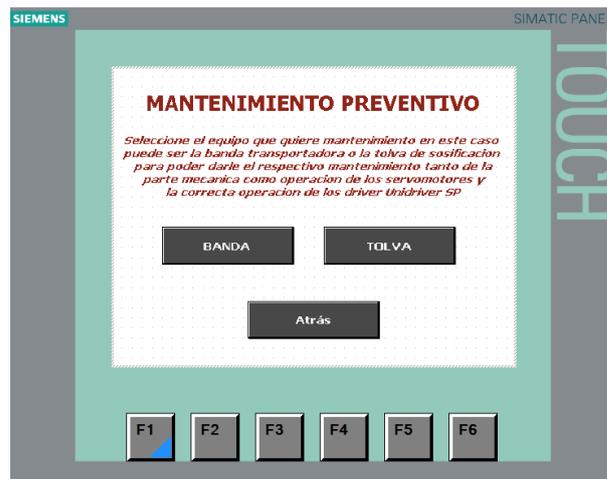


Fig. 7.25. Ventana MANTENIMIENTO.

- **MANTENIMIENTO BANDA:** En esta ventana tenemos el control solo de la banda transportadora para el mantenimiento, con las flechas que se puede observar se puede hacer girar la banda de un sentido o del otro y también detenerla, se debe ingresar la velocidad en que se quiere realizar pruebas de giro; mediante la visualización podemos determinar si el sensor se encuentra en buen estado, en esta ventana también tenemos acceso por botón

a la ventana del drive de la banda y observar cómo se comporta el sistema mediante una simulación.

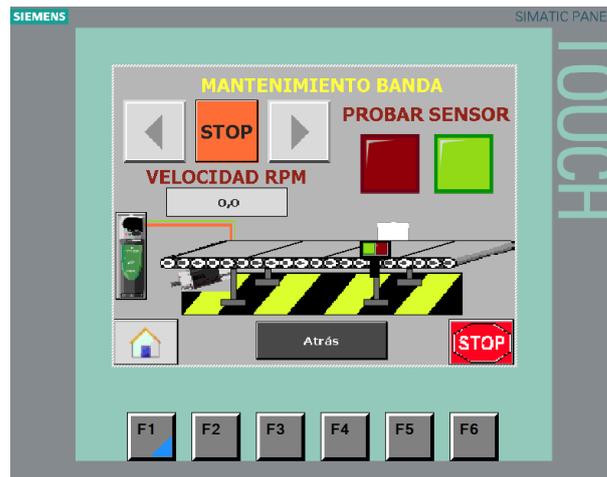


Fig. 7.26. Ventana MANTENIMIENTO BANDA.

- **MANTENIMIENTO TOLVA:** En esta ventana tenemos el control solo de la tolva de dosificación para el mantenimiento, con la flecha que se puede observar podemos vaciar la tolva, se debe ingresar el dato de # de vueltas para que al girar vacié la tolva, esta ventana también tenemos acceso por botón a las ventanas del drive de la tolva y observar cómo se comporta el sistema mediante una simulación.



Fig. 7.27. Ventana MANTENIMIENTO TOLVA.

- DRIVE TOLVA DOSIFICADORA:** En esta ventana mostramos mediante simulación de focos el estado del drive que controla la tolva dosificadora los que son: sin fallos, activo, carga alcanzada y T31 enable input. También si el drive se bloquea por algún fallo, después de repararlo podemos resetear desde esta pantalla con su respectivo botón, además tenemos el acceso a los medidores que se explicara después.



Fig. 7.28. Ventana DRIVE TOLVA DOSIFICADORA.

- MEDIDORES TOLVA DOSIFICADORA:** En esta ventana mostramos mediante simulación de salidas digitales el estado de las variables de voltaje de salida y magnitud de corriente del drive que controla la tolva dosificadora.

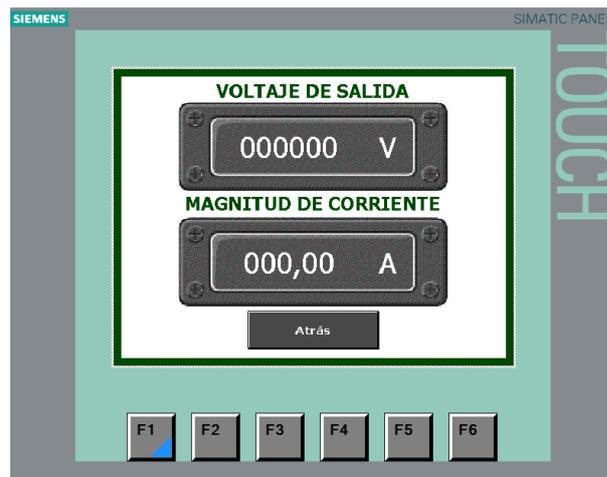


Fig. 7.29. Ventana MEDIDORES TOLVA DOSIFICADORA.

- **DRIVE BANDA TRANSPORTADORA:** En esta ventana mostramos mediante simulación de focos el estado del drive que controla la banda transportadora los que son: sin fallos, activo, carga alcanzada y T31 enable input, también si el drive se bloquea por algún fallo, después de repararlo podemos resetear desde esta pantalla con su respectivo botón, además tenemos el acceso a los medidores que se explicará después.

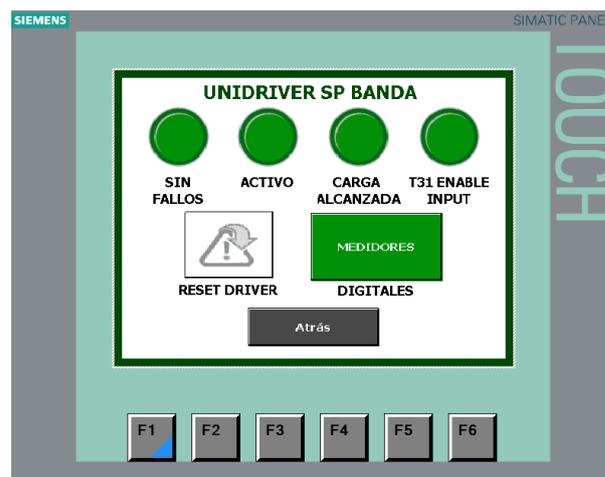


Fig. 7.30. Ventana DRIVE BANDA TRANSPORTADORA.

- **MEDIDORES BANDA TRANSPORTADORA:** En esta ventana mostramos mediante simulación de salidas digitales el estado de las variables de voltaje de salida y

magnitud de corriente del drive que controla la banda transportadora.

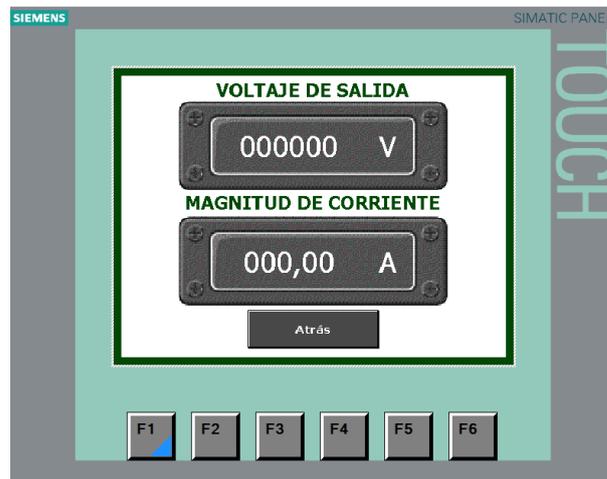


Fig. 7.31. Ventana MEDIDORES BANDA TRANSPORTADORA.

- **IMÁGENES DEL SISTEMA:** Las siguientes ventanas están previamente diseñadas automáticamente por el programa TIA PORTAL en la que podemos observar la información del proyecto, administración de usuarios que tiene acceso, información del sistema, y por ultimo las tareas varias que son: online, offline, transferencia, cambiar de idioma salir de runtime.



Fig. 7.32. Ventana IMAGENES DEL SISTEMA.

7.2.6 DISEÑO DE PRUEBAS.

En el diseño de pruebas en el sistema de dosificación se proveerá de las especificaciones mínimas de operación tanto de la banda transportadora y la tolva dosificadora.

En la banda transportadora se realizara una prueba para determinar la relación entre la velocidad de giro del eje del servomotor y la velocidad lineal de desplazamiento de la banda.

También se realizara una prueba para determinar el rango máximo de velocidad en la que operara la banda transportadora, debido a que velocidades grandes, al momento

de frenar la banda se deslizan los recipientes a llenar, evitando que se posicionen debajo de la tolva de dosificación.

Para la tolva de dosificación se realizara una prueba de posicionamiento del servomotor, ya que este está configurado para trabajar en modo de control de posición, en la cual se requerirá medir la precisión de la posición del eje por cada revolución enviada desde el drive.

Se debe establecer el peso del producto dosificado para una determinada cantidad de revoluciones del tornillo.

Se procederá a realizar la prueba de la precisión de la cantidad a dosificar. Mediante una balanza podemos comprobar el porcentaje de error en el peso de cada muestra de dosificación realizada

También se realizara una prueba para determinar el rango máximo de velocidad en la que operara la tolva dosificadora, debido a que velocidades grandes, el tornillo puede sufrir daños con respecto la tolva.

7.3 PRUEBAS Y AJUSTES DEL SISTEMA DE ENVASADO

Procederemos a realizar la respectivas pruebas luego de eso se explicara los debidos ajustes que se deber realizar tanto en el PLC como en la HMI para que quede completamente óptimo el sistema de dosificación.

La prueba en la banda transportadora es en función de la velocidad en la que opera óptimamente la misma, para que durante el frenado no se deslice el recipiente de plástico sobre ella. “O” simboliza que el recipiente se deslizó al realizar el frenado a la respectiva velocidad o lo hizo en una cantidad no importante. “X” representa que al frenar a la respectiva velocidad, el recipiente tuvo un deslizamiento muy largo o este perdió estabilidad.

	10 rpm	15 rpm	30 rpm	35 rpm	40 rpm
X1	O	O	O	O	O
	45 rpm	50 rpm	55 rpm	60 rpm	65 rpm
X1	O	O	X	X	X
	70 rpm	75 rpm	80 rpm	85 rpm	90 rpm
X1	X	X	X	X	X

Tabla 22. Estabilidad del recipiente sobre la banda.

Se realizaron mediciones para conocer el grado de precisión del servomotor acoplado al tornillo sinfín. Se quiso saber la repetitividad del valor de la posición final del eje del servomotor luego de recibir el comando de girar ya sean una o varias revoluciones. La posición del eje se visualiza en el parámetro 3.29 "Position" del Unidrive SP, la cual es adquirida en tiempo real por el encoder. Dado que el encoder es de 16 bits, el valor adquirido estará entre 0 y 2^{16}

# de Prueba	Posición final (1 revolución)	Posición final (10 revoluciones)
1	0	6960
2	0	6960
3	0	6960
4	0	6960
5	0	6960
6	0	6960
7	0	6960

Tabla 23. Vuelta vs. Posición final del eje.

7.4 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE PRUEBAS.

De las prueba realizadas con la banda transportadora se puede concluir que la máxima velocidad óptima del servomotor acoplado a esta está en los 50 RPM, a esta velocidad se observa que existe un deslizamiento de los recipientes vacíos mínimo cuando el PLC comanda el frenado de la banda y el deslizamiento se reduce aún más a velocidades menores. Se encontró también que mediante prueba y

error, al modificar los parámetros Pr0.03 y Pr0.04 que corresponden a las razones o índices de aceleración y desaceleración respectivamente en segundos/1000RPM del Unidrive SP correspondiente. Modificar estos parámetros contribuye a que el arranque o parada del eje del motor sea menos brusca y por lo tanto los recipientes sean menos propensos a deslizarse o caerse.

De la prueba de precisión en la posición final del eje del servomotor en el tornillo sinfín al hacer control de revoluciones, se comprobó que siguiendo la parametrización recomendada para el Unidrive SP respectivo, el posicionamiento final del eje es exacto al final de cada revolución, lo cual es primordial para aplicaciones que lo requieran como por ejemplo la dosificación volumétrica. Para ofrecer algo de perspectiva, recordando que el encoder en el servo, tiene una resolución de 16 bits lo cual le permite tener una exactitud de $\frac{1}{2^{16}}$ donde los valores de 0 a $2^{16} = 65536$ representan los 360 grados posibles en una revolución, una diferencia de 3000 unidades entre posición final actual del eje y la anterior, representa:

$$\frac{3000}{65535} \times 100\% = 4.578 \%$$

Lo cual es equivalente a 16 grados aproximadamente. Si el giro del eje del servomotor es preciso, los errores en la cantidad dosificada en un sistema de dosificación por tornillo, serían introducidos por factores como el diseño o la fabricación del tornillo y la tolva.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

1. Se diseñó e implementó un panel que proporciona la posibilidad de programar una interfaz gráfica que funcione en conjunto con un PLC, dando acceso mediante borneras en su cara frontal, a las entradas y salidas tanto digitales como analógicas del S7-1200. El mismo que funciona de herramienta de aprendizaje para programar sistemas automatizados, con la facilidad de controlar accionamientos AC dentro del laboratorio y la posibilidad de implementar aplicaciones de mayor complejidad.
2. Es más eficiente hacer el control de un drive industrial mediante la comunicación PROFIBUS, en lugar de hacer control mediante salidas digitales o analógicas de un PLC, ya que se disminuye significativamente el cableado y no se está limitado por el hardware del PLC en cuanto a entrada y salidas tanto digitales como analógicas.
3. Implementar un sistema de dosificación volumétrico de tornillo utilizando un PLC, drive y servomotores AC mediante una red PROFIBUS es un proyecto viable y su principal beneficio es la notable disminución del

cableado y el amplio rango de control que puede tener el PLC sobre el motor y los parámetros del accionamiento que lo controla.

4. Las interfaces hombre-máquina nos han permitido facilitarle al usuario el control del sistema de dosificación sin necesidad de tener acceso a un computador, para cambiar variables del proceso en tiempo real.

RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda la implementación de conectores PROFIBUS adicionales, en el caso de que el número de esclavos de la red PROFIBUS a controlar por parte del S7-1200 en el panel de entrenamiento supere el ya dispuesto físicamente, se recuerda que el módulo CM 1243-5 da la posibilidad de controlar hasta un máximo de 16 esclavos dentro de una red.
2. Se recomienda monitorear el comportamiento del programa del PLC mediante la opción "Observar" de TIA PORTAL, para monitorear los valores de las variables del sistema en tiempo real en caso de que sea necesario y también identificar errores en la operación del sistema automatizado durante la programación o una vez ya implementado el proyecto.
3. Es aconsejable como medida de seguridad proveer una forma de deshabilitar el Unidrive SP de manera que se desbloquee el eje del servomotor en casos de emergencia sin tener la necesidad de desenergizar el mismo. Esto se puede lograr ya sea "desactivando" de manera física el terminal 31 de las borneras de señales digitales de Unidrive SP o encerrando el bit cero del Control Word del Unidrive SP.

4. A pesar de la simplicidad en la implementación y las limitaciones de control, se recomienda a nivel industrial, un sistema de motor eléctrico-reductor para accionar una banda transportadora debido a los costos elevados que pueden alcanzar los servomotores industriales.

5. En el diseño se tiene que ser precavido, pensando que se tendrán que reeditar a medida que se esté implementando un panel, algunos factores como dimensiones de equipos, rutas de cableado, edición de marquillas. Esto podría hacer que se modifiquen pequeñas partes del diseño tanto de montaje y cableado.

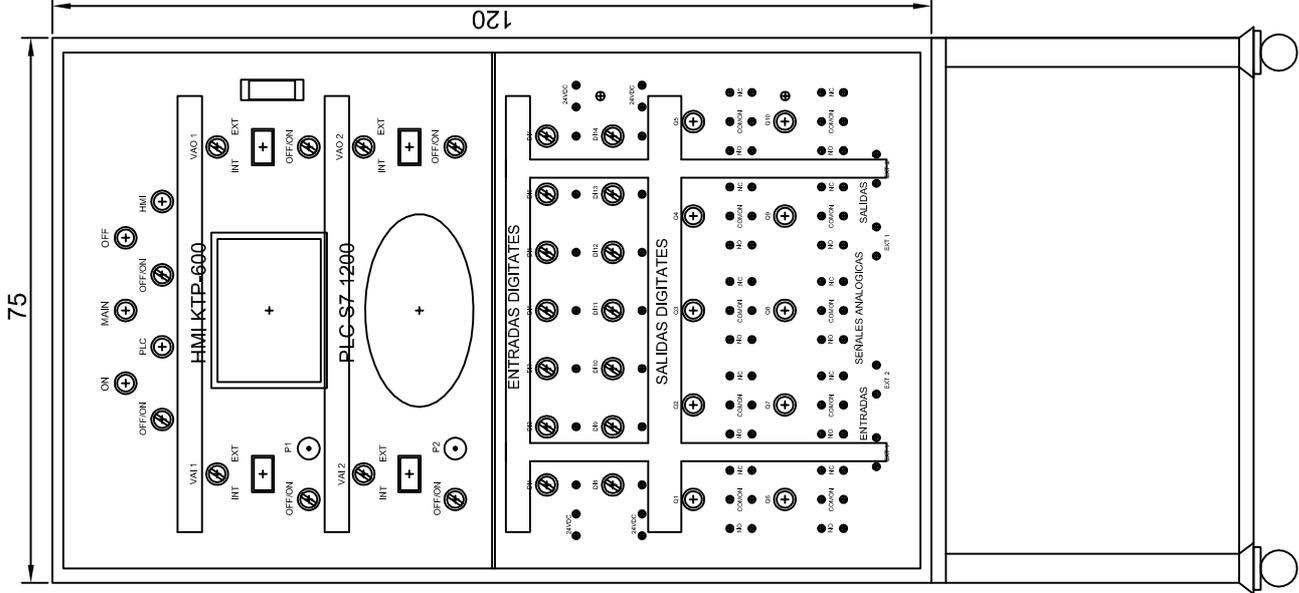
BIBLIOGRAFÍA

- [1] SIEMENS, “Broucher SISTEMATIC S7-1200”, Copyright © Siemens AG. (03-2014).
- [2] SIEMENS, “SIMATIC S7-1200 Easy Book”, Copyright © Siemens AG. (03-2014).
- [3] SIEMENS, “SIMATIC HMI Instrucciones de Servicio”, Copyright © Siemens AG. (04-2012).
- [4] "What exactly is an AC drive and just how does it work?"
<http://www.engineerlive.com/content/21560>.
- [5] “¿Qué es un PLC?”, ÁREA DE ELECTRÓNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.C.P.B.A.
- [6] SIEMENS, “PROFIBUS CM 1243-5 Instrucciones de servicio”, Copyright © Siemens AG. (09/2011).
- [7] Departamento de Ciencia y Tecnología, “INTRODUCCION HMI”, Universidad Nacional de Quilmes. (08/2005).
- [8] José Navarrete y Luis Viteri, “CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DOSIFICADOR POR DIFERENCIAS DE PESOS PARA MATERIALES SOLIDOS HOMOGENEOS”, Universidad Politécnica Nacional. (06/2011).
- [9] CONTROL TECHNIQUES, “Advanced User Guide Unidrive SP”, Copyright © Control Techniques Ltd. (06/2009).
- [10] CONTROL TECHNIQUES, “SM Profibus-DP”, Copyright © Control Techniques Ltd. (03/2002).

