

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO
PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE UN SISTEMA DE
FLUJO DE AGUA, PARA EL LABORATORIO DE REDES
INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO EXTENSIÓN
LATACUNGA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**EDUARDO JAVIER AMAYA OÑATE
WILSON PATRICIO CHICAIZA LAICA**

Latacunga, Abril del 2011

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por los señores EDUARDO JAVIER AMAYA OÑATE y WILSON PATRICIO CHICAIZA LAICA, bajo nuestra supervisión.

Latacunga, abril del 2011

Ing. Julio Acosta
DIRECTOR

Ing. Galo Ávila
CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Eduardo Javier Amaya O. y Wilson Patricio Chicaiza L.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE UN SISTEMA DE FLUJO DE AGUA, PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO SEDE LATACUNGA” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Abril 2011

EDUARDO AMAYA O.
CI: No.- 0502429764

WILSON CHICAIZA L.
CI: No.- 0502869654

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Eduardo Javier Amaya O. y Wilson Patricio Chicaiza L.

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la Biblioteca virtual de la institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE UN SISTEMA DE FLUJO DE AGUA, PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO SEDE LATACUNGA” cuyo contenido, ideas y criterios es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Abril 2011

EDUARDO AMAYA O.
CI: No.- 0502429764

WILSON CHICAIZA L.
CI: No.- 0502869654

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las personas que siempre estuvieron a mi lado, en especial a mis padres y hermano quienes han sido pilar fundamental en el desarrollo de mi vida, ya que con su guía y consejos he podido ser mejor persona y surgir para alcanzar una meta más en la vida.

También me es grato dar gracias a mis guías durante el transcurso de este proyecto ya que gracias a ese apoyo he podido enriquecer los conocimientos adquiridos durante mi formación profesional.

Eduardo

DEDICATORIA

A mis padres, hermano y esposa, principalmente quiero dedicar este logro a mi hijo y sobrinos quienes son las personas que han sido la motivación para poder lograr mi objetivo y ser ejemplo de superación.

Eduardo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la ilustre institución Escuela Politécnica del Ejército y a todos los docentes que supieron impartirme cada una de las materias y por medio de sus conocimientos que me inculcaron pude desenvolverme y desarrollar mi proyecto de tesis.

También agradezco a los ingenieros guías de nuestro proyecto Ing. Julio Acosta y Ing. Galo Ávila que por medio de sus conocimientos nos guiaron en el desarrollo de nuestra tesis y a mis padres hermanos y hermanas que me supieron darme aliento en el transcurso desde que di los primeros pasos en mi periodo estudiantil.

Wilson

DEDICATORIA

A mis padres, hermanas y hermanos que siempre estuvieron ahí cuando los necesite y me inculcaron cada uno de los valores para siempre salir adelante y sobreponerme a cada caída en mi andar de estudiante, sobre todo a Dios que me dio salud y vida para poder logra mis metas.

Wilson

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia la industria se ha ido tecnificando y evolucionando en su afán de conseguir mayor productividad y réditos económicos.

El presente proyecto desarrollado e implementado en el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos brinda a los estudiantes la posibilidad de estar en contacto con la tecnología existente en la industria ecuatoriana, para ello el proyecto presenta la posibilidad de manejar un sistema de control de flujo de agua, el cual es controlado por un PLC y configurado por medio de una TOUCH SCREEN, el control de flujo se lo realiza a través de una bomba de agua que es comandada por un variador de frecuencia que hace variar la velocidad de la bomba a fin de conseguir el flujo de agua deseado.

Tomando en cuenta lo descrito anteriormente el proyecto se lo ha dividido en cuatro capítulos:

En el capítulo I, Fundamentos, se presenta el marco teórico referente al proyecto, conceptos básicos acerca de sistemas de control de flujo, modos de control de procesos, variador de velocidad de motores, transmisores inteligentes, controladores lógicos programables y HMI.

En el Capítulo II, Diseño Del Control Automático Para El Modulo Didáctico De Flujo, se presenta detalladamente las especificaciones del sistema y el diseño de los programas tanto del PLC como de la TOUCH SCREEN.

En el capítulo III, Se muestra los resultados obtenidos, las pruebas experimentales de cada uno de los modos de control expuestos en este proyecto a fin de comprobar el funcionamiento adecuado del sistema.

Finalmente en el capítulo IV, se exponen las conclusiones y recomendaciones recopiladas a lo largo de la ejecución del proyecto, las mismas que podrán aportar al desarrollo de trabajos similares.

CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
FUNDAMENTOS	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Sistema de control de flujo	3
1.2.1 Definiciones básicas	3
1.2.1.1 Sistema	3
1.2.1.2 Variable de entrada	3
1.2.1.3 Variable de salida	3
1.2.1.4 Perturbación	4
1.2.1.5 Sistemas de control	4
1.2.2 Tipos de sistemas de control	4
1.2.2.1 Sistemas de control en lazo abierto	4
1.2.2.2 Sistemas de control en lazo cerrado	5
1.2.2.3 Sistemas de control en lazo cerrado retroalimentado	5
1.2.3 Elementos de un lazo de control	6
1.2.4 Funciones de un lazo de control	6
1.2.5 Sistemas básicos para control de flujo	7
1.3 Modos de control de procesos	8
1.3.1 Control ON/Off	8
1.3.2 Control Proporcional	9
1.3.3 Control Integral	11
1.3.4 Control Derivativo	12
1.3.5 Proporcional integral derivativo	14
1.3.5.1 Funcionamiento	15
1.3.5.2 Significado de las constantes	17
1.3.5.3 Aplicaciones	18
1.3.5.4 Limitaciones de un control PID	18
1.4 Variador de velocidad de motores	19

1.4.1	Variador de velocidad-----	19
1.4.2	Motivos para emplear variadores de velocidad-----	19
1.4.2.1	Velocidad como una forma de controlar un proceso -----	20
1.4.2.2	Fomentar el ahorro de energía mediante el uso de variadores de velocidad-----	21
1.4.3	Tipos de variadores de velocidad-----	21
1.4.3.1	Variadores mecánicos-----	21
1.4.3.2	Variadores hidráulicos-----	21
1.4.3.3	Variadores eléctrico-electrónicos -----	22
1.4.3.3.1	Variadores para motores de CC -----	23
1.4.3.3.2	Variadores por corrientes de Eddy -----	24
1.4.3.3.3	Variadores de deslizamiento-----	24
1.4.3.3.4	Variadores para motores de CA -----	25
1.5	Transmisores inteligentes	26
1.5.1	Como calibrar un transmisor -----	27
1.5.1.1	Chequeo y Ajustes Preliminares -----	27
1.5.1.2	Ajuste de cero -----	27
1.5.1.3	Ajuste de multiplicación -----	28
1.5.1.4	Repetir los dos últimos pasos hasta obtener la calibración correcta para los valores alto y bajo.-----	28
1.5.1.5	Ajuste de angularidad -----	28
1.5.1.6	Repetir los dos últimos pasos 4 y 5 hasta obtener la calibración correcta, en los tres puntos. -----	28
1.5.2	Tipos de transmisores -----	28
1.5.2.1	Transmisores de presión y temperatura para: -----	28
1.5.2.2	Transmisores de flujo másico para gases, interruptores de nivel y flujo bajo el principio de dispersión térmica, la figura 1.16 muestra un transmisor de este tipo.-----	29
1.5.2.3	Transmisores de presión y nivel neumáticos y electrónicos. -----	29
1.5.2.4	Transmisores e interruptores de nivel por el principio de radio frecuencia.-----	30

1.5.2.5	Transmisores de señal	30
1.6	Controladores lógicos programables (PLC) Características y arquitectura	31
1.6.1	Arquitectura	31
1.6.2	Estructura de un Controlador Lógico Programable	32
1.6.3	Campos de aplicación	34
1.6.4	Aplicaciones generales:	35
1.6.5	Ventajas e inconvenientes	35
1.6.5.1	Ventajas	35
1.6.5.2	Inconvenientes	36
1.6.5.3	Funciones básicas de un PLC	36
1.6.5.3.1	Detección:	36
1.6.5.3.2	Mando:	36
1.6.5.3.3	Dialogo hombre maquina:	36
1.6.5.3.4	Programación:	36
1.6.5.3.5	Nuevas Funciones	37
1.7	Módulos de expansión	38
1.7.1	Módulos o interfaces de entrada y salida (e/s)	38
1.7.2	Tipos de módulos de entrada y salida	38
1.7.3	Unidad de programación	39
1.8	Pantallas Touch screen HMI	39
1.8.1	Touch screen	39
1.8.2	Tecnologías	40
1.8.2.1	Resistiva	40
1.8.2.2	De onda acústica superficial	41
1.8.2.3	Capacitivas	41
1.8.2.4	Infrarrojos	42
1.8.2.5	Galga extensiométrica	42
1.8.2.6	Imagen óptica	42
1.8.2.7	Tecnología de señal dispersiva	43
1.8.3	HMI (Human Machine Interface)	43