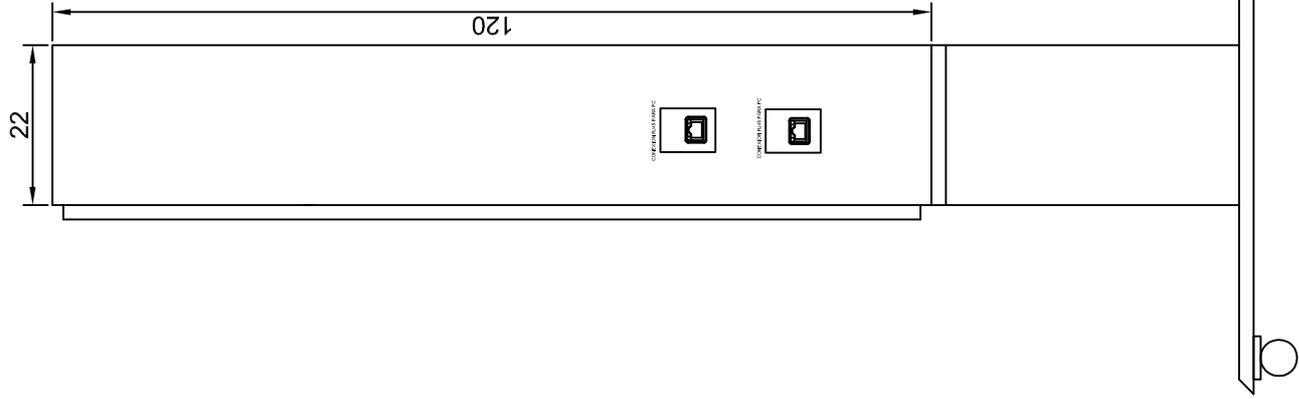
ANEXOS

ANEXO 1. PLANOS ELECTRICOS PARA EL MONTAJE ELECTRICO DEL PANEL DE ENTRENAMIENTO

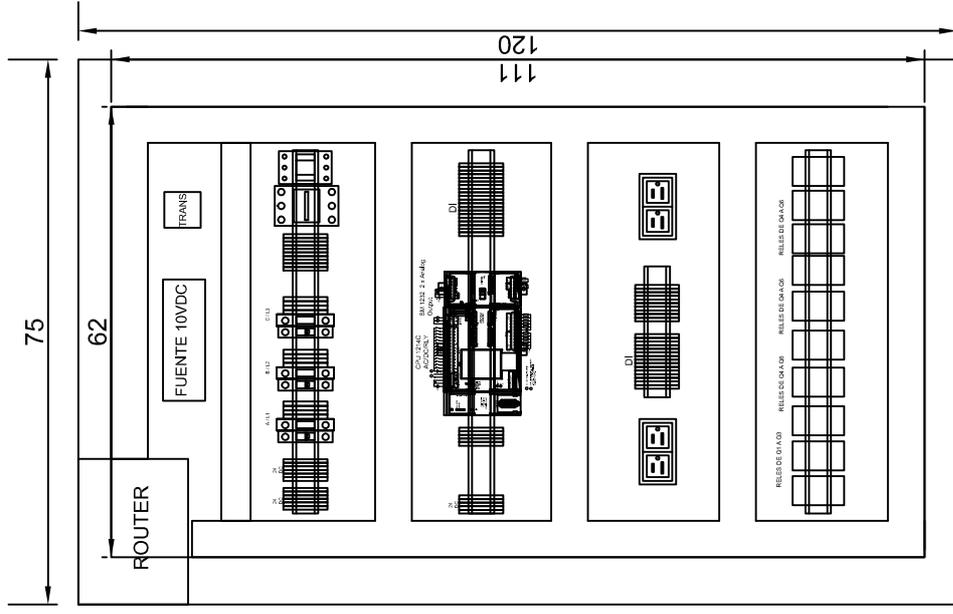
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL DERECHA

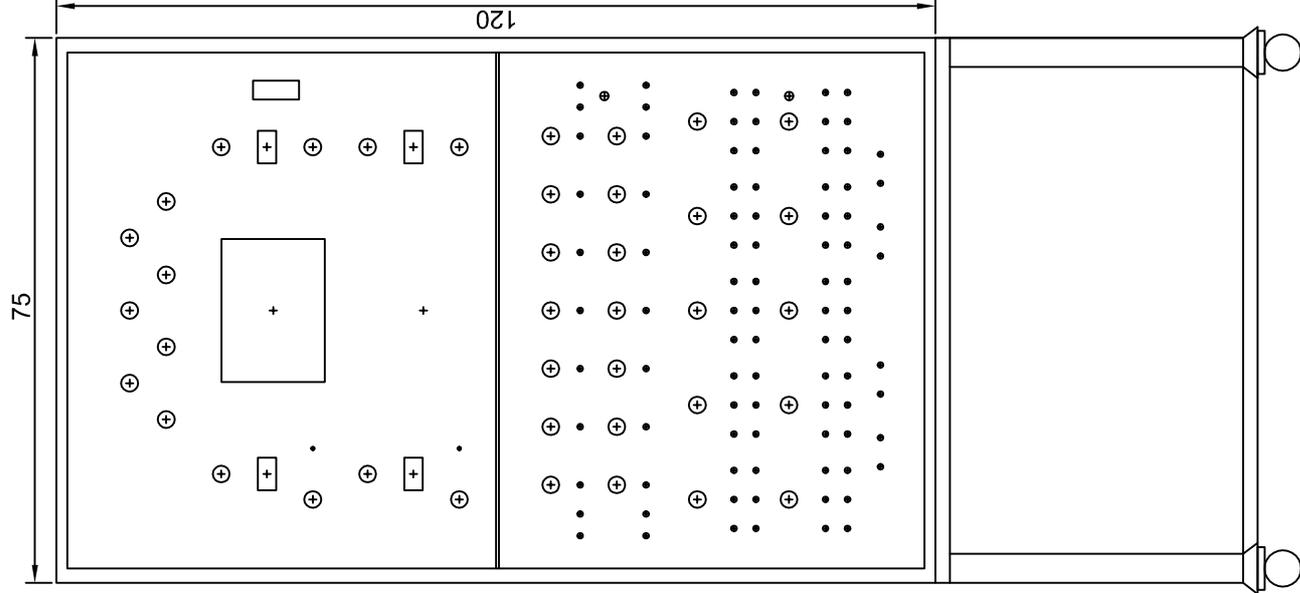


VISTA INTERNA

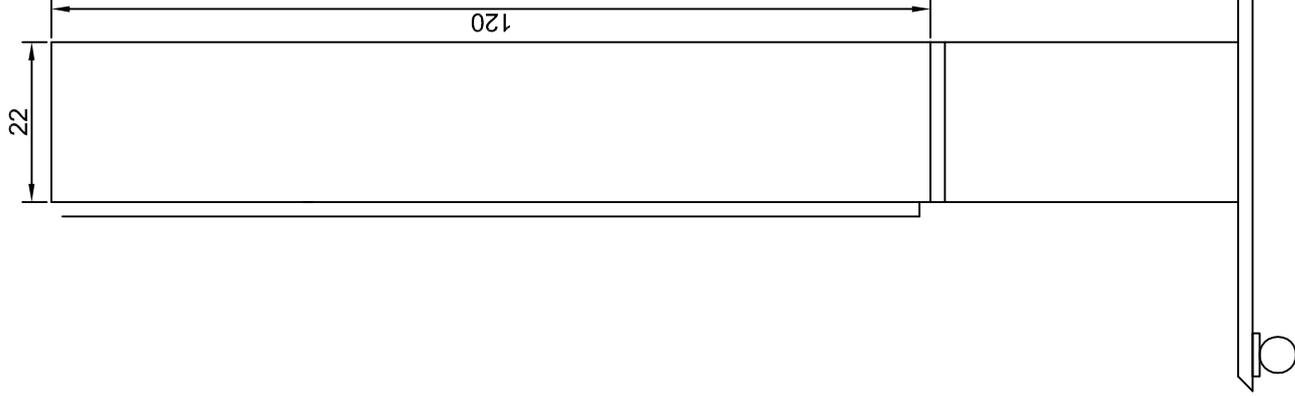


LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
PANEL DE ENTRENAMIENTO			
CONTIENE: Diseño completo del panel de entrenamiento			
PROYECTADO:	REVISADO:	FECHA:	REV:
FRANCISCO YUMBLA	FXYA-MON-01	1 DE 9	0
RESPONSABLE DEL DISEÑO:	LAUNIAZ:	FECHA:	INDICADAS:
FRANCISCO YUMBLA	MAYO/2014		FXYA

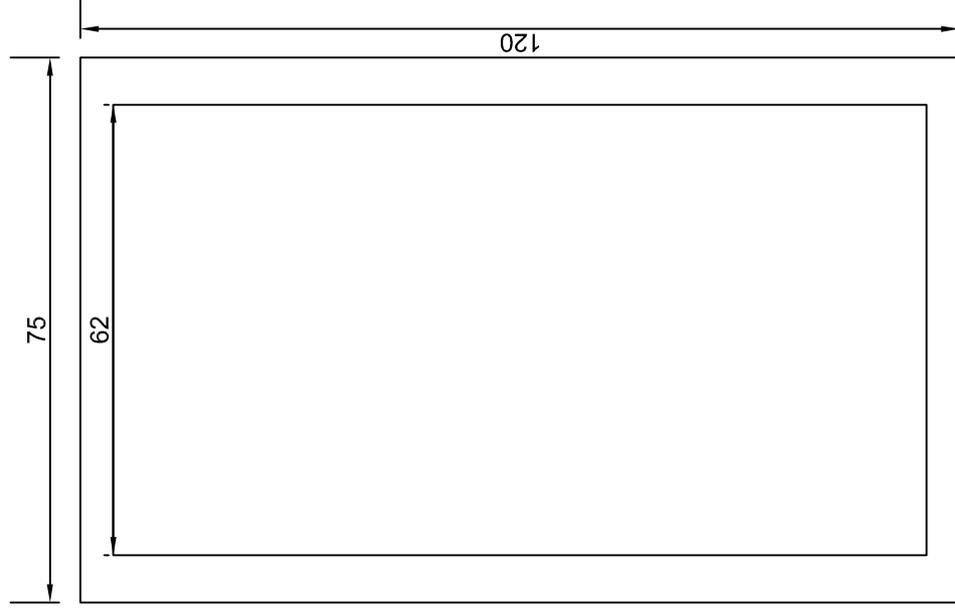
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL DERECHA

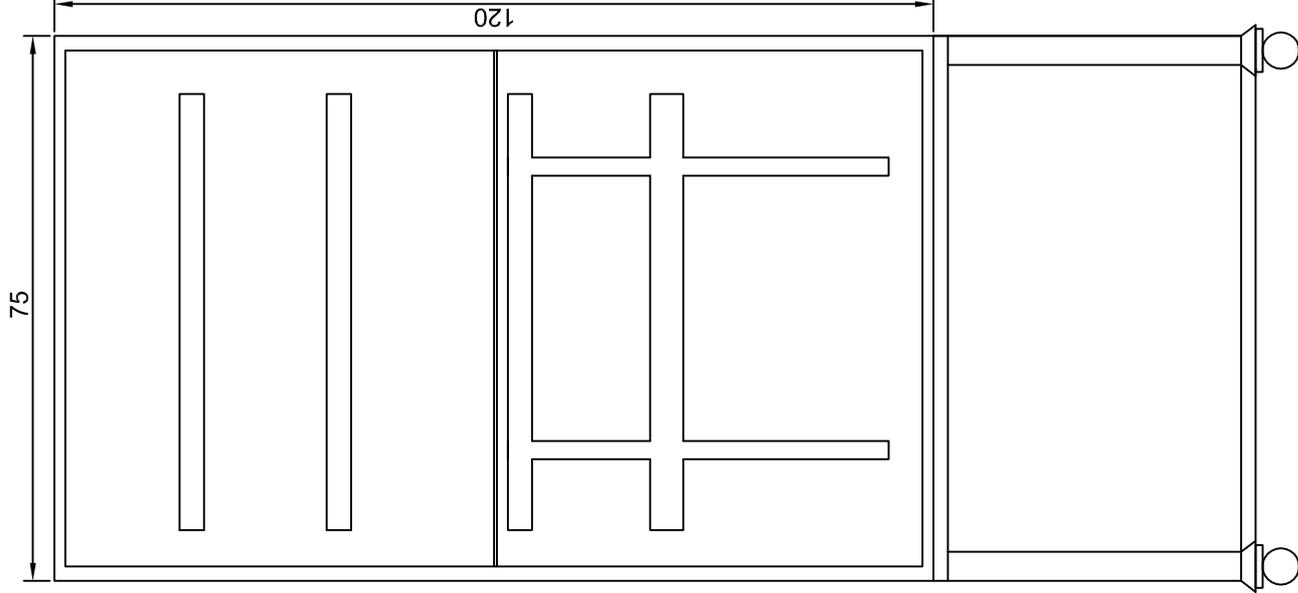


VISTA INTERNA

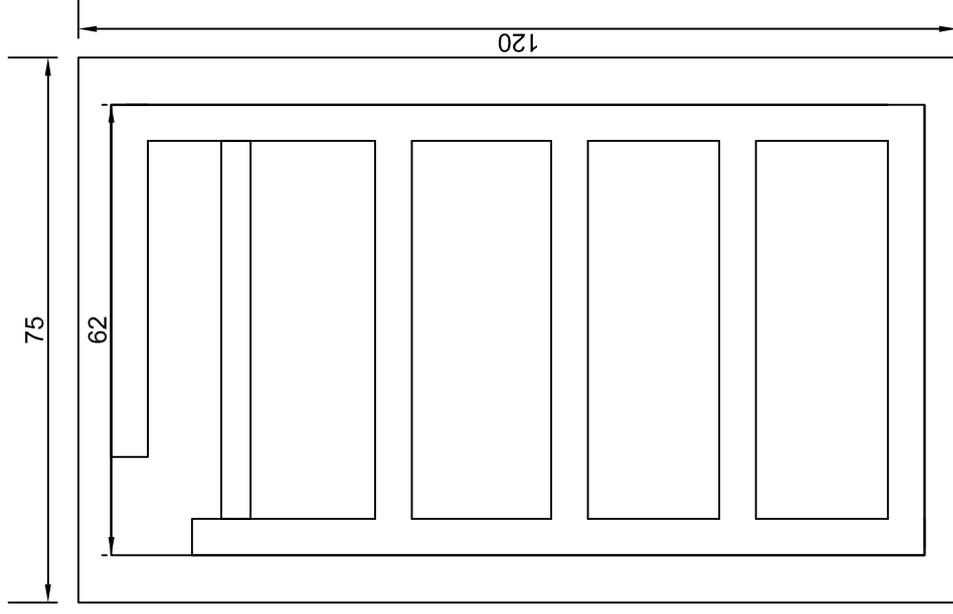


LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
PANEL DE ENTRENAMIENTO			
CONTENIDO: Perforaciones y dimensiones del panel de entrenamiento			
PROYECTISTA:	REVISOR:	FECHA:	REVISION:
FRANCISCO YUMBLA	FRANCISCO YUMBLA	MAYO/2014	Rev 0
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO:	FECHA:	INDICADAS:	FXYA
FRANCISCO YUMBLA	MAYO/2014		

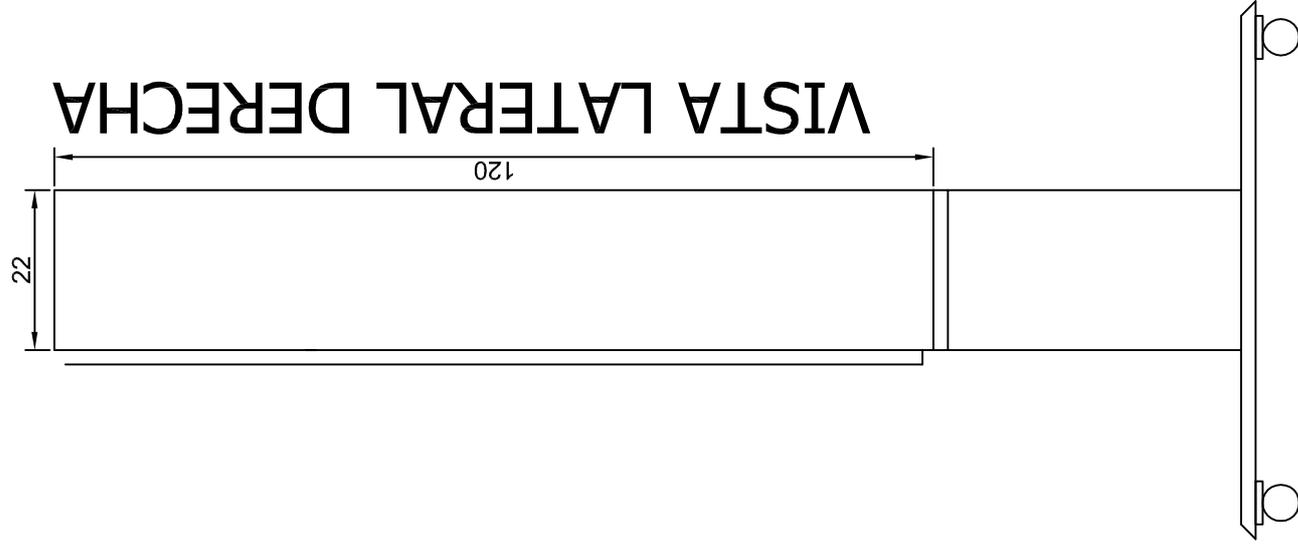
VISTA FRONTAL



VISTA INTERNA

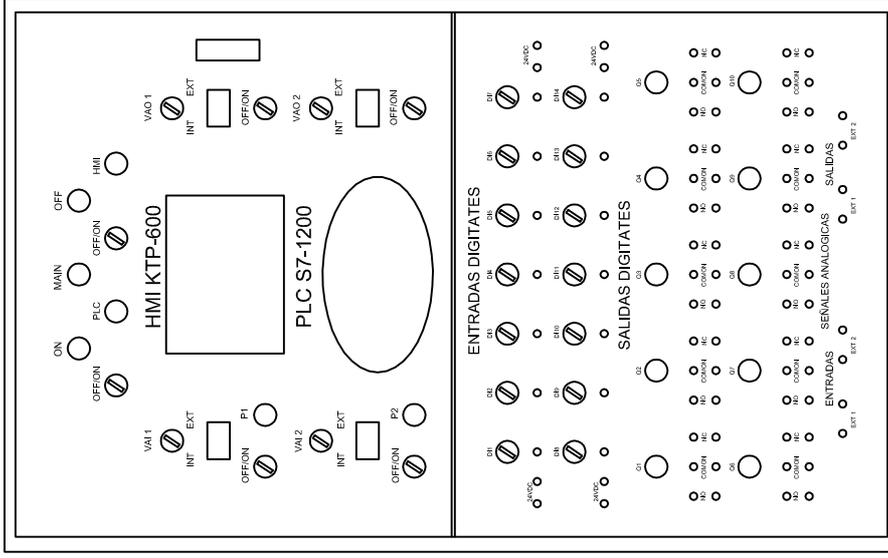


VISTA LATERAL DERECHA

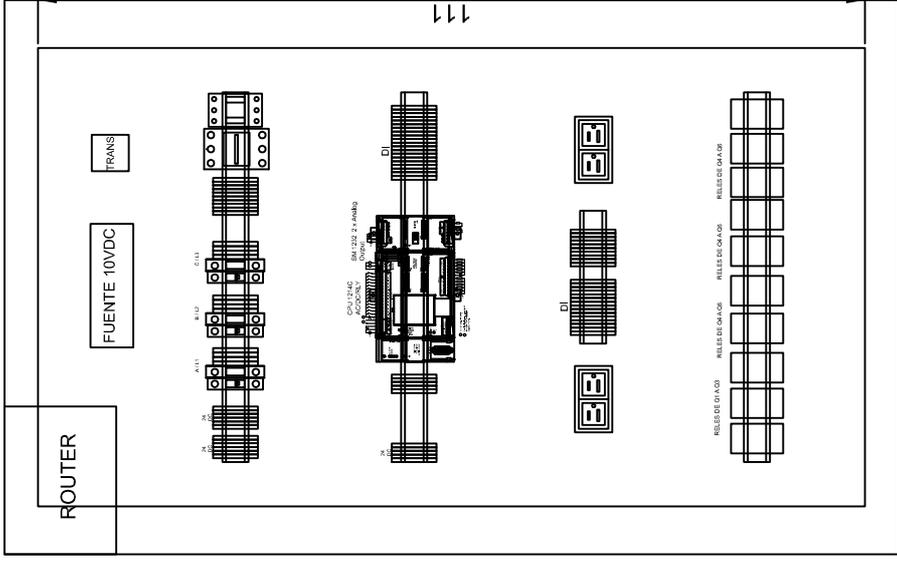


LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
CONTIENE: PANEL DE ENTRENAMIENTO			
Canaléatas del panel de entrenamiento			
PROYECTOS:	REVISOR:	REVISOR:	Rev 0
FRANCISCO YUMBLA	FRANCISCO YUMBLA	FRANCISCO YUMBLA	
RESPONSABLE DEL PROYECTO:	FECHA:	FECHA:	
FRANCISCO YUMBLA	MAYO 2014		FXYA
			INDICADAS

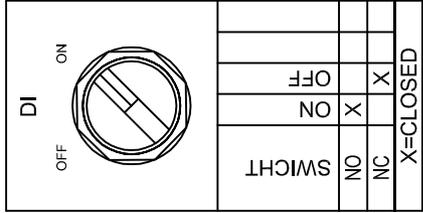
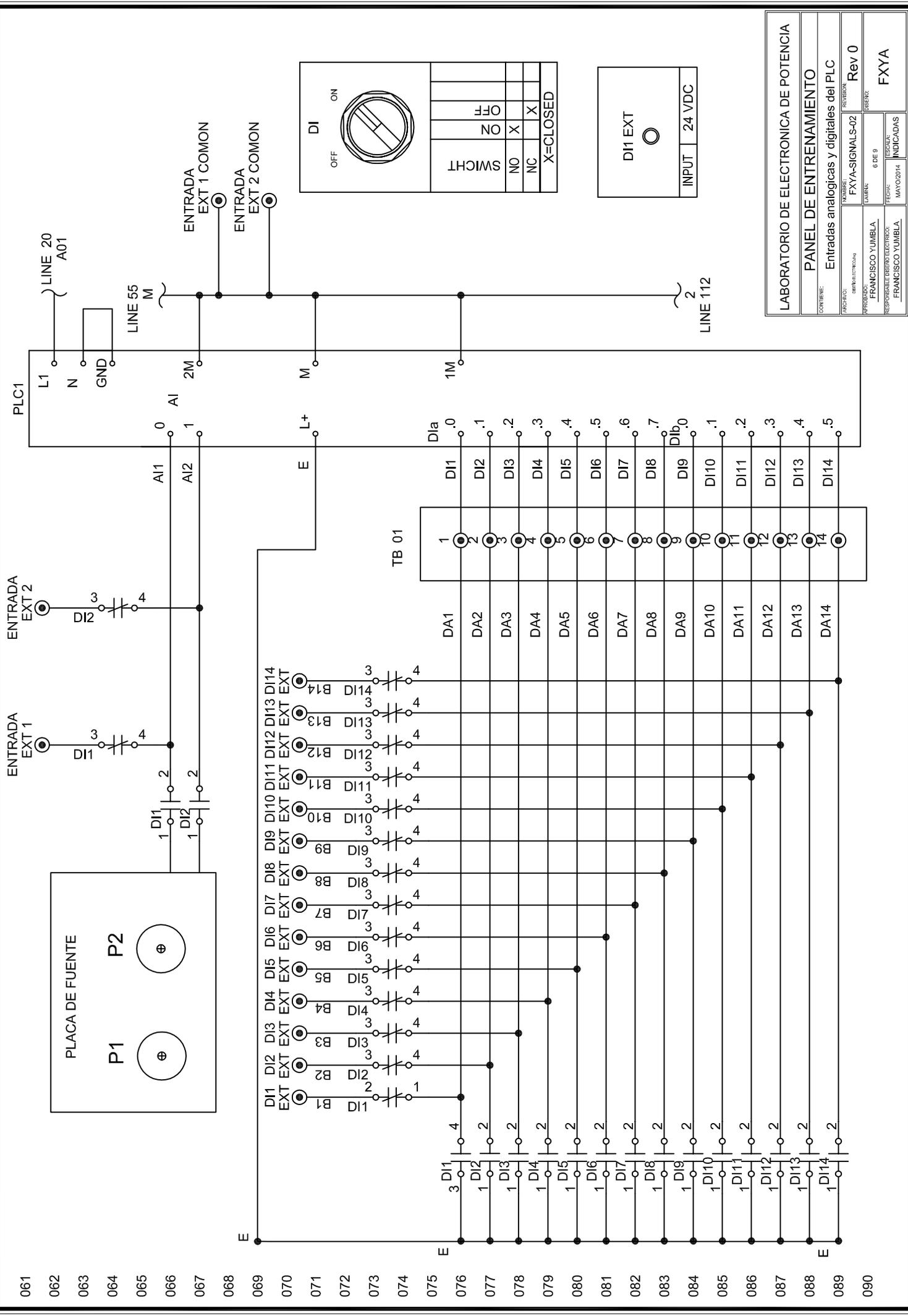
VISTA LATERAL DERECHA



VISTA INTERNA

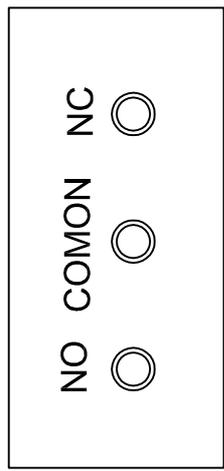
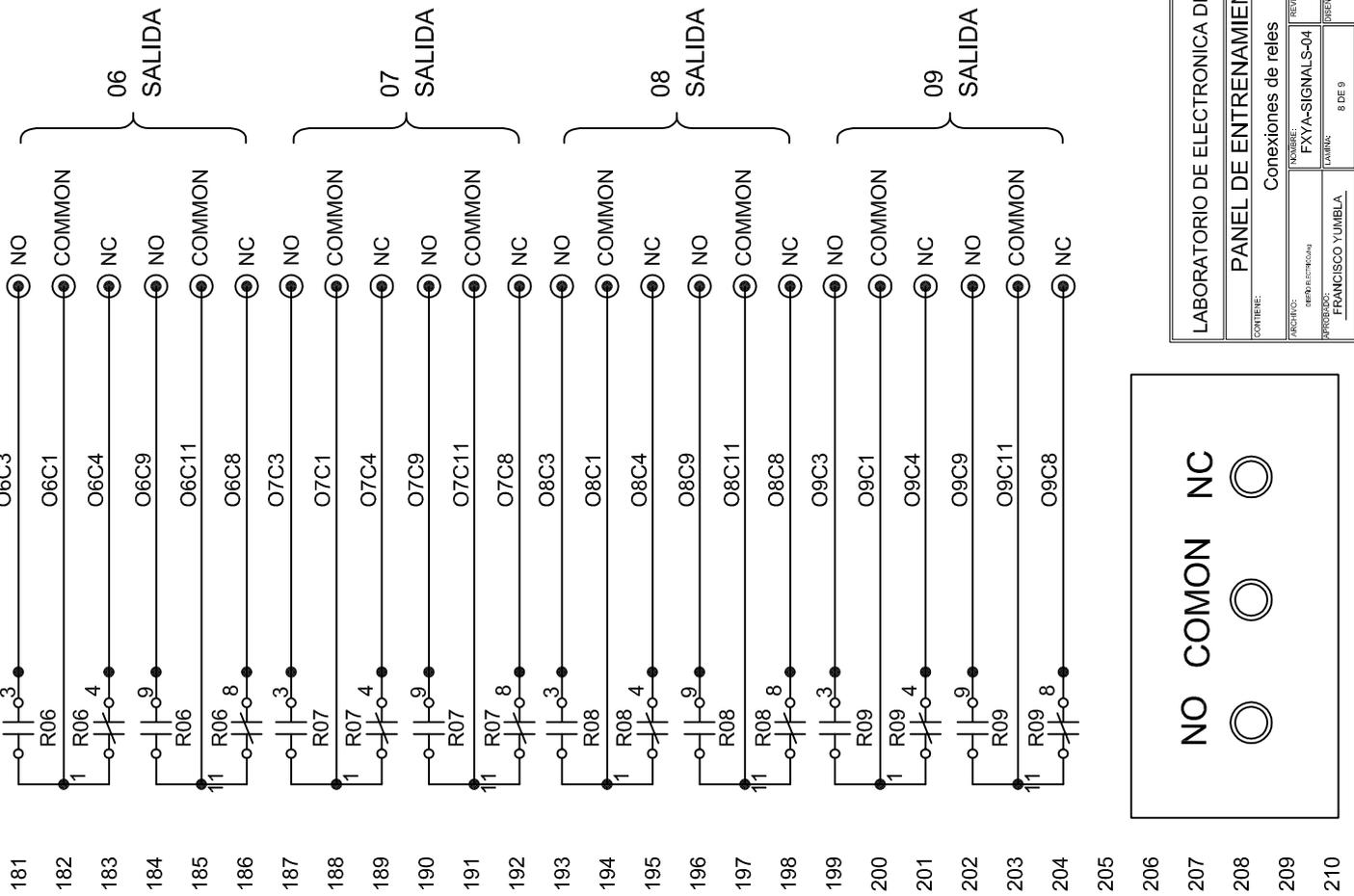
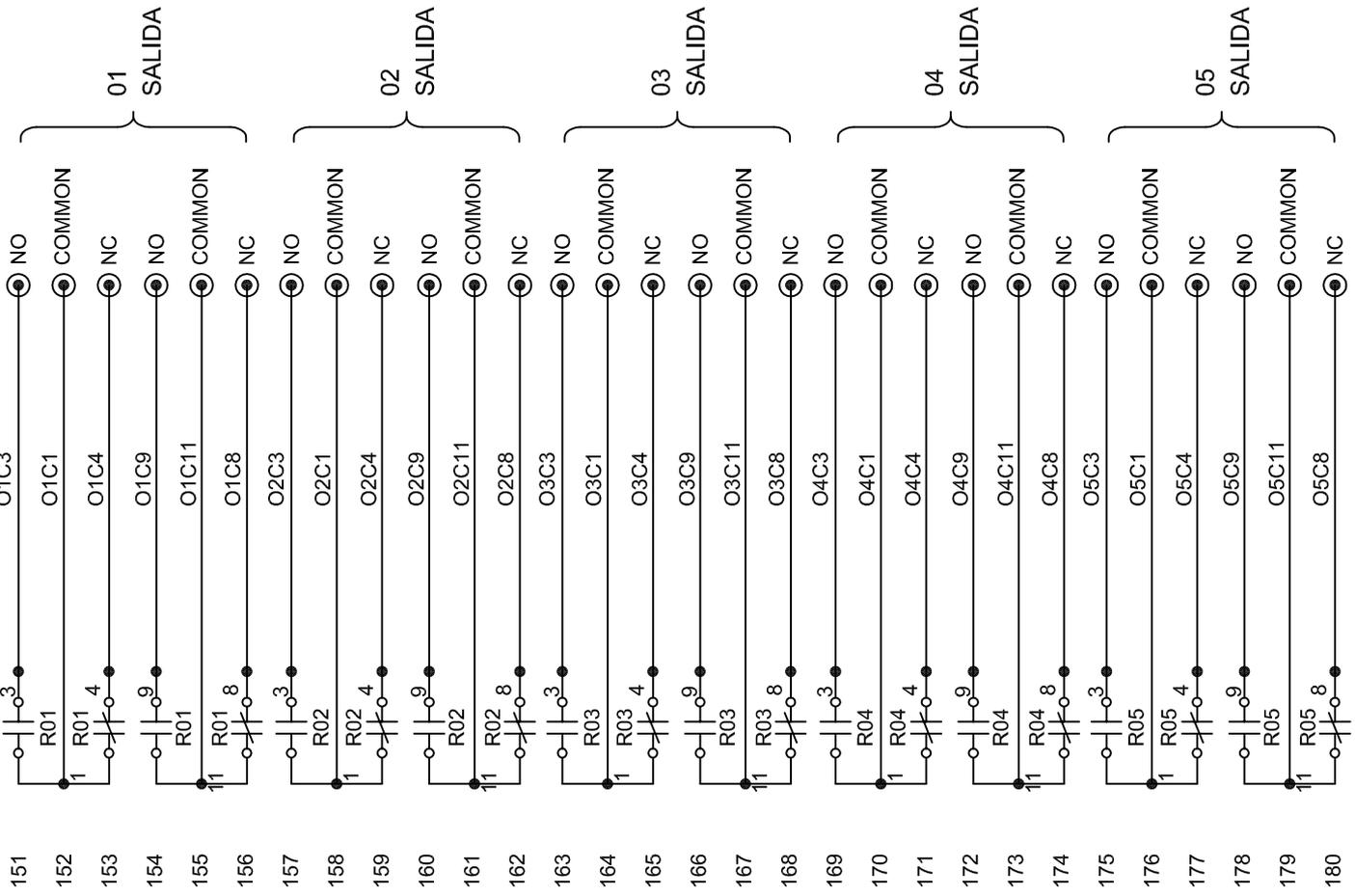


LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
PANEL DE ENTRENAMIENTO			
CONTIENE: Montaje de equipos en el panel de entrenamiento			
PROYECTOS:	FECHA:	REVISOR:	Rev 0
APROBADO POR:	FECHA:	DISEÑO:	
FRANCISCO YUMBULA	4 DE 9	FRANCISCO YUMBULA	FXYA
RESPONSABLE DISEÑO ELECTRICO:	FECHA:	INDICADAS:	
FRANCISCO YUMBULA	MAYO 2014	INDICADAS	



LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
PANEL DE ENTRENAMIENTO			
Entradas analogicas y digitales del PLC			
CONTIENE:	Rev 0		
PROYECTO:	FXYA-SIGNALS-02	REVISOR:	
FECHA:	6 DE 9	REVISOR:	
RESPONSABLE DE PROYECTO:	FRANCISCO YUMBELA	FECHA:	MAYO 2014
INDICADAS			
FXYA			

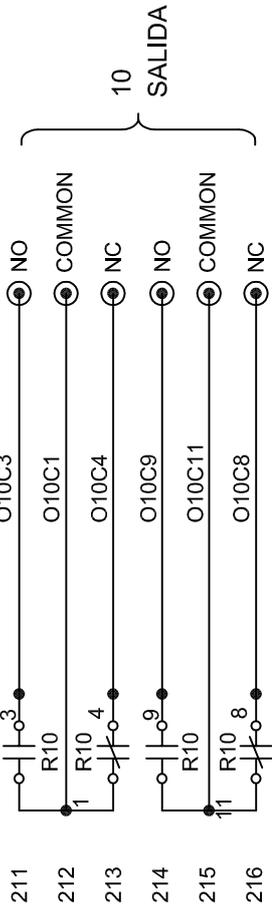
061
062
063
064
065
066
067
068
069
070
071
072
073
074
075
076
077
078
079
080
081
082
083
084
085
086
087
088
089
090



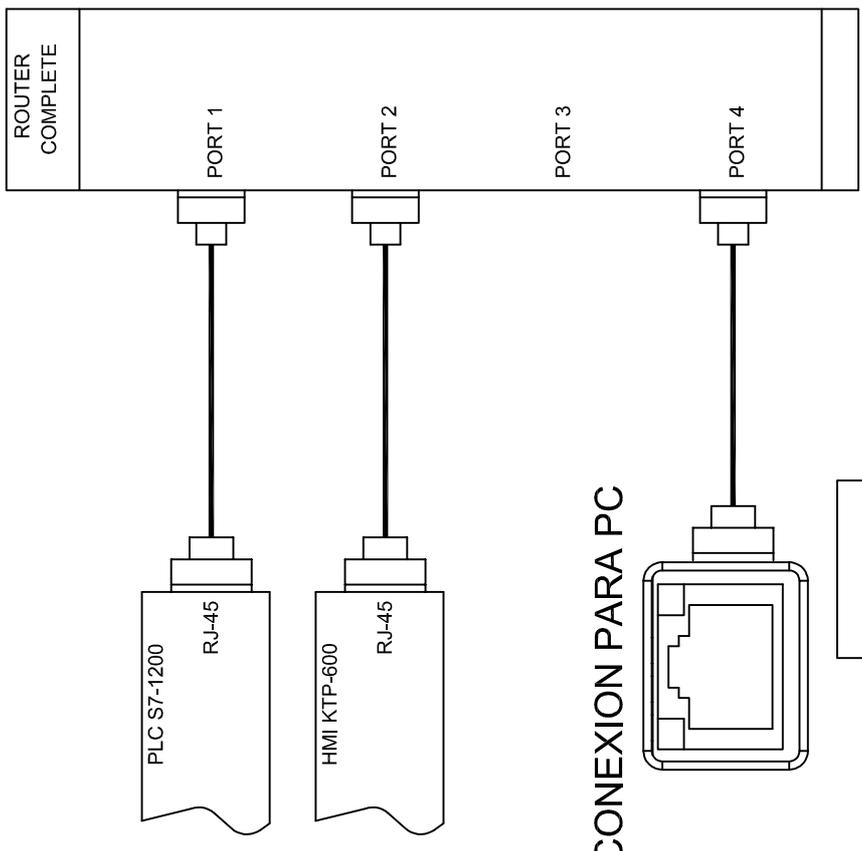
LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
CONTIENE: PANEL DE ENTRENAMIENTO			
Conexiones de relés			
PROYECTO: OBRAS DE ELECTRICIDAD	NUMERO: FXYA-SIGNALS-04	REVISION: Rev 0	
RESPONSABLE PROYECTO: FRANCISCO YUMBELA	LAJINRE: 8 DE 9	FECHA: MAYO/2014	INDICADAS: FXYA
RESPONSABLE ELECTRO: FRANCISCO YUMBELA			

151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180

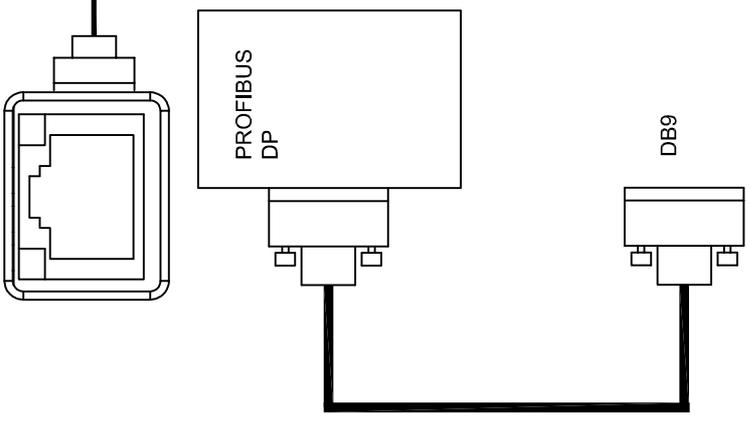
181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210



241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270



CONEXION PARA PC



LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
PANEL DE ENTRENAMIENTO			
Voltímetros digitales conexiones de router y profibus dp			
CONTIENE:	PROYECTO:	NUMERO:	REVISION:
	DIR. ELECTRONICA	FXYA-SIGNALS-05	Rev 0
RESPONSABLE DIDACTICO:	RESPONSABLE ELECTRONICO:	FECHA:	ESCALA:
FRANCISCO YUMBELA	FRANCISCO YUMBELA	9 DE 9	INDICADAS
		MAYO/2014	
			FXYA

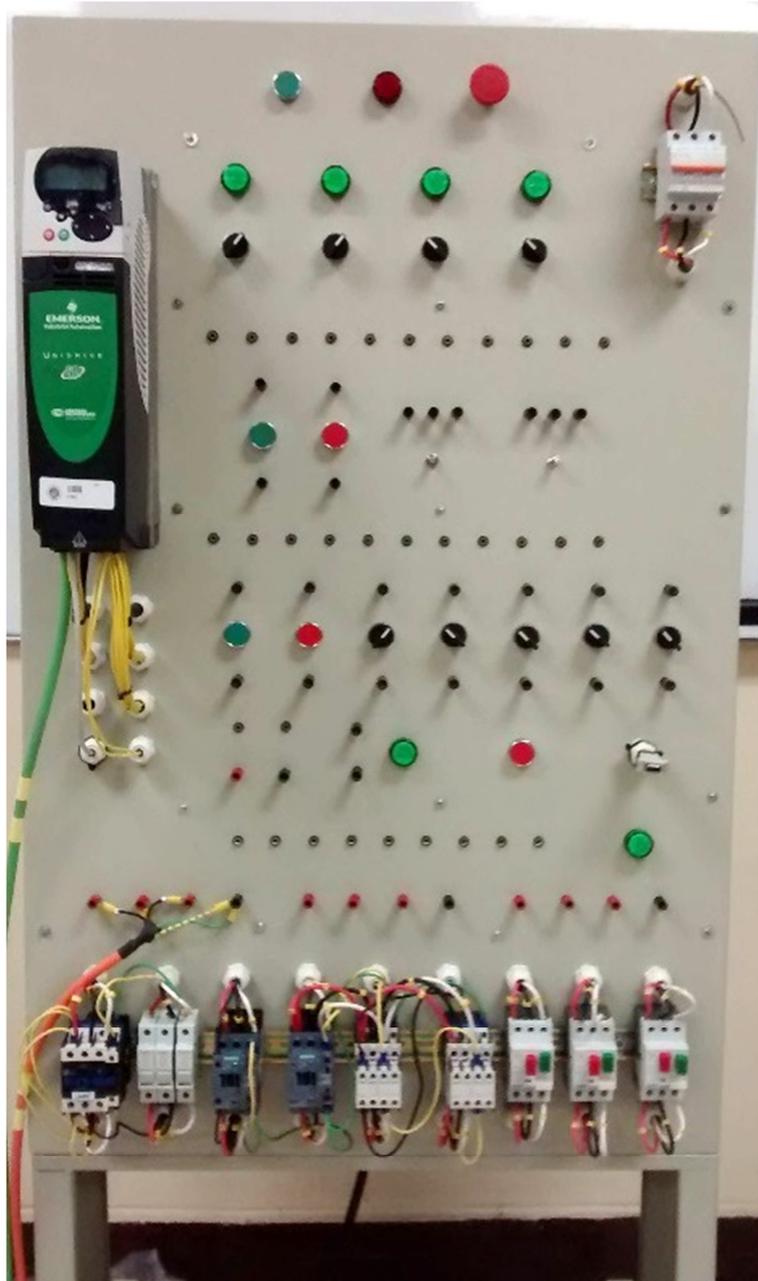
**ANEXO 2. PLANOS ELECTRICOS PARA EL MONTAJE
ELECTRICO Y FOTOGRAFIAS DE COMO QUEDO EL
DEL PANEL DEL UNIDRIVE SP**



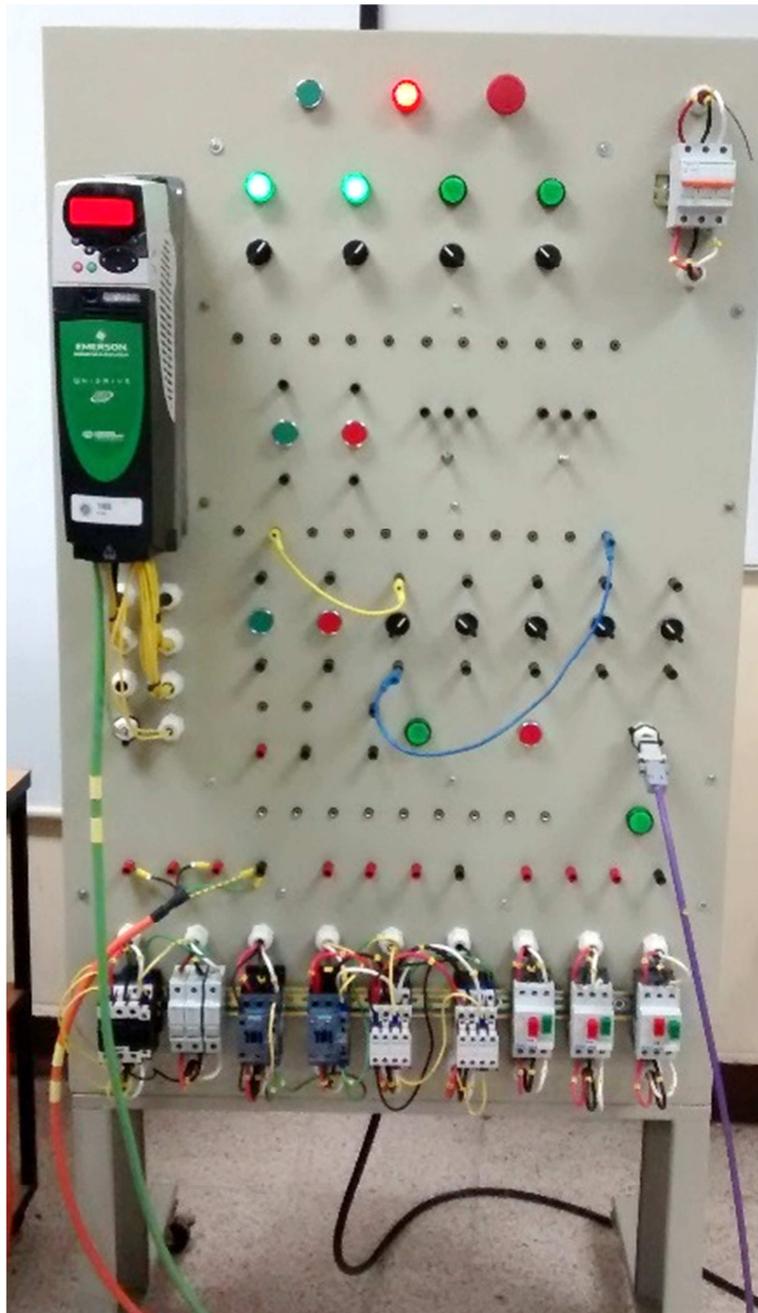
Vista inicial del interior del panel del Unidrive SP con el cableado de fuerza para los respectivos contactores y guarda motores en la parte inferior y el cableado de control correspondiente a las borneras del accionamiento y los selectores y pulsadores del panel en la parte superior.



Vista final del interior del panel del Unidrive SP una vez finalizadas las conexiones y la respectiva señalización de los cables. Una vez se terminó de cablear a través del interior de las canaletas, estas fueron selladas con sus respectivas coberturas.

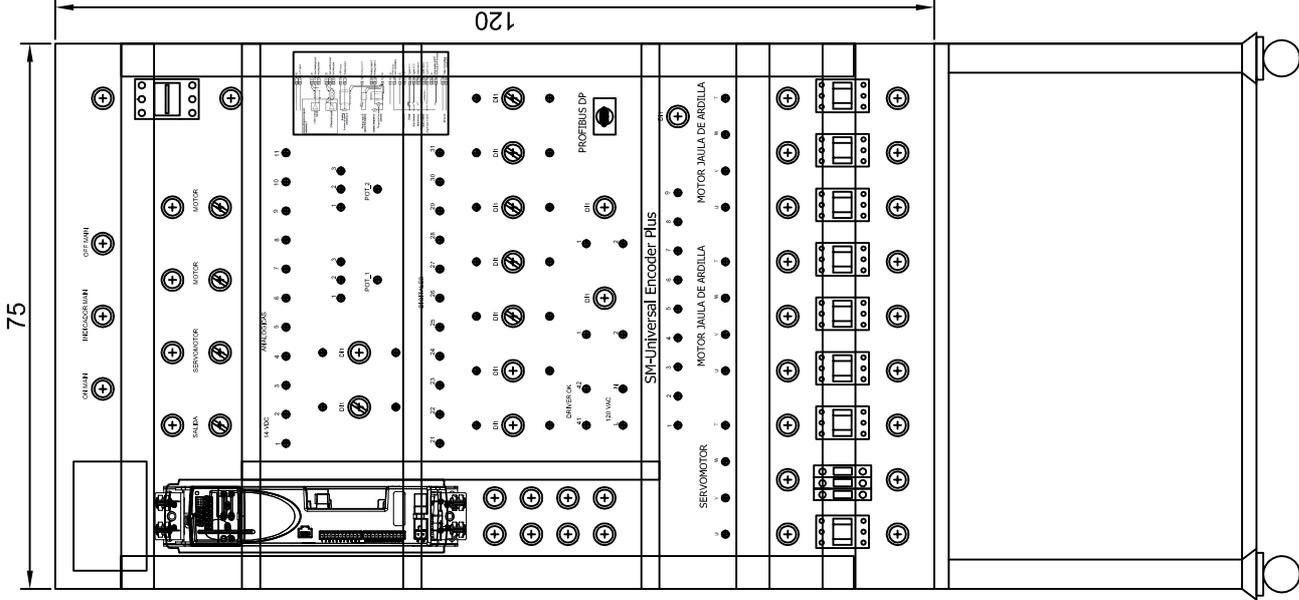


Cara frontal del panel sin energizar.

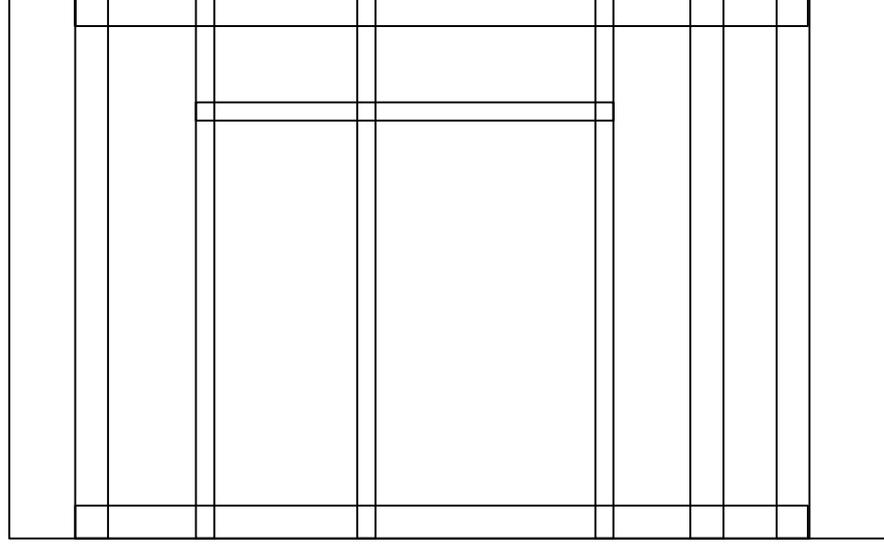


Cara frontal del panel energizado y con el Unidrive SP funcionando.

VISTA LATERAL DERECHA

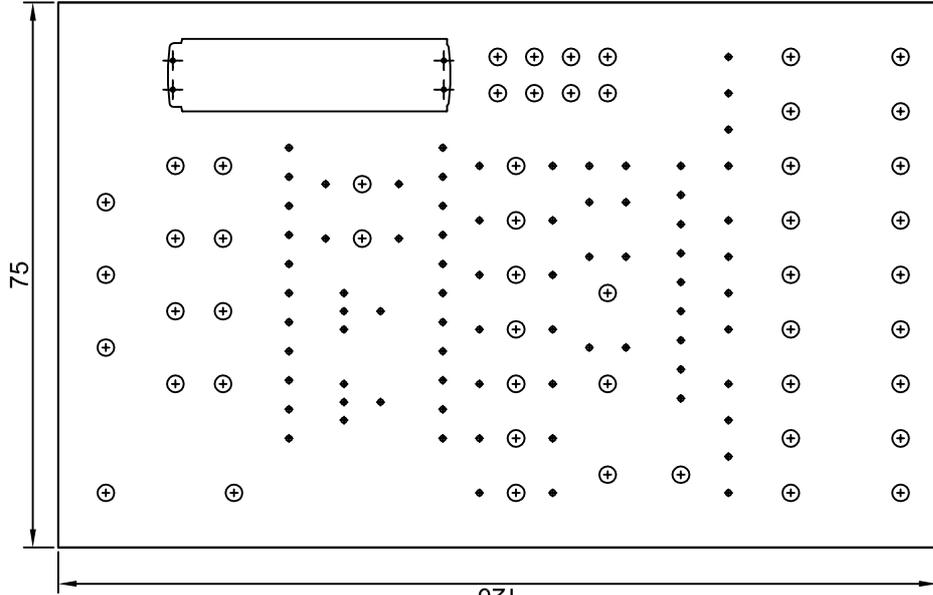
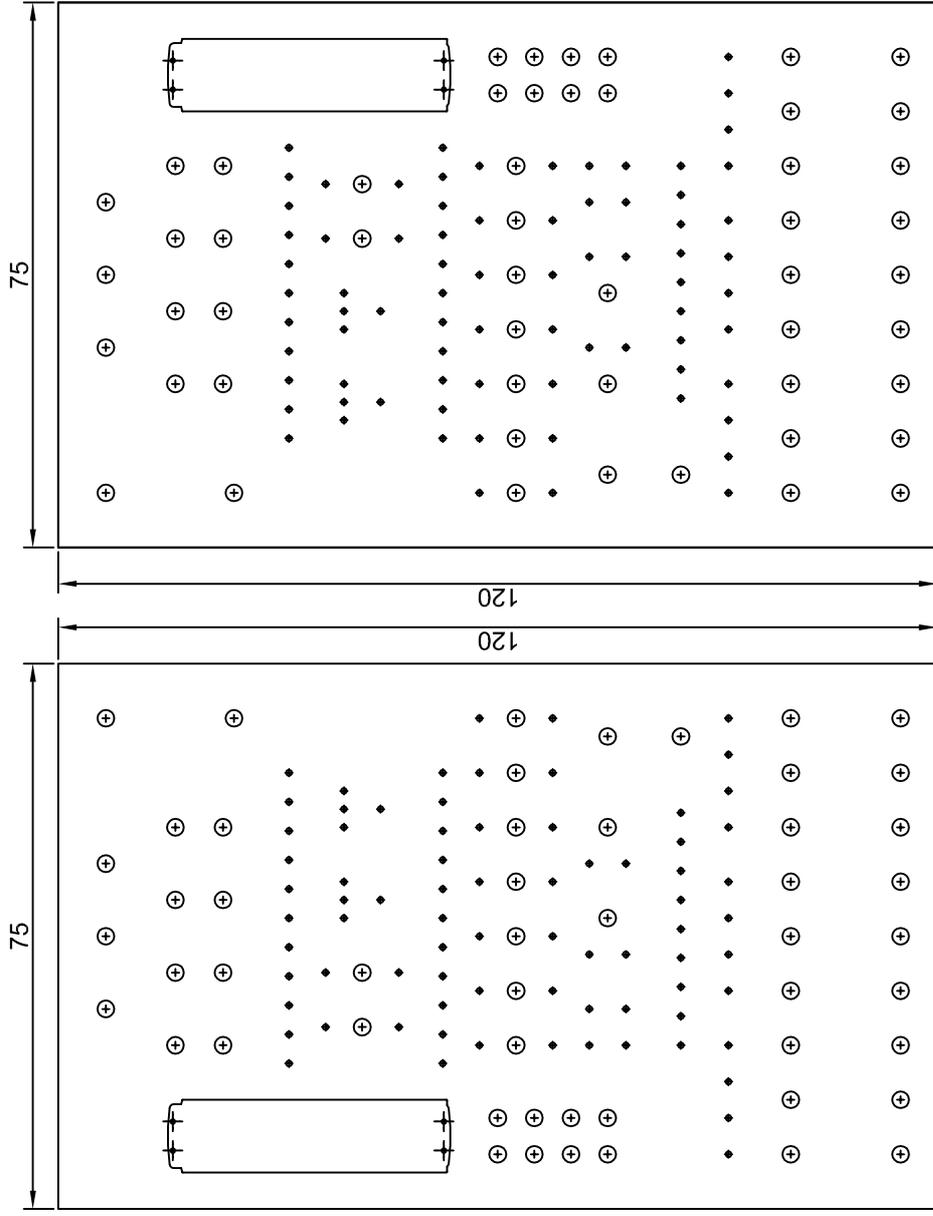


VISTA FRONTAL



LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
PANEL DEL UNIDRIVE SP			
CONTIENE: Diseño completo del panel del unidrive SP			
PROYECTOR	REVISOR	NOBRE:	Rev 0
FRANCISCO YUMBLA	FRANCISCO YUMBLA	LABOR:	1 DE 4
RESPONSABLE PROYECTO:	FRANCISCO YUMBLA	FECHA:	MAYO 2014
			INDICADAS
			FXYA

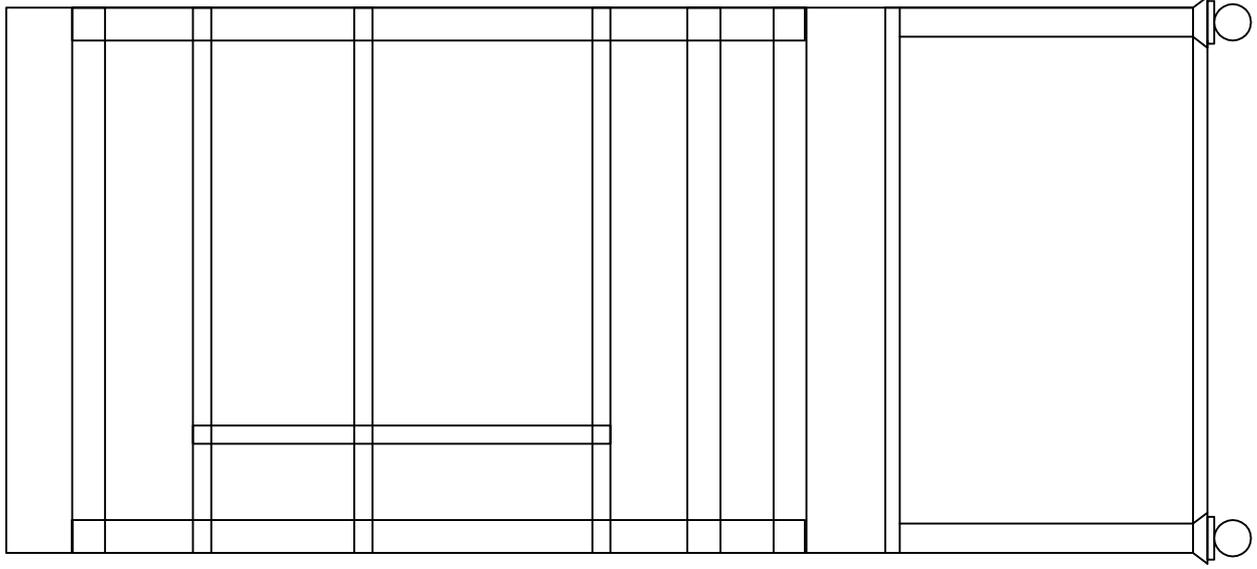
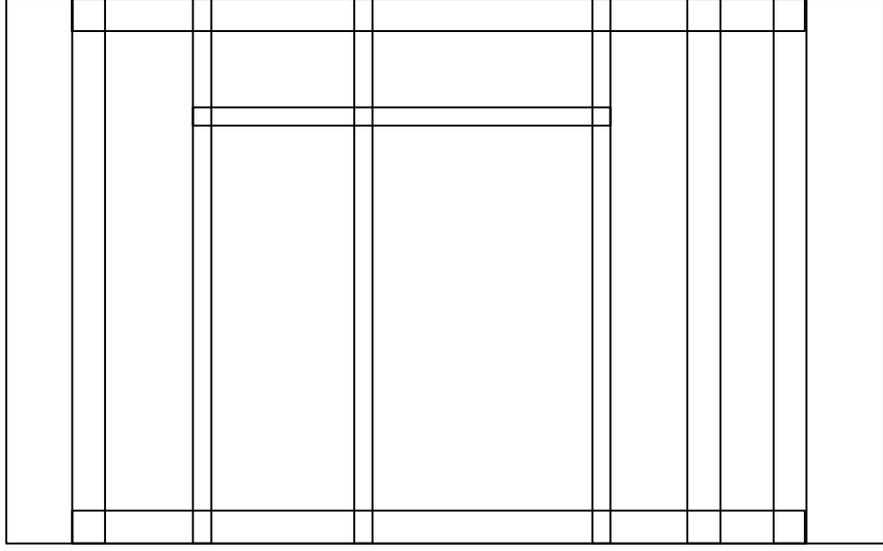
VISTA LATERAL DERECHA



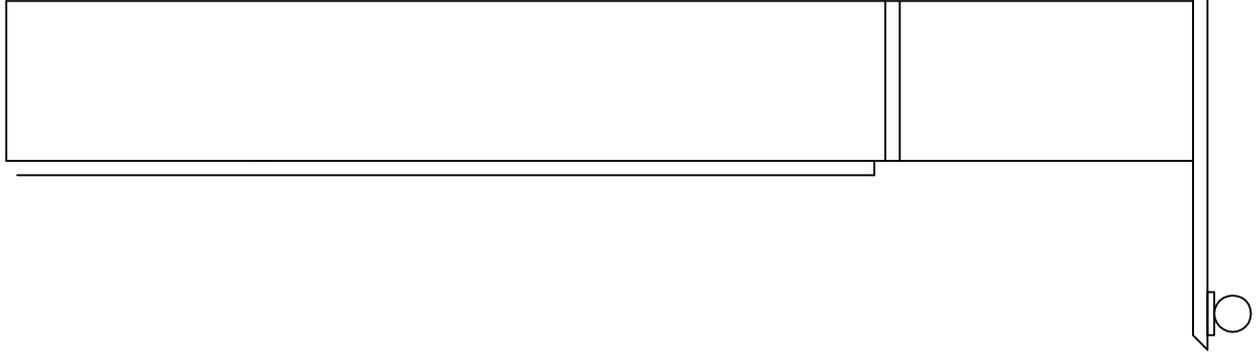
VISTA FRONTAL

LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
PANEL DEL UNIDRIVE SP			
CONTENIDO: Perforaciones y dimensiones del panel del unidrive SP			
PROYECTISTA:	PROYECTO:	REVISOR:	REVISION:
FRANCISCO YUMBLA	FXYA-MON-02	FRANCISCO YUMBLA	Rev 0
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO:	FECHA:	FECHA:	FECHA:
FRANCISCO YUMBLA	2 DE 4	MAYO 2014	INDICADAS
			FXYA

VISTA FRONTAL VISTA POSTERIOR



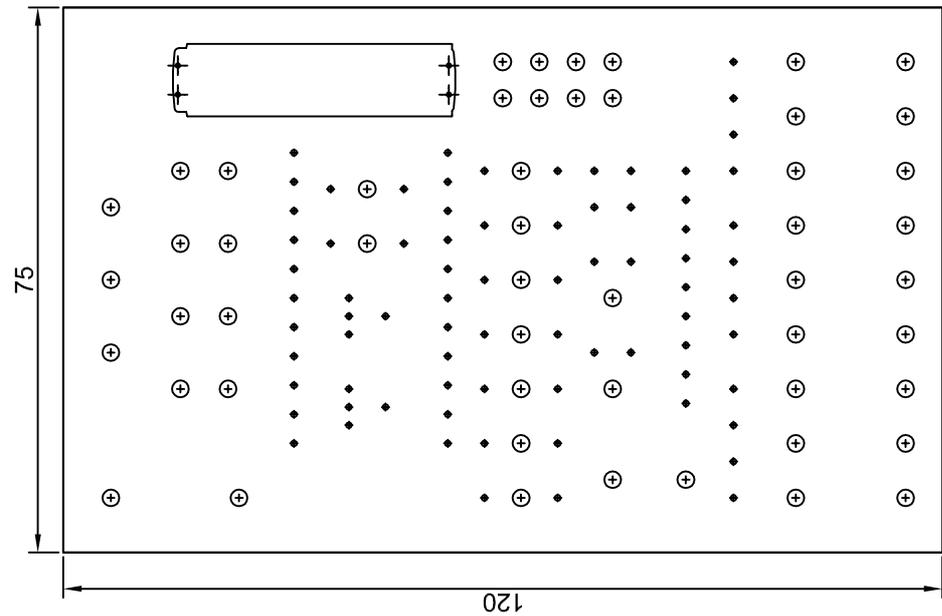
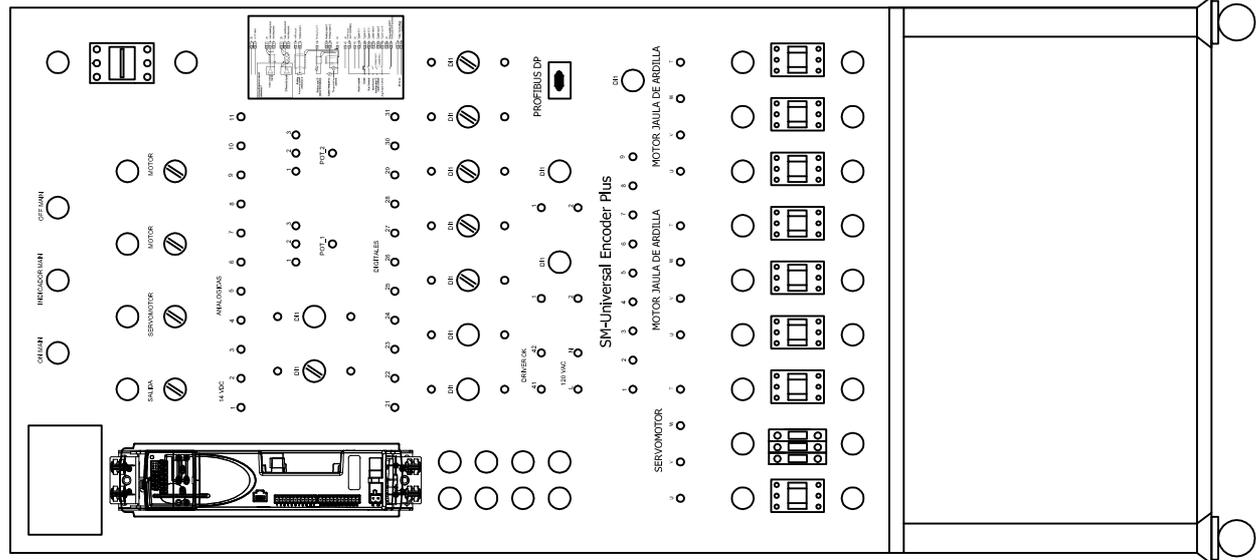
VISTA LATERAL DERECHA



LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
CONTIENE: PANEL DEL UNIDRIVE SP			
Canaletas del panel del unidrive SP			
PROYECTOS:	NO. DE PANEL UNIDRIVE SP	REVISIONES:	Rev 0
RESPONSABLE PROYECTO:	FRANCISCO YUMBLA	FECHA:	3 DE 4
RESPONSABLE DISEÑO:	FRANCISCO YUMBLA	FECHA:	MAYO 2014
INDICADAS:			FXYA

VISTA LATERAL DERECHA

VISTA FRONTAL



LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA			
PANEL DEL UNIDRIVE SP			
CONTIENE: Montaje de equipos en el panel del unidrive SP			
ARCHIVO:	REVISION:	NO. REVIS:	FECHA:
DIR: PANEL UNIDRIVE SP	FXYA-MON-04	4 DE 4	MAYO/2014
PROYECTOS:	LAJONES:	REVISAS:	INDICADAS:
FRANCISCO YUMBLA	FRANCISCO YUMBLA	FRANCISCO YUMBLA	FRANCISCO YUMBLA
RESPONSABLE DE PROYECTOS:	RESPONSABLE DE REVISIONES:	RESPONSABLE DE CALIFICACIONES:	INDICADAS:
FRANCISCO YUMBLA	FRANCISCO YUMBLA	FRANCISCO YUMBLA	FRANCISCO YUMBLA

LABORATORIO DE ELECTRONICA DE POTENCIA

PANEL DEL UNIDRIVE SP

CONTIENE: Montaje de equipos en el panel del unidrive SP

NO. REVIS: Rev 0

ARCHIVO: FXYA-MON-04

DIR: PANEL UNIDRIVE SP

FECHA: 4 DE 4

LAJONES: 4 DE 4

REVISAS: MAYO/2014

INDICADAS:

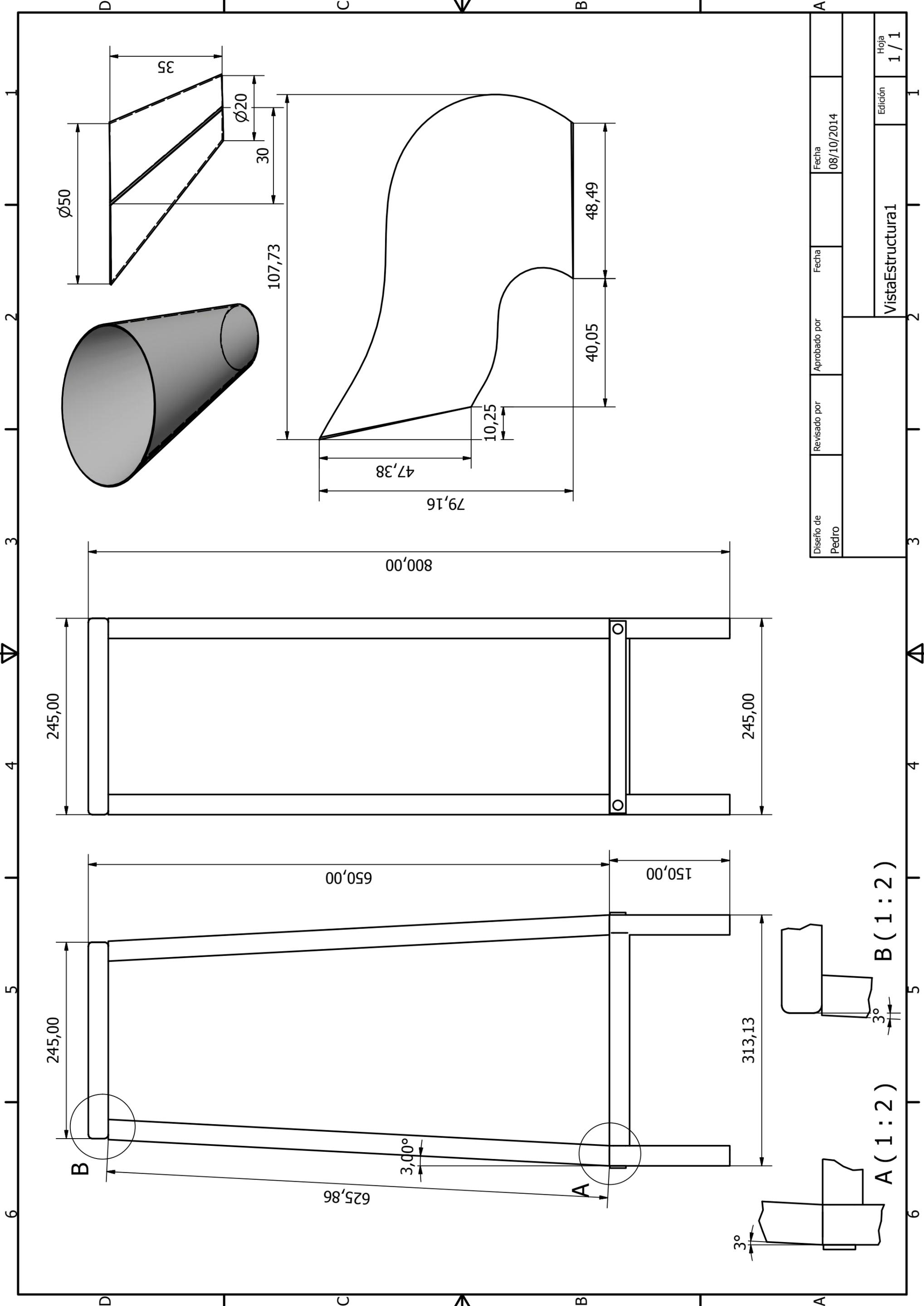
FRANCISCO YUMBLA

FRANCISCO YUMBLA

FRANCISCO YUMBLA

FRANCISCO YUMBLA

ANEXO 3. PLANOS DEL SISTEMA DE DOSIFICACION.



Ø50

35

Ø20

30

107,73

47,38

79,16

10,25

40,05

48,49

800,00

245,00

245,00

650,00

150,00

313,13

245,00

625,86

3,00°

A (1:2)

B (1:2)

3°

3°

Diseño de Pedro	Revisado por	Aprobado por	Fecha 08/10/2014
VistaEstructural1			Edición 1 / 1

1 2 3 4 5 6

1 2 3 4 5 6

D

C

B

A

D

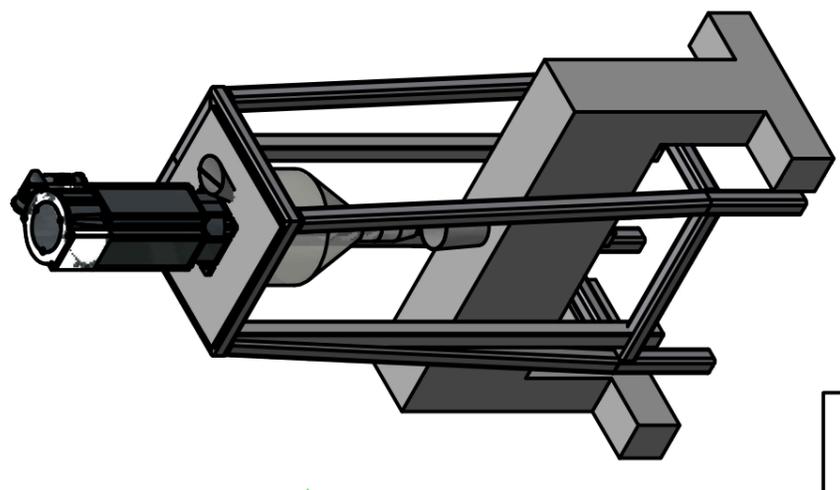
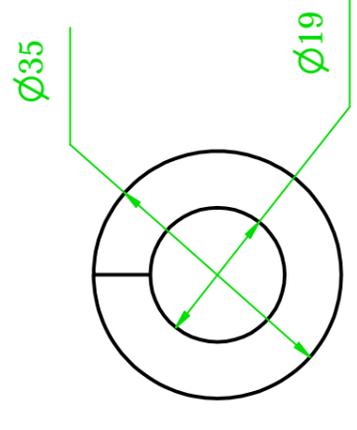
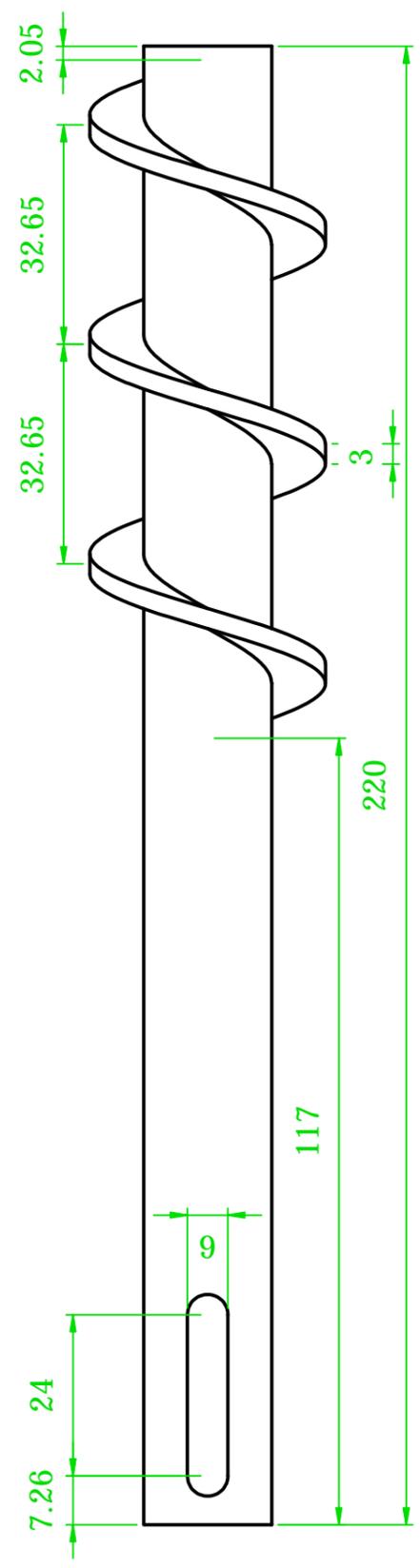
C

B

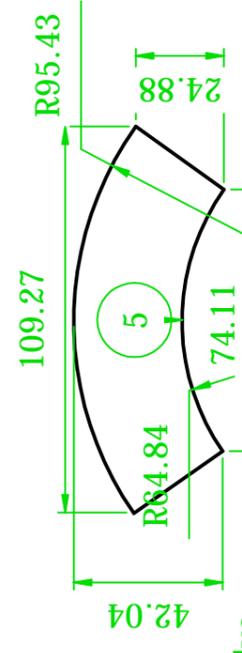
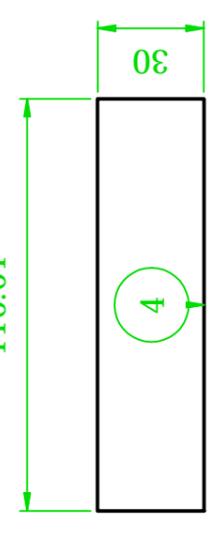
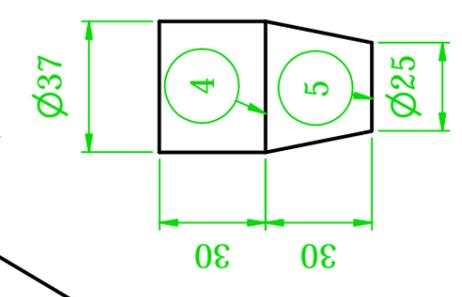
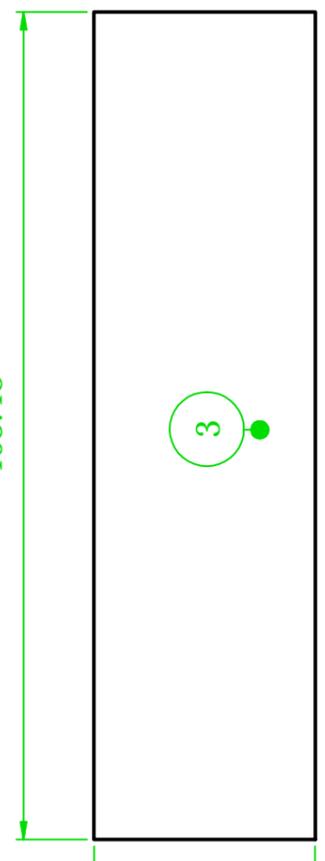
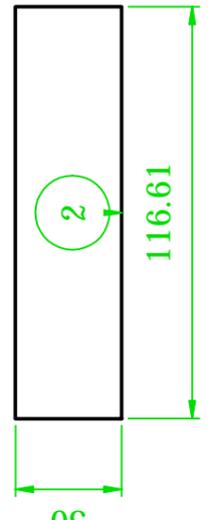
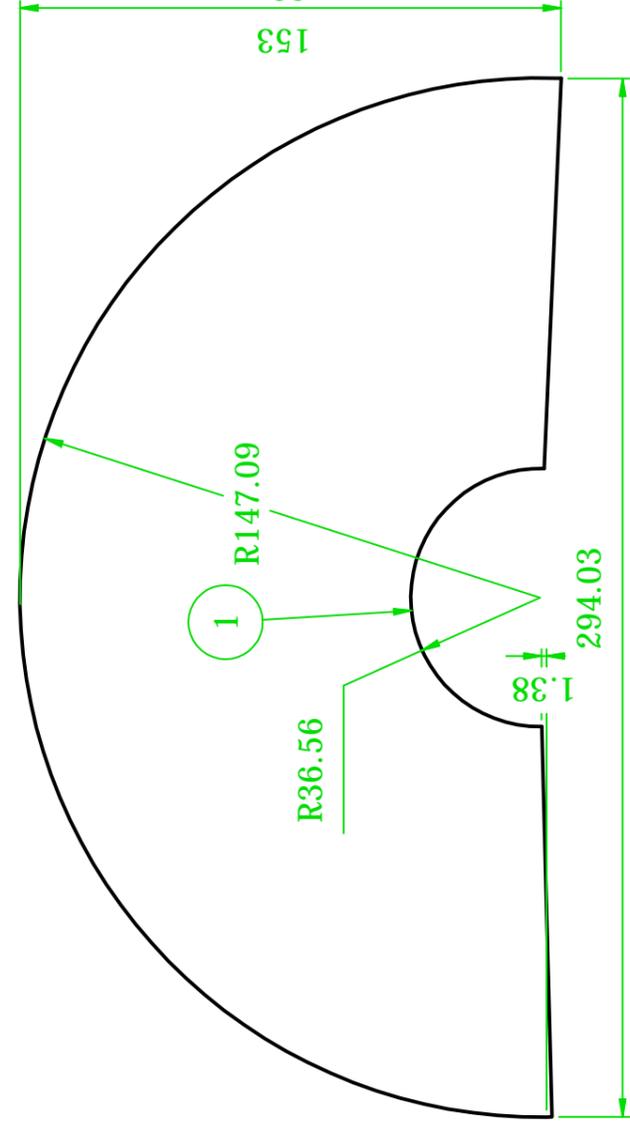
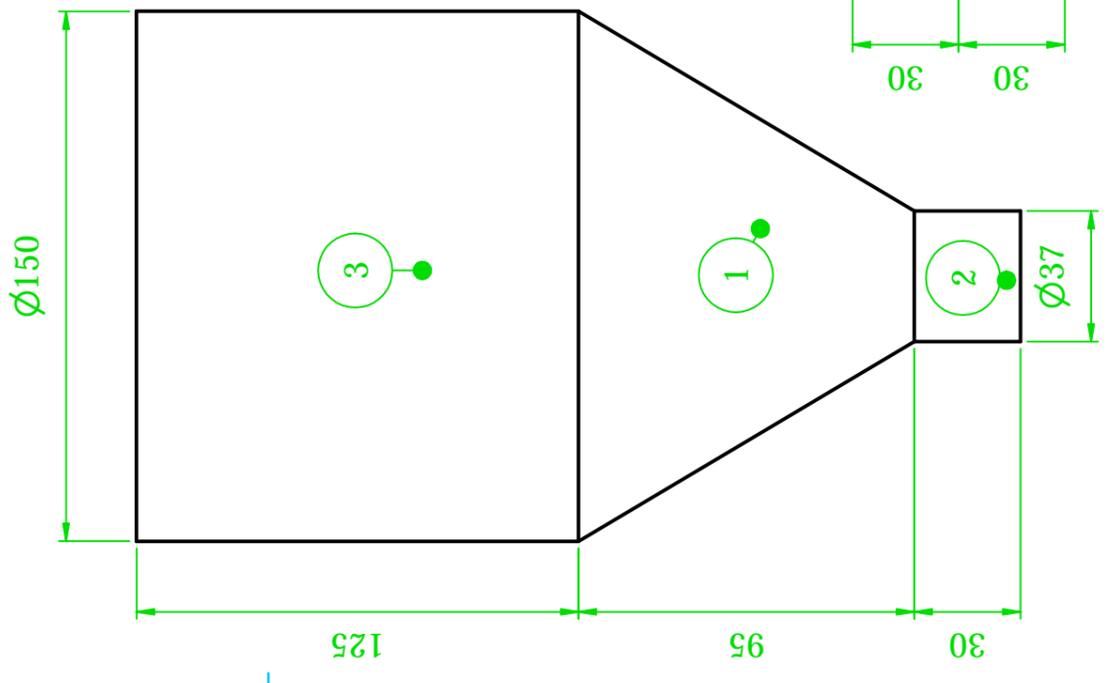
A

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F



Sin Fin Dosificador



Boquilla reductora de la tolva

NOMBRE DE ARCHIVO		Nº FSCM		PLANO		ESCALA	
TAMAÑO							
DIBUJADO							
COMPROBAR							
APROB.							
REALIZADO							
REV							
CONTRATO Nº							
Nº DIBUJO							-

1 2 3 6 7 8

**ANEXO 4. PROGRAMACION EN TIA PORTAL DEL
PLC S7-1200**

Bloques de programa

VEL. PROD. [FB1]

VEL. PROD. Propiedades

General

Nombre	VEL. PROD.	Número	1	Tipo	FB
Idioma	KOP				

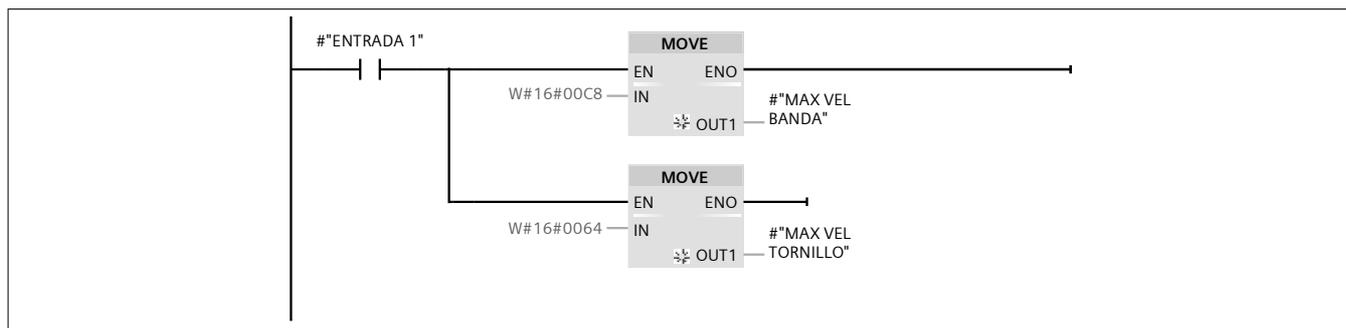
Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
▼ Input								
ENTRADA 1	Bool		false	No remanente	True	True	False	
ENTRADA 2	Bool		false	No remanente	True	True	False	
ENTRADA 3	Bool		false	No remanente	True	True	False	
▼ Output								
MAX VEL BANDA	Word		16#0	No remanente	True	True	False	
MAX VEL TORNILLO	Word		16#0	No remanente	True	True	False	
InOut								
Static								
Temp								

Segmento 1:

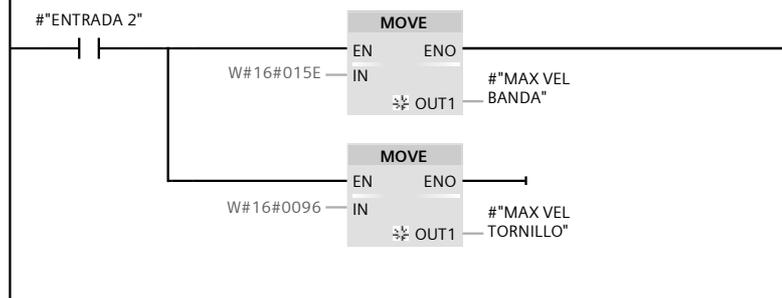
VELOCIDAD PROD. BAJA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"ENTRADA 1"		Bool	
#"MAX VEL BANDA"		Word	
#"MAX VEL TORNILLO"		Word	

Segmento 2:

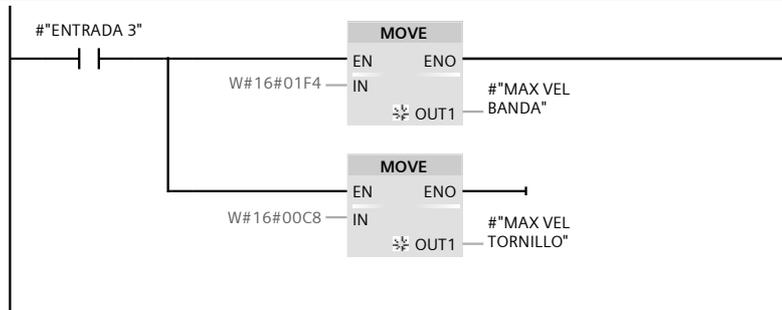
VELOCIDAD PROD. MEDIA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"ENTRADA 2"		Bool	
#"MAX VEL BANDA"		Word	
#"MAX VEL TORNILLO"		Word	

Segmento 3:

VELOCIDAD PROD. ALTA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"ENTRADA 3"		Bool	
#"MAX VEL BANDA"		Word	
#"MAX VEL TORNILLO"		Word	

Bloques de programa

DOSIFICACIÓN [FB2]

DOSIFICACIÓN Propiedades

General

Nombre	DOSIFICACIÓN	Número	2	Tipo	FB
Idioma	KOP				

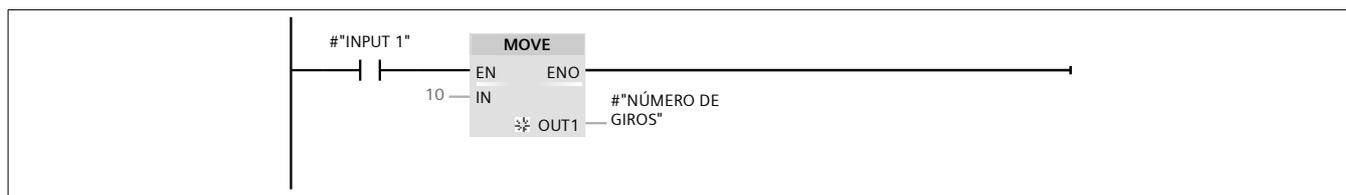
Información

Título		Autor		Comentario	DOSIFICACIÓN
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
▼ Input								
INPUT 1	Bool		false	No remanente	True	True	False	
INPUT 2	Bool		false	No remanente	True	True	False	
INPUT 3	Bool		false	No remanente	True	True	False	
▼ Output								
NÚMERO DE GIROS	Int		0	No remanente	True	True	False	
InOut								
▼ Static								
VARIABLE 1	Int		0	No remanente	True	True	False	
VARIABLE 2	Int		0	No remanente	True	True	False	
VARIABLE 3	Int		0	No remanente	True	True	False	
Temp								

Segmento 1:

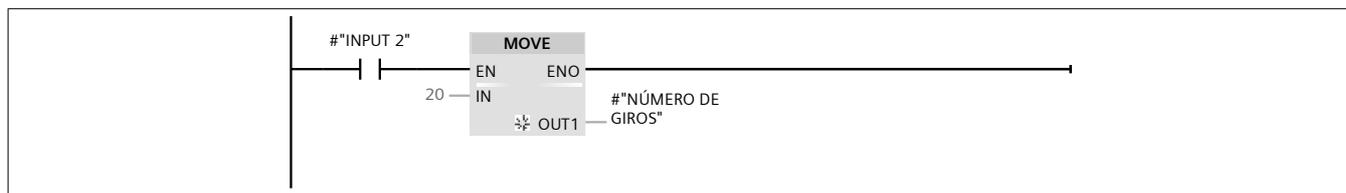
DOSIS BAJA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"INPUT 1"		Bool	
#"NÚMERO DE GIROS"		Int	

Segmento 2:

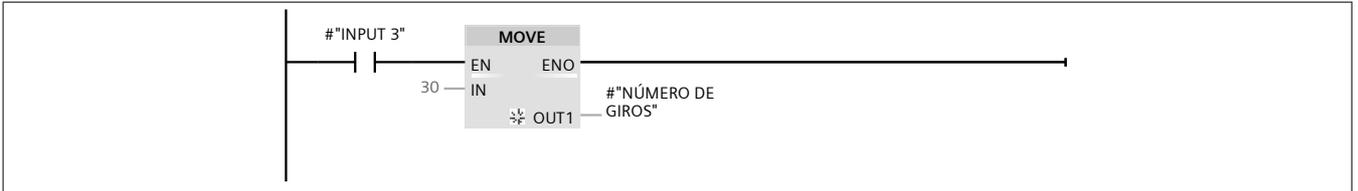
DOSIS MEDIA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"INPUT 2"		Bool	
#"NÚMERO DE GIROS"		Int	

Segmento 3:

DOSIS ALTA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#"INPUT 3"		Bool	
#"NÚMERO DE GIROS"		Int	

Bloques de programa

DOSIFICACIÓN_DB [DB2]

DOSIFICACIÓN_DB Propiedades

General

Nombre	DOSIFICACIÓN_DB	Número	2	Tipo	DB
Idioma	DB				

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
▼ Input								
INPUT 1	Bool		false	False	True	True	False	
INPUT 2	Bool		false	False	True	True	False	
INPUT 3	Bool		false	False	True	True	False	
▼ Output								
NÚMERO DE GIROS	Int		0	False	True	True	False	
InOut								
▼ Static								
VARIABLE 1	Int		0	False	True	True	False	
VARIABLE 2	Int		0	False	True	True	False	
VARIABLE 3	Int		0	False	True	True	False	

Bloques de programa

DOSIFICACIÓN_DB_1 [DB3]

DOSIFICACIÓN_DB_1 Propiedades

General

Nombre	DOSIFICACIÓN_DB_1	Número	3	Tipo	DB
Idioma	DB				

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
▼ Input								
INPUT 1	Bool		false	False	True	True	False	
INPUT 2	Bool		false	False	True	True	False	
INPUT 3	Bool		false	False	True	True	False	
▼ Output								
NÚMERO DE GIROS	Int		0	False	True	True	False	
InOut								
▼ Static								
VARIABLE 1	Int		0	False	True	True	False	
VARIABLE 2	Int		0	False	True	True	False	
VARIABLE 3	Int		0	False	True	True	False	

Bloques de programa

EVASADO [FB3]

EVASADO Propiedades

General

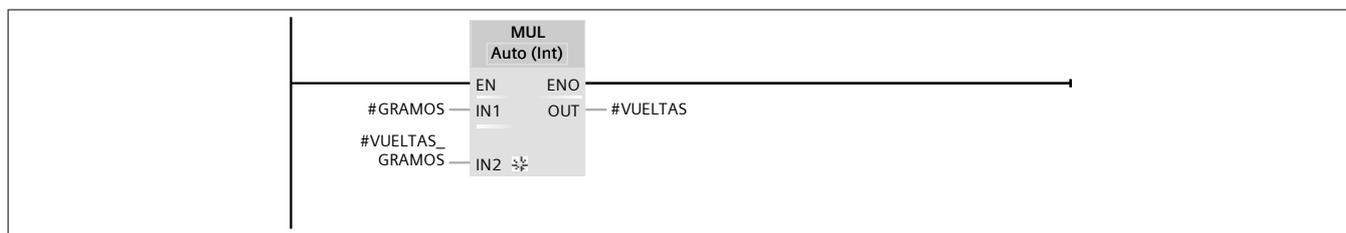
Nombre	EVASADO	Número	3	Tipo	FB
Idioma	KOP				

Información

Título		Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
▼ Input								
GRAMOS	Int		0	No remanente	True	True	False	
VUELTAS_GRAMOS	Int		0	No remanente	True	True	False	
▼ Output								
VUELTAS	Int		0	No remanente	True	True	False	
InOut								
Static								
Temp								

Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
#GRAMOS		Int	
#VUELTAS_GRAMOS		Int	
#VUELTAS		Int	

Bloques de programa

Main [OB1]

Main Propiedades

General

Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB.ProgramCycle
Idioma	KOP				

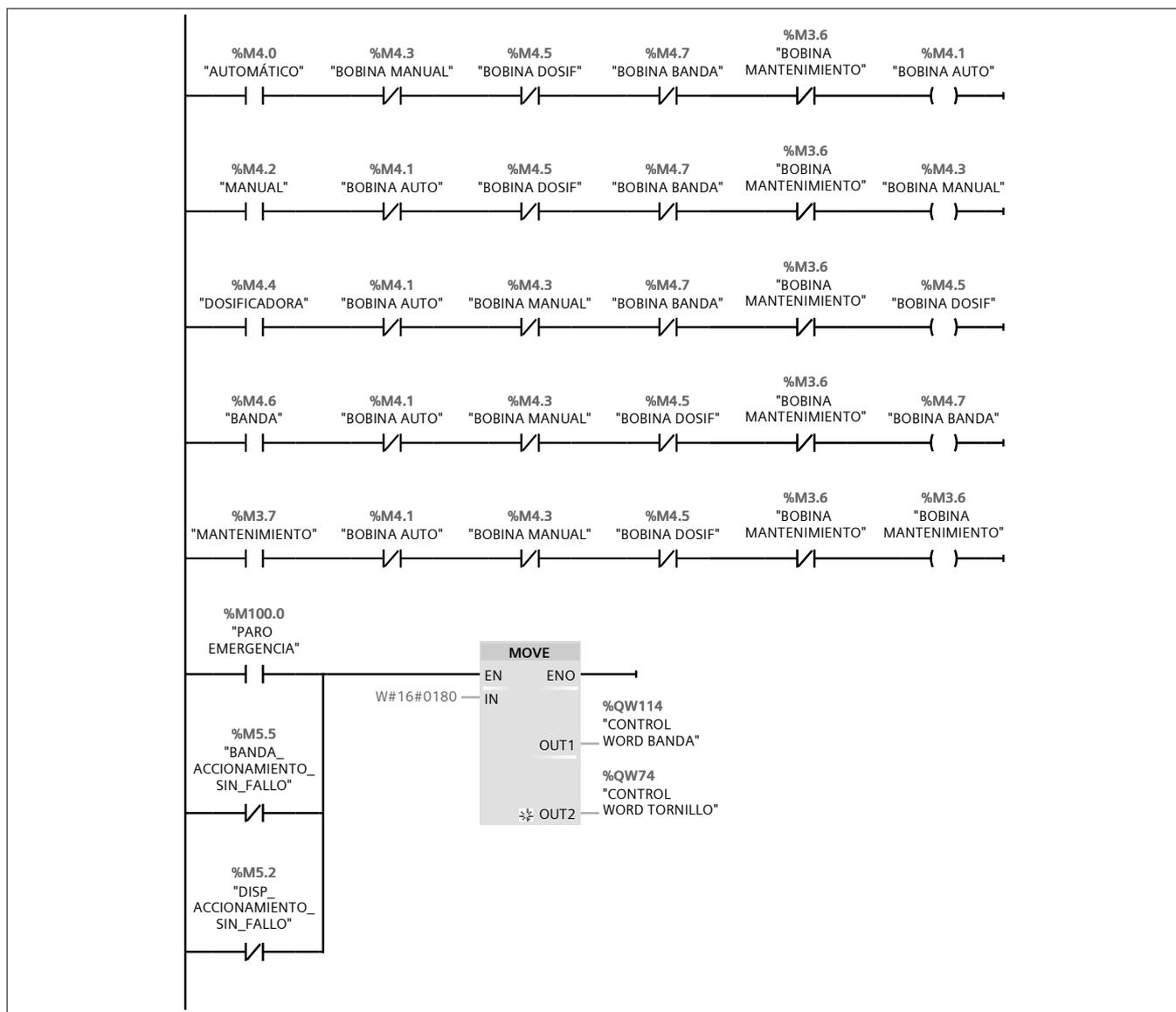
Información

Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	TESIS LANDÍVAR - YUM-BLA
Familia		Versión	0.1	ID personalizada	

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
Temp			

Segmento 1: INICIO DEL PROGRAMA CON BOBINAS PARA EL SISTEMA

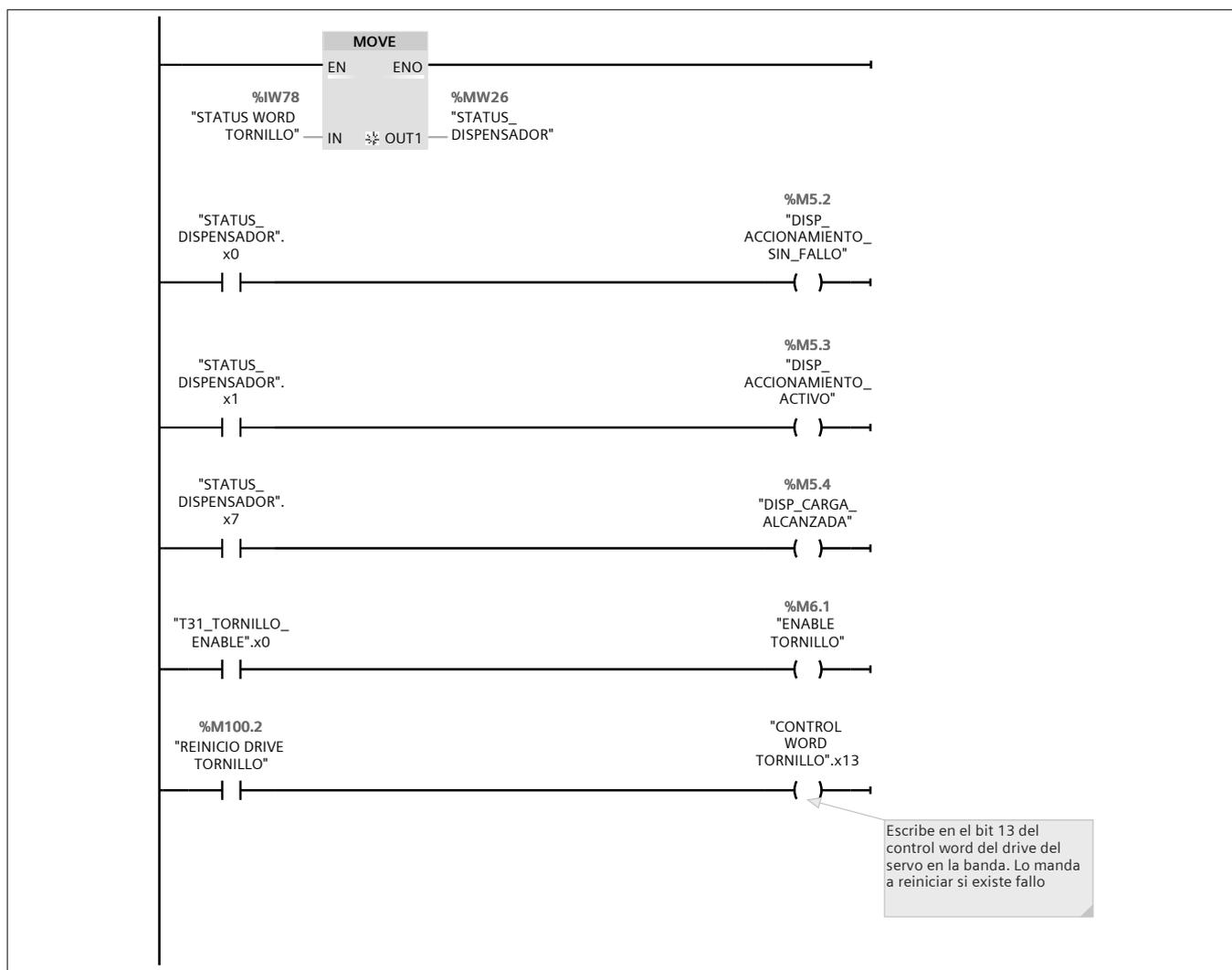
INICIO DEL PROGRAMA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"CONTROL WORD BAN-DA"	%QW114	Word	
"CONTROL WORD TOR-NILLO"	%QW74	Word	
"AUTOMÁTICO"	%M4.0	Bool	
"MANUAL"	%M4.2	Bool	
"PARO EMERGENCIA"	%M100.0	Bool	
"BOBINA MANUAL"	%M4.3	Bool	
"BOBINA AUTO"	%M4.1	Bool	
"DISP_ACCIONAMIEN-TO_SIN_FALLO"	%M5.2	Bool	
"BANDA_ACCIONAMIEN-TO_SIN_FALLO"	%M5.5	Bool	
"DOSIFICADORA"	%M4.4	Bool	
"BOBINA DOSIF"	%M4.5	Bool	
"BOBINA BANDA"	%M4.7	Bool	
"BANDA"	%M4.6	Bool	
"MANTENIMIENTO"	%M3.7	Bool	
"BOBINA MANTENIMIEN-TO"	%M3.6	Bool	

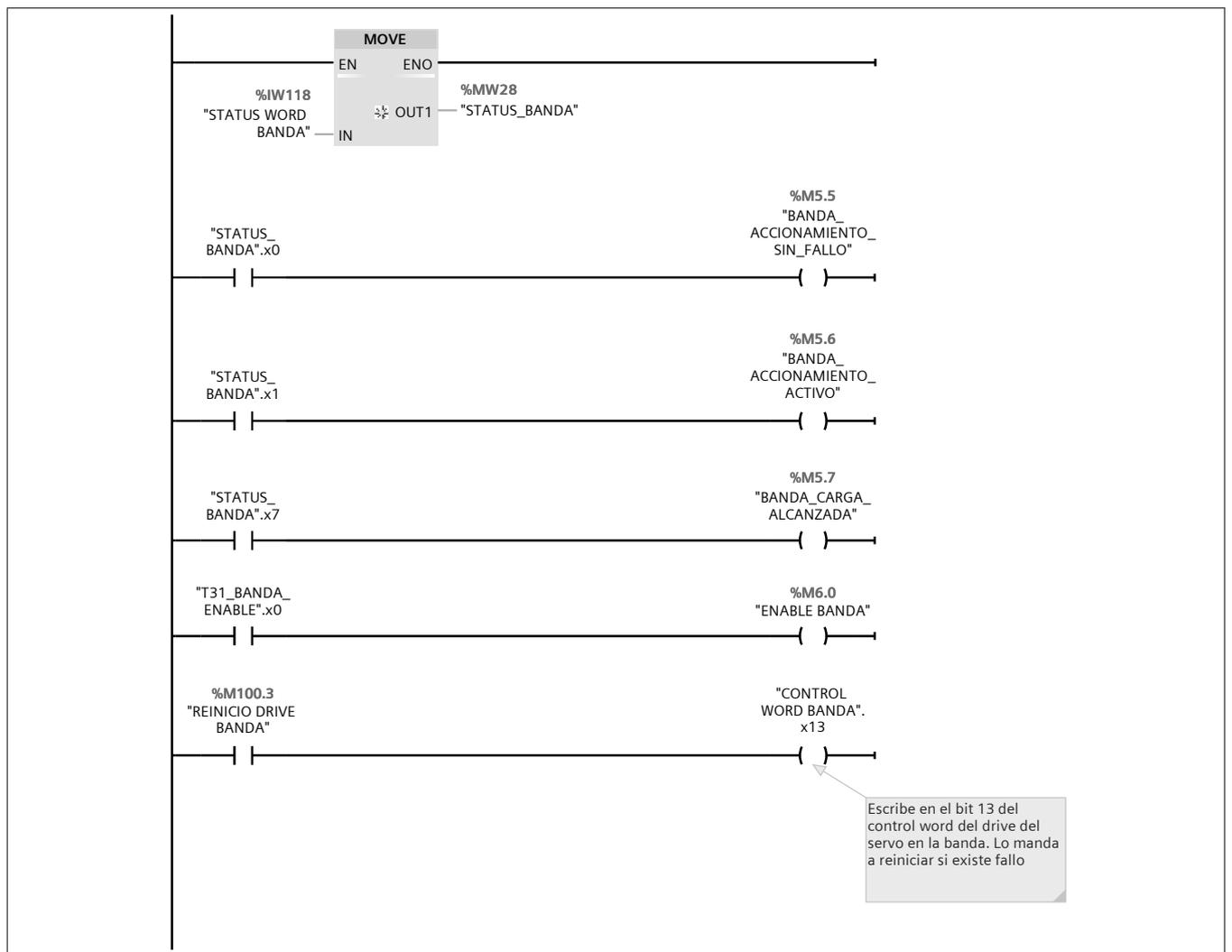
Segmento 2: PANTALLA DRIVE DISPENSADOR

VISUALIZACION EN PANTALLA HMI DE PALABRA DE ESTADOS DE LA TOLVA DOSIFICADORA



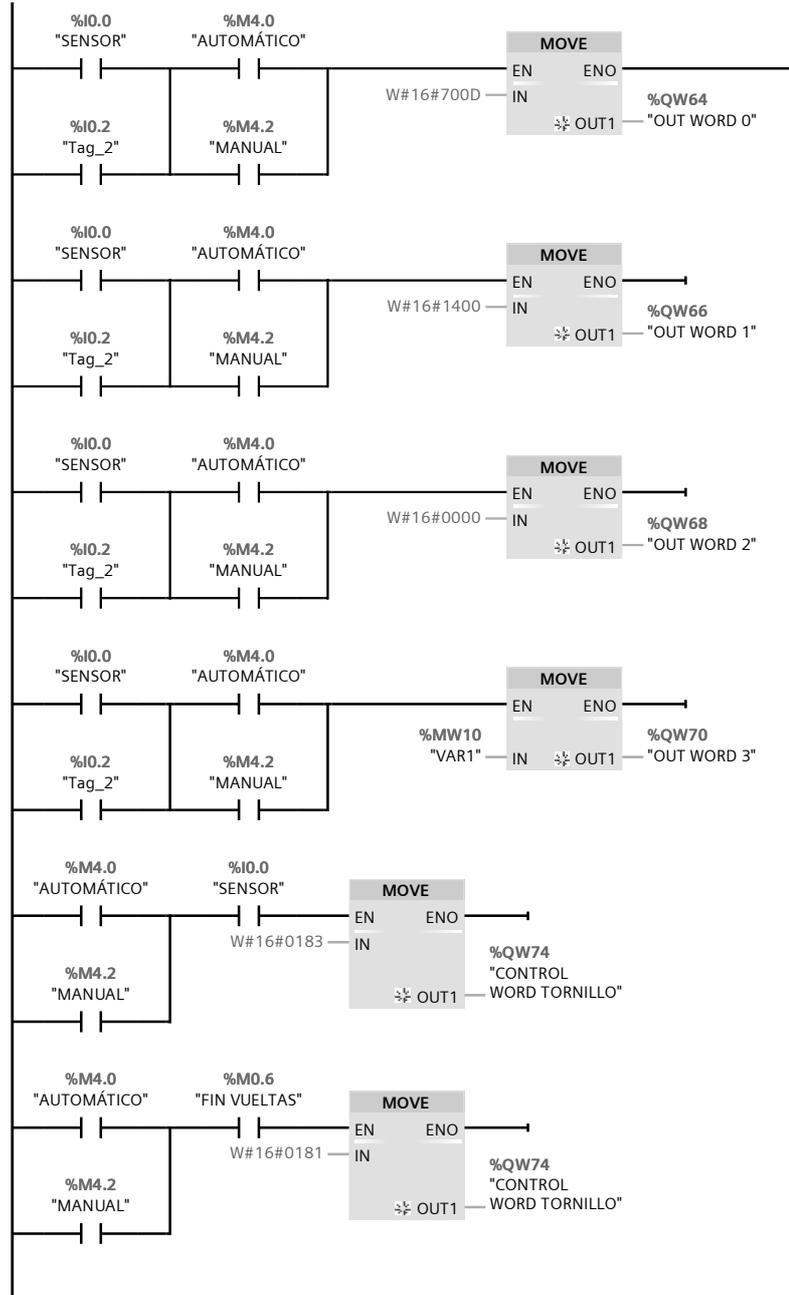
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"REINICIO DRIVE TORNILLO"	%M100.2	Bool	
"STATUS WORD TORNILLO"	%IW78	Word	
"STATUS_DISPENSADOR"	%MW26	Word	
"STATUS_DISPENSADOR".x0		Bool	
"DISP_ACCIONAMIENTO_SIN_FALLO"	%M5.2	Bool	
"STATUS_DISPENSADOR".x1		Bool	
"DISP_ACCIONAMIENTO_ACTIVADO"	%M5.3	Bool	
"STATUS_DISPENSADOR".x7		Bool	
"DISP_CARGA_ALCANZADA"	%M5.4	Bool	
"T31_TORNILLO_ENABLE".x0		Bool	
"ENABLE TORNILLO"	%M6.1	Bool	
"CONTROL WORD TORNILLO".x13		Bool	

Segmento 3: PANTALLA DRIVE BANDA TRANSPORTADORA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"STATUS WORD BANDA"	%IW118	Word	
"STATUS_BANDA"	%MW28	Word	
"STATUS_BANDA".x0		Bool	
"BANDA_ACCIONAMIEN- TO_SIN_FALLO"	%M5.5	Bool	
"STATUS_BANDA".x1		Bool	
"BANDA_ACCIONAMIEN- TO_ACTIVADO"	%M5.6	Bool	
"STATUS_BANDA".x7		Bool	
"BANDA_CARGA_ALCAN- ZADA"	%M5.7	Bool	
"T31_BANDA_ENA- BLE".x0		Bool	
"ENABLE BANDA"	%M6.0	Bool	
"REINICIO DRIVE BANDA"	%M100.3	Bool	
"CONTROL WORD BAN- DA".x13		Bool	

Segmento 4: PPO4 WORD A PARÁMETRO 13.20 ESCRIBIR # DE VUELTAS AUTO/MANUAL

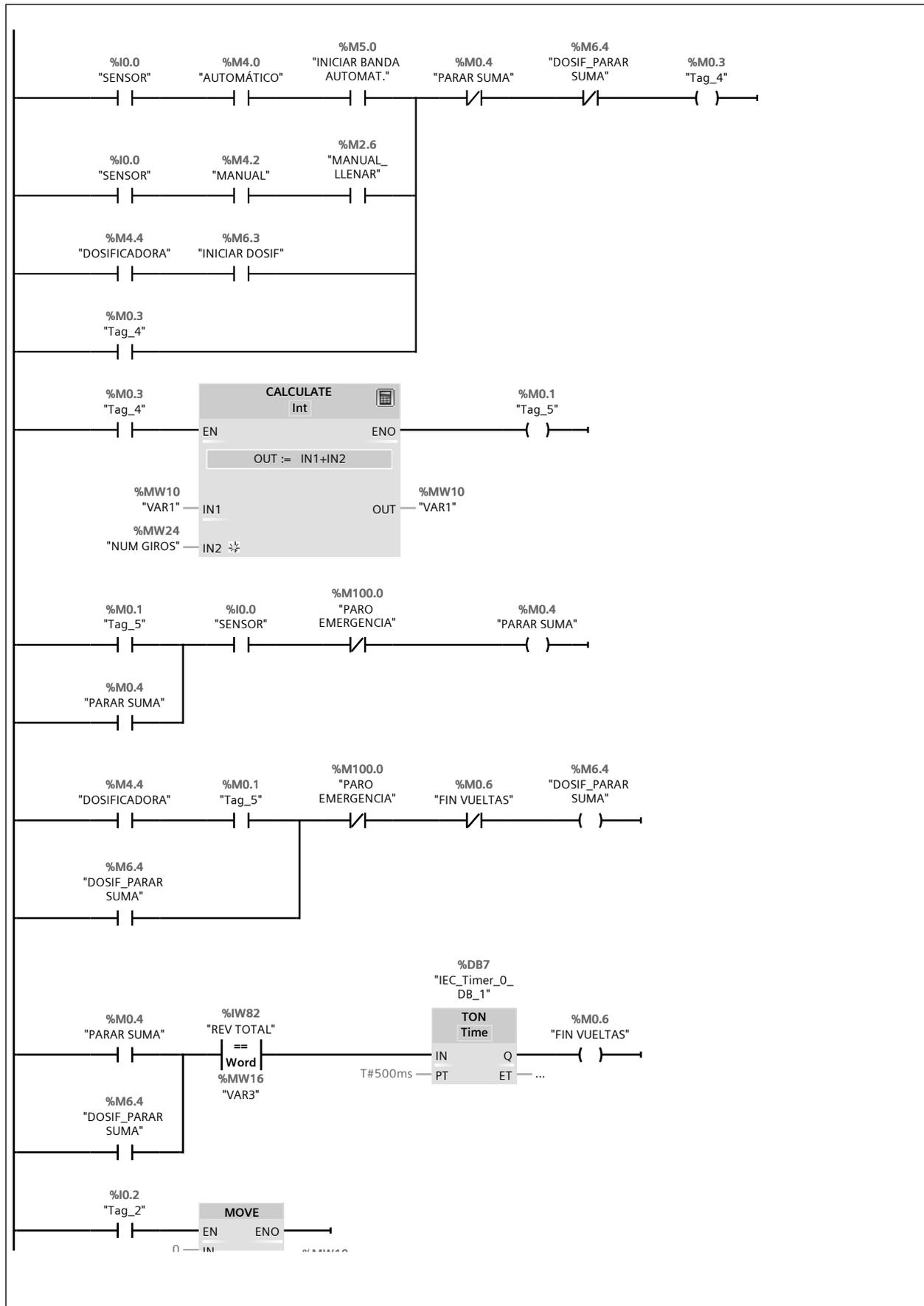


Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"SENSOR"	%I0.0	Bool	
"OUT WORD 0"	%QW64	Word	
"OUT WORD 1"	%QW66	Word	
"OUT WORD 2"	%QW68	Word	
"VAR1"	%MW10	Int	
"OUT WORD 3"	%QW70	Word	
"Tag_2"	%I0.2	Bool	
"FIN VUELTAS"	%M0.6	Bool	
"CONTROL WORD TOR- NILLO"	%QW74	Word	
"AUTOMÁTICO"	%M4.0	Bool	
"MANUAL"	%M4.2	Bool	

Segmento 5: GIRO DEL TORNILLO SIN FIN

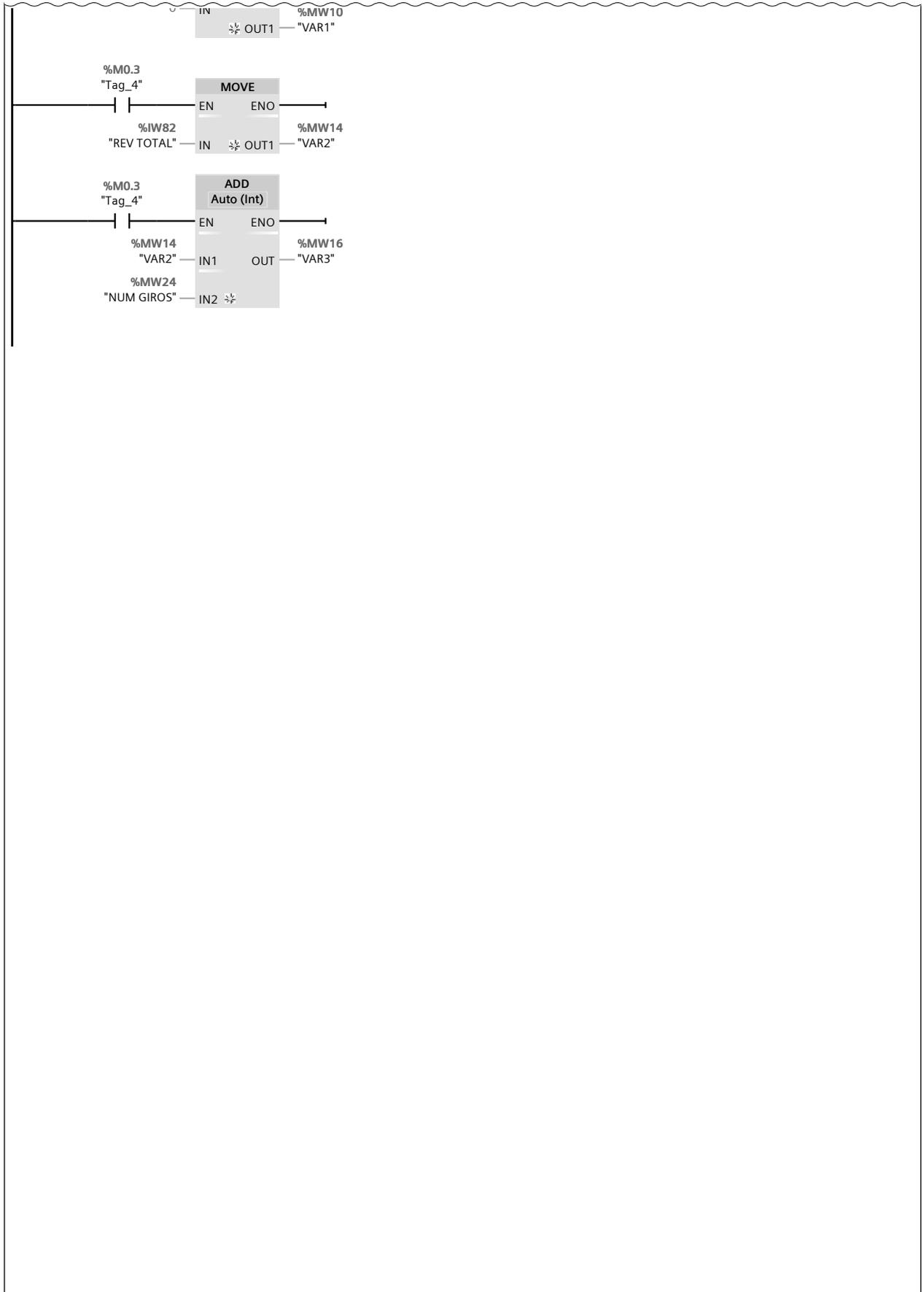
ACUMULADOR

Segmento 5: GIRO DEL TORNILLO SIN FIN (1.1 / 2.1)



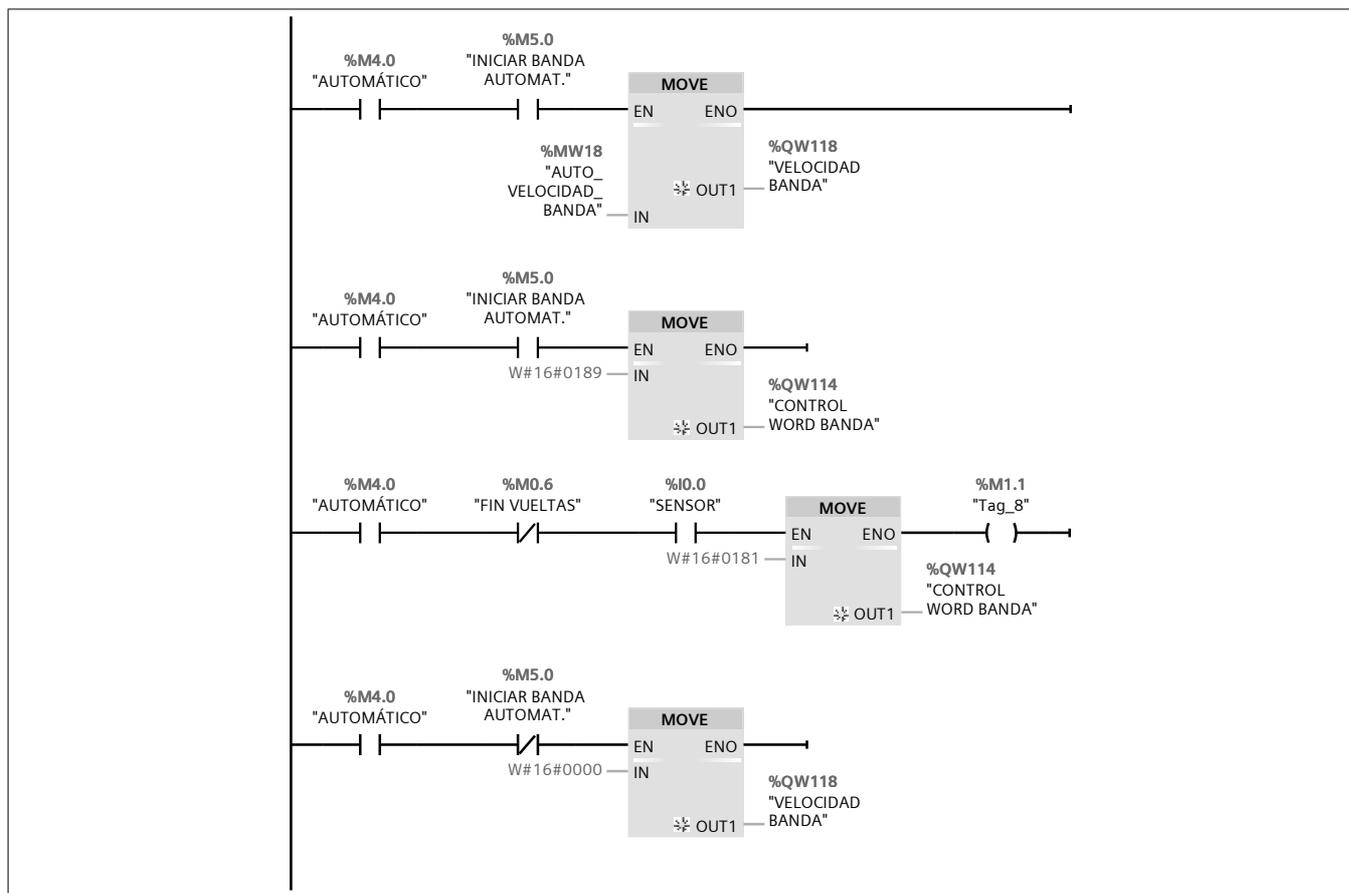
Segmento 5: GIRO DEL TORNILLO SIN FIN (2.1 / 2.1)

1.1 (Página9 - 6)



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"SENSOR"	%I0.0	Bool	
"VAR1"	%MW10	Int	
"Tag_2"	%I0.2	Bool	
"Tag_4"	%M0.3	Bool	
"Tag_5"	%M0.1	Bool	
"PARAR SUMA"	%M0.4	Bool	
"REV TOTAL"	%IW82	Word	
"VAR2"	%MW14	Int	
"VAR3"	%MW16	Int	
"FIN VUELTAS"	%M0.6	Bool	
"INICIAR BANDA AUTO-MAT."	%M5.0	Bool	
"AUTOMÁTICO"	%M4.0	Bool	
"NUM GIROS"	%MW24	Int	
"MANUAL"	%M4.2	Bool	
"MANUAL_LLENAR"	%M2.6	Bool	
"PARO EMERGENCIA"	%M100.0	Bool	
"DOSIFICADORA"	%M4.4	Bool	
"INICIAR DOSIF"	%M6.3	Bool	
"DOSIF_PARAR SUMA"	%M6.4	Bool	
"IEC_Timer_0_DB_1"	%DB7	IEC_Timer	

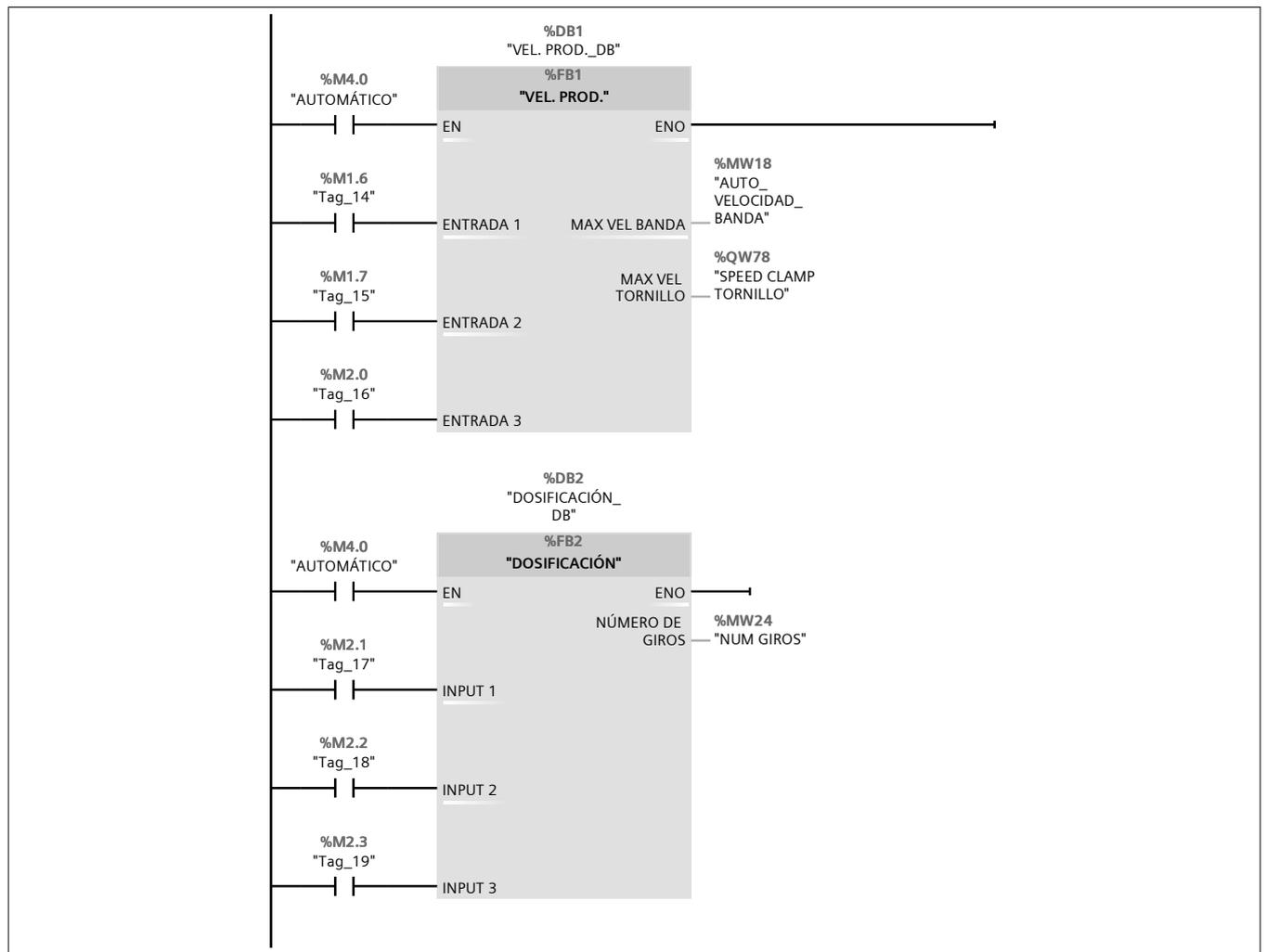
Segmento 6: CONTROL DE LA BANDA MODO AUTOMÁTICO



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"SENSOR"	%I0.0	Bool	
"FIN VUELTAS"	%M0.6	Bool	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"INICIAR BANDA AUTO-MAT."	%M5.0	Bool	
"VELOCIDAD BANDA"	%QW118	Word	
"CONTROL WORD BAN-DA"	%QW114	Word	
"Tag_8"	%M1.1	Bool	
"AUTOMÁTICO"	%M4.0	Bool	
"AUTO_VELOCI-DAD_BANDA"	%MW18	Word	

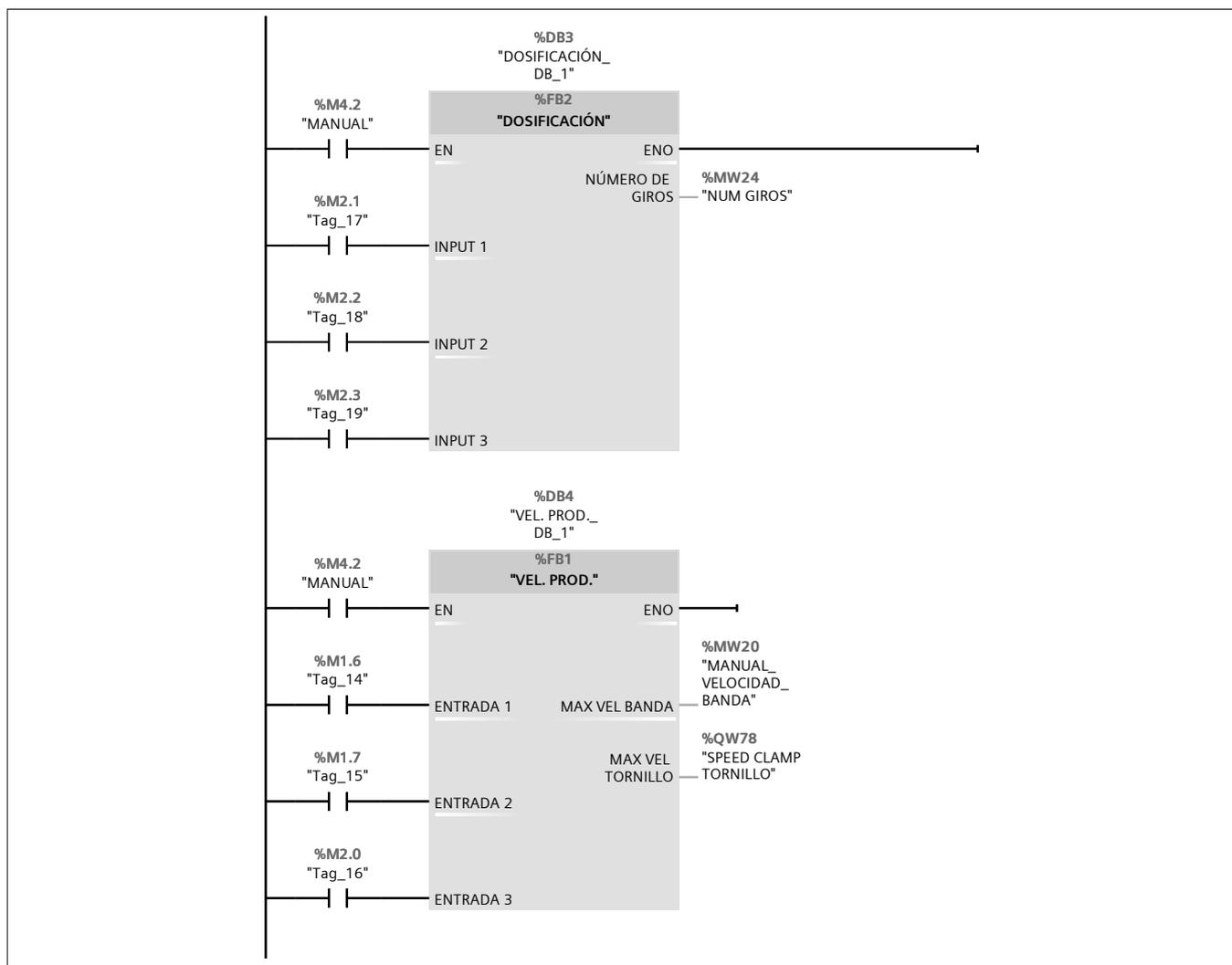
Segmento 7: BLOQUES DE FUNCIÓN EN MODO AUTOMÁTICO



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"VEL. PROD."	%FB1	Block_FB	
"VEL. PROD._DB"	%DB1	Block_FB	
"AUTOMÁTICO"	%M4.0	Bool	
"AUTO_VELOCI-DAD_BANDA"	%MW18	Word	
"Tag_14"	%M1.6	Bool	
"Tag_15"	%M1.7	Bool	
"Tag_16"	%M2.0	Bool	
"SPEED CLAMP TORNIL-LO"	%QW78	Word	
"DOSIFICACIÓN"	%FB2	Block_FB	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"DOSIFICACIÓN_DB"	%DB2	Block_FB	
"Tag_17"	%M2.1	Bool	
"Tag_18"	%M2.2	Bool	
"Tag_19"	%M2.3	Bool	
"NUM GIROS"	%MW24	Int	

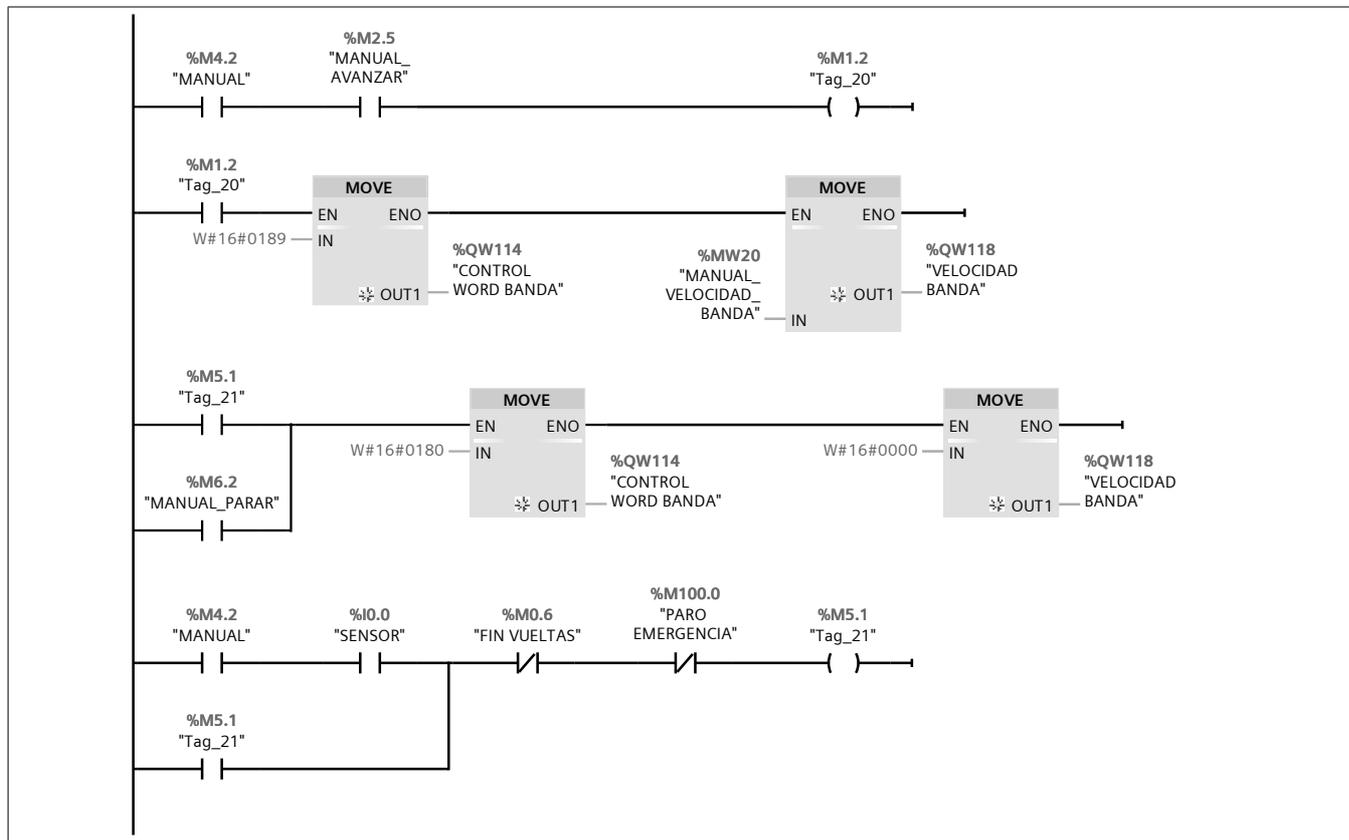
Segmento 8: BLOQUES DE FUNCIÓN EN MODO MANUAL



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"VEL. PROD."	%FB1	Block_FB	
"Tag_14"	%M1.6	Bool	
"Tag_15"	%M1.7	Bool	
"Tag_16"	%M2.0	Bool	
"SPEED CLAMP TORNILLO"	%QW78	Word	
"DOSIFICACIÓN"	%FB2	Block_FB	
"Tag_17"	%M2.1	Bool	
"Tag_18"	%M2.2	Bool	
"Tag_19"	%M2.3	Bool	
"NUM GIROS"	%MW24	Int	
"MANUAL"	%M4.2	Bool	
"DOSIFICACIÓN_DB_1"	%DB3	Block_FB	
"VEL. PROD._DB_1"	%DB4	Block_FB	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MANUAL_VELOCIDAD_BANDA"	%MW20	Int	

Segmento 9: MODO MANUAL

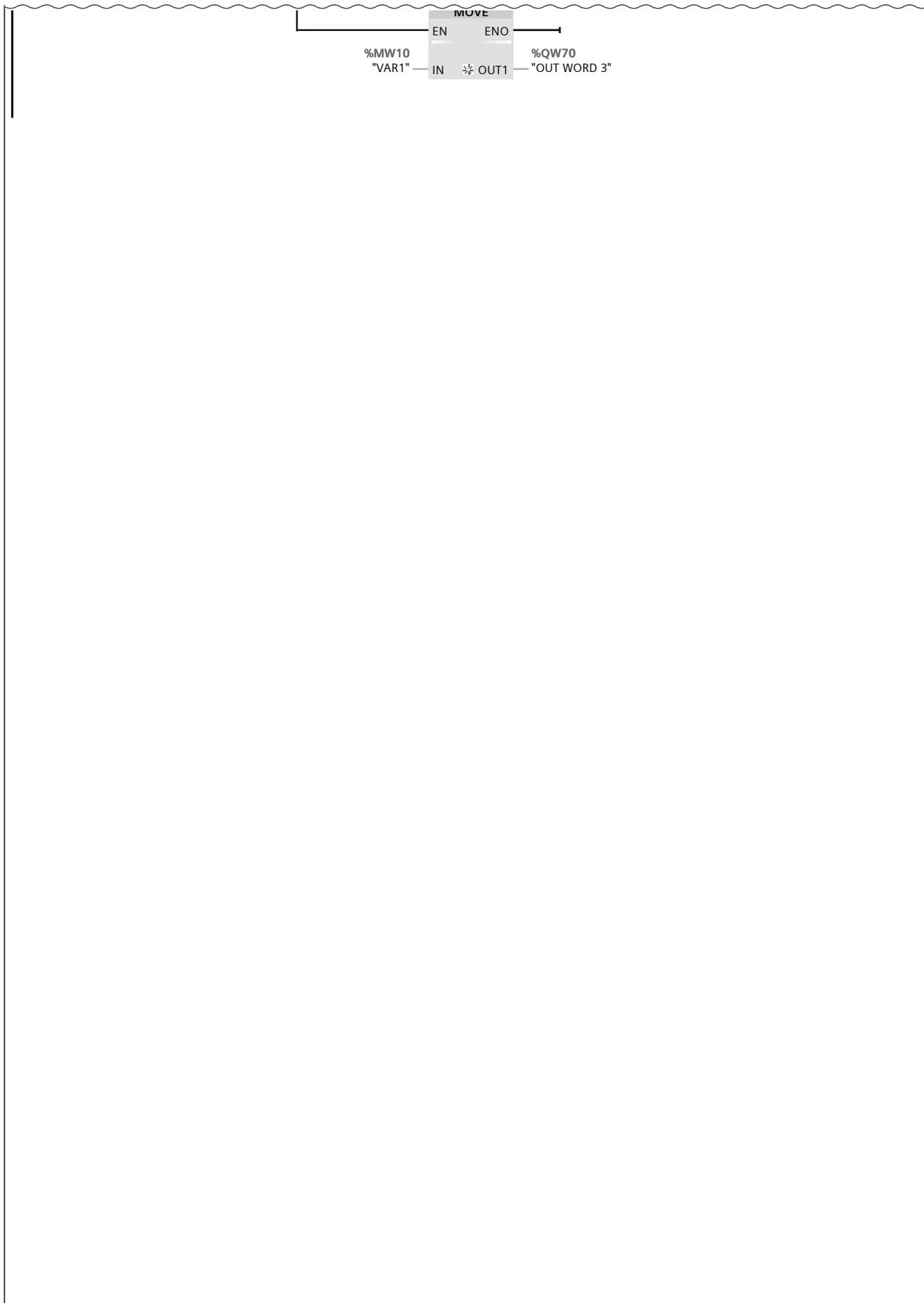


Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"SENSOR"	%I0.0	Bool	
"FIN VUELTAS"	%M0.6	Bool	
"VELOCIDAD BANDA"	%QW118	Word	
"CONTROL WORD BANDA"	%QW114	Word	
"MANUAL"	%M4.2	Bool	
"MANUAL_AVANZAR"	%M2.5	Bool	
"Tag_20"	%M1.2	Bool	
"MANUAL_VELOCIDAD_BANDA"	%MW20	Int	
"Tag_21"	%M5.1	Bool	
"MANUAL_PARAR"	%M6.2	Bool	
"PARO EMERGENCIA"	%M100.0	Bool	

Segmento 10: DOSIFICADORA

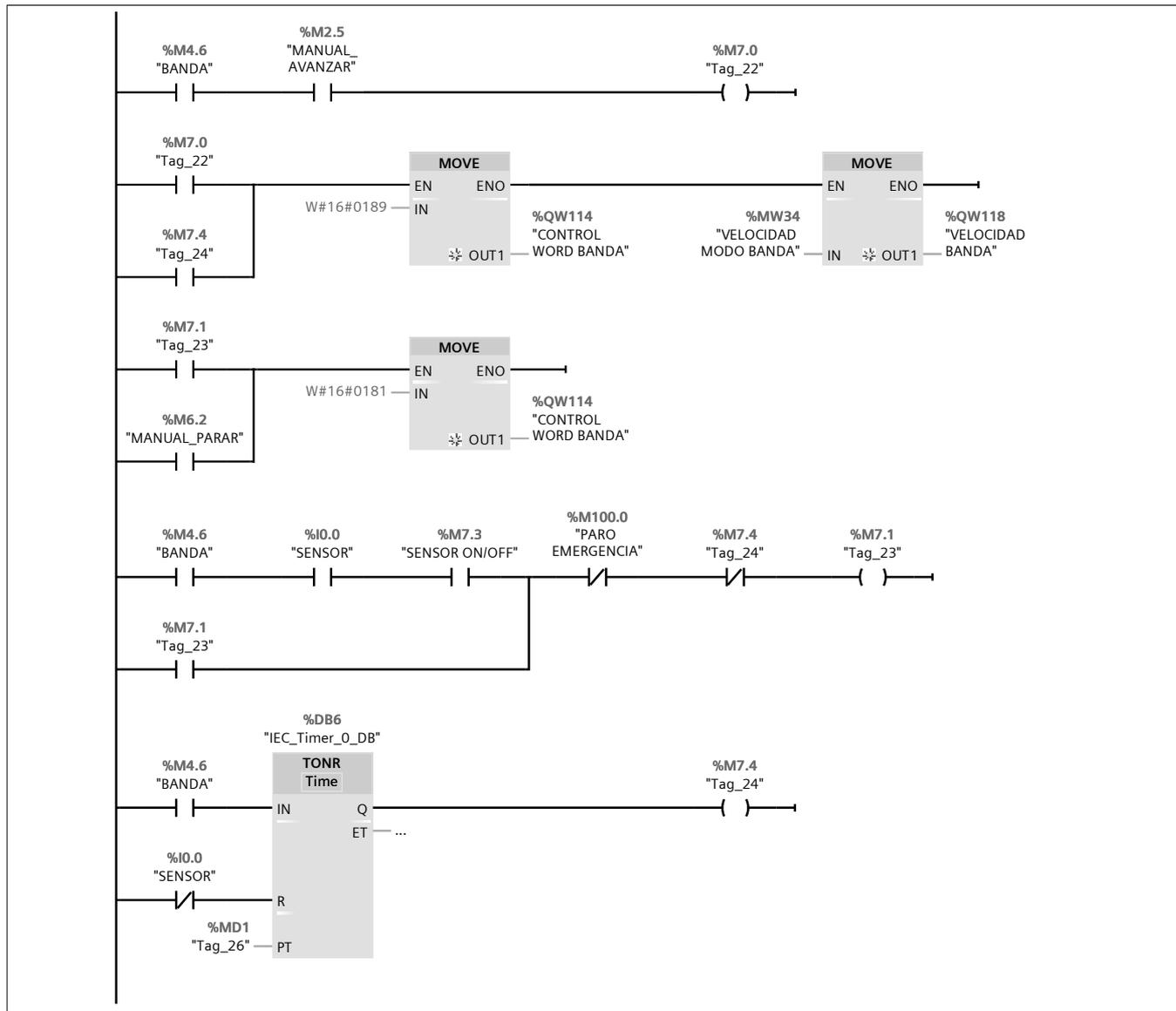
Segmento 10: DOSIFICADORA (2.1 / 2.1)

1.1 (Página9 - 12)



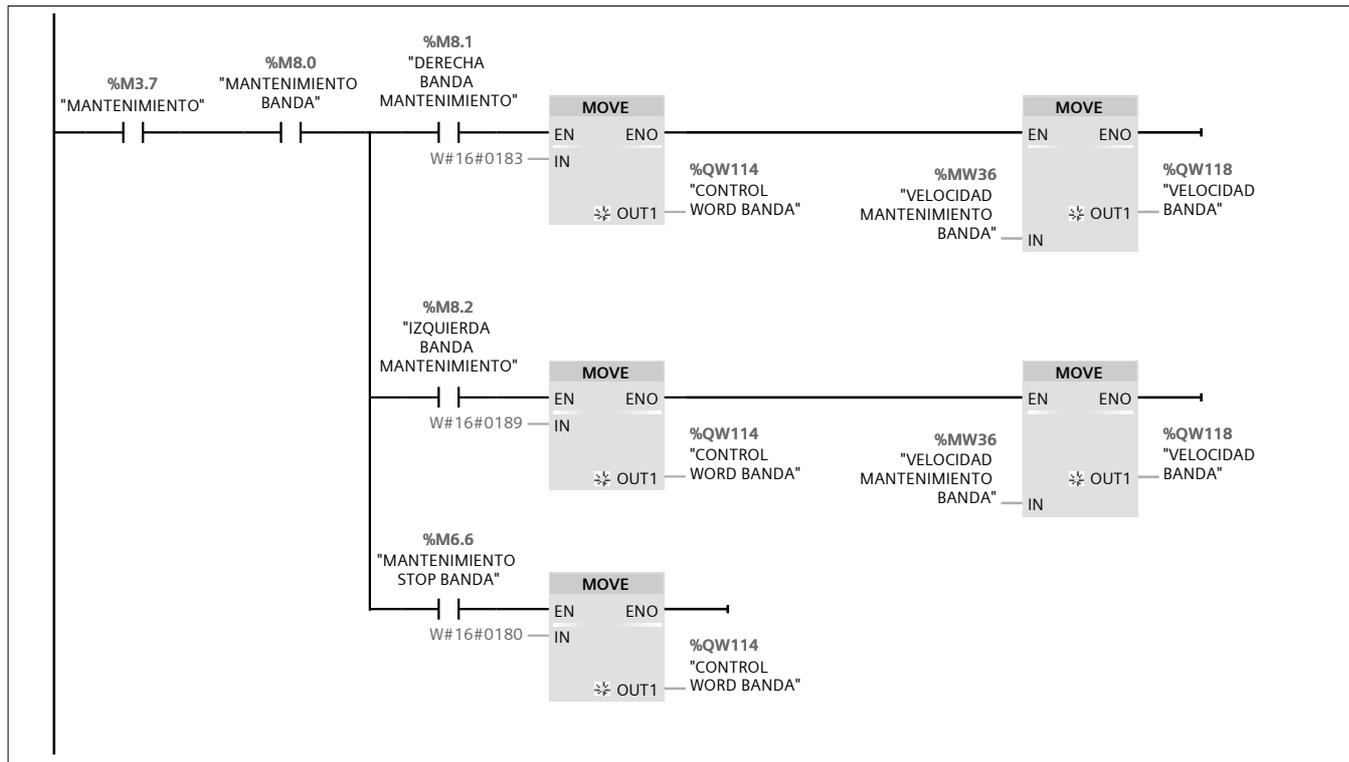
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"OUT WORD 0"	%QW64	Word	
"OUT WORD 1"	%QW66	Word	
"OUT WORD 2"	%QW68	Word	
"VAR1"	%MW10	Int	
"OUT WORD 3"	%QW70	Word	
"FIN VUELTAS"	%M0.6	Bool	
"CONTROL WORD BAN- DA"	%QW114	Word	
"CONTROL WORD TOR- NILLO"	%QW74	Word	
"SPEED CLAMP TORNIL- LO"	%QW78	Word	
"NUM GIROS"	%MW24	Int	
"PARO EMERGENCIA"	%M100.0	Bool	
"EVASADO"	%FB3	Block_FB	
"EVASADO_DB"	%DB5	Block_FB	
"GRAMOS"	%MW30	Int	
"VUELTAS_GRAMOS"	%MW32	Int	
"DOSIFICADORA"	%M4.4	Bool	
"INICIAR DOSIF"	%M6.3	Bool	
"Tag_11"	%M6.5	Bool	

Segmento 11: BANDA TRANSPORTADORA



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"SENSOR"	%I0.0	Bool	
"VELOCIDAD BANDA"	%QW118	Word	
"CONTROL WORD BANDA"	%QW114	Word	
"MANUAL_AVANZAR"	%M2.5	Bool	
"MANUAL_PARAR"	%M6.2	Bool	
"PARO EMERGENCIA"	%M100.0	Bool	
"BANDA"	%M4.6	Bool	
"Tag_22"	%M7.0	Bool	
"VELOCIDAD MODO BANDA"	%MW34	Word	
"Tag_23"	%M7.1	Bool	
"SENSOR ON/OFF"	%M7.3	Bool	
"Tag_24"	%M7.4	Bool	
"IEC_Timer_0_DB"	%DB6	IEC_Timer	
"Tag_26"	%MD1	Time	

Segmento 12: MANTENIMIENTO



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"VELOCIDAD BANDA"	%QW118	Word	
"CONTROL WORD BANDA"	%QW114	Word	
"MANTENIMIENTO"	%M3.7	Bool	
"MANTENIMIENTO BANDA"	%M8.0	Bool	
"DERECHA BANDA MANTENIMIENTO"	%M8.1	Bool	
"IZQUIERDA BANDA MANTENIMIENTO"	%M8.2	Bool	
"VELOCIDAD MANTENIMIENTO BANDA"	%MW36	Word	
"MANTENIMIENTO STOP BANDA"	%M6.6	Bool	

Bloques de programa / Bloques de sistema / Recursos de programa

IEC_Timer_0_DB [DB6]

IEC_Timer_0_DB Propiedades

General

Nombre	IEC_Timer_0_DB	Número	6	Tipo	DB
Idioma	DB				

Información

Título		Autor	Simatic	Comentario	
Familia	IEC	Versión	1.0	ID personalizada	IEC_TMR

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
▼ Static								
ST	Time		T#0ms	False	True	True	False	
PT	Time		T#0ms	False	True	True	False	
ET	Time		T#0ms	False	True	True	False	
RU	Bool		false	False	False	False	False	
IN	Bool		false	False	True	True	False	
Q	Bool		false	False	True	True	False	

Bloques de programa / Bloques de sistema / Recursos de programa

IEC_Timer_0_DB_1 [DB7]

IEC_Timer_0_DB_1 Propiedades

General

Nombre	IEC_Timer_0_DB_1	Número	7	Tipo	DB
Idioma	DB				

Información

Título		Autor	Simatic	Comentario	
Familia	IEC	Versión	1.0	ID personalizada	IEC_TMR

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Valor de ajuste	Comentario
▼ Static								
ST	Time		T#0ms	False	True	True	False	
PT	Time		T#0ms	False	True	True	False	
ET	Time		T#0ms	False	True	True	False	
RU	Bool		false	False	False	False	False	
IN	Bool		false	False	True	True	False	
Q	Bool		false	False	True	True	False	

ANEXO 5. DETALLE DEL GASTO EN TODO EL PROYECTO DE GRADUACION

COSTOS DEL PANEL DE ENTRENAMIENTO

I	UNI	DESCRIPCION	SIN IVA	costo
1	1	CPU 1214C AC/DC RELY SIEMENS	\$ 475,20	\$ 532,22
2	1	software TIA PORTAL SIEMENS	\$ 300,00	\$ 336,00
3	1	SALIDA ANALO SM1232 SIEMENS	\$ 284,40	\$ 318,53
4	1	HMI KTP600 PN SIEMENS	\$ 894,24	\$ 1.001,55
5	1	MODULO PROFIBUS SIEMENS	\$ 500,00	\$ 560,00
6	2	PUERTAS PARA PANEL DE ENTREMAMIENTO	\$ 125,00	\$ 140,00
7	1	FUENTE DE VOLTAJE SIEMENS	\$ 50,00	\$ 56,00
8	1	ROUTER TP-LINK	\$ 68,00	\$ 76,16
9	1	SENSOR FOTOSENSIBLE 5M REFLECT	\$ 48,00	\$ 53,76
10	4	MEDIDORES DIGITALES	\$ 32,00	\$ 35,84
11	60	BORNERAS DE MEDICION	\$ 18,00	\$ 20,16
12	36	PRENSA STOPE PG16	\$ 21,00	\$ 23,52
13	34	SELECTOR O-I 22MM - EBC	\$ 68,00	\$ 76,16
14	20	AUXILIARES PARA SELECTORES NC	\$ 28,80	\$ 32,26
15	4	PULSADORES	\$ 7,36	\$ 8,24
16	16	FOCOS LED VERDE	\$ 26,64	\$ 29,84
17	3	SIEMENS CONTACTORES 9AMP	\$ 57,07	\$ 63,92
18	1	CONTACTOR DE 25 AMP	\$ 10,24	\$ 11,47
19	2	GUARAMOTORES 7 AMP	\$ 54,64	\$ 61,20
20	2	BAQUELITA	\$ 9,00	\$ 10,08
21	9	CABLES Y CONECTORES DB9	\$ 7,00	\$ 7,84
22	100	BORNERAS	\$ 91,20	\$ 102,14
23	300	CABLE DE CONTROL 16 AWG	\$ 64,40	\$ 72,13
24	14	4X10AWG	\$ 44,35	\$ 49,67
25	3	POTENCIOMETROS	\$ 87,26	\$ 97,73
26	2	RIEL DIN	\$ 4,96	\$ 5,56
27	10	RELES DE 3 PUNTOS	\$ 43,00	\$ 48,16
28	10	BASES PARA RELE	\$ 12,80	\$ 14,34
29	10	LUZ PILOTO AMARILLA	\$ 16,60	\$ 18,59
30	2	TOMA DE 120	\$ 7,65	\$ 8,57
31	12	PERNOS BROCAS	\$ 48,83	\$ 54,69
32	3	BORNERA CUBIERTA	\$ 4,16	\$ 4,66

33	8	CANAETA PEQUEÑA	\$ 10,69	\$ 11,97
34	4	CANAETA GRANDE	\$ 18,63	\$ 20,87
35	100	TERMINAL OJO PARA CABLE 16 AWG	\$ 19,97	\$ 22,37
36	100	TERMINAL TIPO U PARA CABLE 16 AWG	\$ 14,65	\$ 16,41
37	200	TERMINAL TUBULAR PARA CABLE 16 AWG	\$ 6,00	\$ 6,72
38	6	ANILLO MARCADOR	\$ 12,74	\$ 14,27
39	1	IMPRESIONES	\$ 20,00	\$ 22,40
40	3	BREAKER 1 POLO 5AMP	\$ 11,80	\$ 13,22
41	1	BISAGRA	\$ 20,00	\$ 22,40
42	180	STICKERS	\$ 143,00	\$ 160,16
43	2	MACHINADORA	\$ 21,09	\$ 23,62
			TOTAL	\$ 4.265,37

COSTOS DEL SISTEMA DE DOSIFICACION

I	UNI	DESCRIPCION	SIN IVA	costo
1	1	BANDA TRANSPORTADORA	\$ 357,14	\$ 400,00
2	1	LAMINAS Y TUBOS	\$ 40,00	\$ 44,80
3	1	TOLVA DE DOSIFICACION	268	\$ 300,16
			TOTAL	\$ 744,96

COSTOS TOTALES

I	UNI	DESCRIPCION	costo
1	1	COSTO TOTAL PANELES	\$ 4.265,37
2	1	COSTO TOTAL SISTEMA DE DOSIFICACION	\$ 744,96
			TOTAL
			\$ 5.010,33

INVERSION

I	CANTIDAD	DESCRIPCION	costo
1	1	ESPOL	\$ 2.481,16
2	2	INVERSION DE ESTUDIANTES DEL PROYECTO	\$ 2.529,17
			TOTAL
			\$ 5.010,33