CAPITULO II ----- 45

DISEÑO DEL CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL MÓDULO

DIDÁCTICO DE FLUJO ----- 45

2.1	Especificación de requisitos del sistema	46
2.2	Diagrama de bloques y P&ID del sistema	46
2.2.1	Diagrama de bloques -----	46
2.2.2	Diagrama P&ID-----	48
2.3	Diagrama de flujo.	50
2.4	Programación del PLC	51
2.4.1	Requisitos del sistema-----	52
2.4.2	Opciones de comunicación-----	52
2.4.3	Programación-----	53
2.5	Desarrollo de HMI para sintonización y registro del sistema.	61
2.5.1	Funciones de Software HMI-----	62
2.5.2	Tareas de un Software HMI -----	63
2.5.3	Descripción del Software WinCC Flexible Advanced. -----	64
2.5.3.1	Software de desarrollo del Proyecto WinCC -----	64
2.5.3.2	Inicio del WinCC Flexible -----	64
2.5.3.3	Interfaz de usuario de WinCC flexible -----	65
2.5.3.4	Elementos y entorno principal de la interfaz en WinCC. --	66
2.6	Desarrollo del HMI.....	71
2.6.1	Pantalla principal.-----	71
2.6.2	Ventana de inicio de sesión. -----	72
2.6.3	Pantalla de principal (Administrador/Operador).-----	73
2.6.4	Pantalla de menú. -----	74
2.6.5	Pantalla para configurar modos de control-----	75
2.6.6	Pantalla de configuración de alarmas. -----	75
2.6.7	Pantalla de administración de usuarios.-----	76
2.6.8	Pantalla de configuración del panel.-----	76
2.6.9	Pantalla de sintonización y monitoreo.-----	77

2.7	Programación de la Touch Screen.....	78
2.8	Comunicación entre Touch Screen y PLC.	98
2.9	Diagramas de los circuitos de potencia y control.	105
2.10	Panel de control.	108
2.11	Ajuste del transmisor de flujo de paletas.....	109
CAPÍTULO III -----		112
RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES-----		112
3.1	Descripción física del sistema.	113
3.2	Pruebas experimentales al sistema.....	119
3.3	Funcionamiento en los distintos modos de control.....	120
3.4	Análisis de las curvas de proceso.	122
3.4.1	Control Proporcional (P)-----	123
3.4.2	Control Proporcional Integral (PI) -----	124
3.4.3	Control Proporcional Derivativo (PD)-----	126
3.4.4	Control Proporcional Integral Derivativo (PID) -----	127
3.4.5	Control Proporcional Integral Derivativo (PID) + Alarmas ---	130
3.5	Alcances y limitaciones.	132
CAPITULO IV -----		134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----		134
4.1	Conclusiones.....	135
4.2	Recomendaciones.....	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ENLACES-----		138

LISTA DE TABLAS

CAPITULO II

<i>Tabla 2. 1 Tabla de símbolos de usuario</i>	60
<i>Tabla 2. 2 Tabla de símbolos UOP</i>	61
<i>Tabla 2. 3 Tabla de símbolos PID0</i>	61
<i>Tabla 2. 4 Cuadro de funciones del menú</i>	67
<i>Tabla 2. 5 Variables internas y externas en WinCC Flexible</i>	99
<i>Tabla 2. 6 Configuración de velocidad de transferencia</i>	101

CAPITULO III

<i>Tabla 3. 1 Sintonización de control P</i>	123
<i>Tabla 3. 2 Sintonización de control PI</i>	124
<i>Tabla 3. 3 Sintonización de control PD</i>	126
<i>Tabla 3. 4 Sintonización de control PID</i>	127

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

<i>Figura 1. 1 Diagrama de bloques del sistema</i>	3
<i>Figura 1. 2 Diagrama de bloques de un sistema de control</i>	4
<i>Figura 1. 3 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto</i>	4
<i>Figura 1. 4 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado</i>	5
<i>Figura 1. 5 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado retroalimentado</i>	6
<i>Figura 1. 6 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado retroalimentado a través de un medidor</i>	6
<i>Figura 1. 7 Tornillo de Arquímedes</i>	8
<i>Figura 1. 8 Formas de onda del control ON/Off</i>	8
<i>Figura 1. 9 Formas de onda del control proporcional con distinta ganancia (K_p)</i>	10
<i>Figura 1. 10 Formas de onda del control integral con distinta ganancia (K_i)</i>	12
<i>Figura 1. 11 Formas de onda del control derivativo con distinta ganancia (K_d)</i>	13
<i>Figura 1. 12 Formas de onda del control PID con ganancias (K_p, K_d, K_i)</i>	15
<i>Figura 1. 13 Diagrama de bloques del sistema de control PID</i>	15
<i>Figura 1. 14 Variador de velocidad</i>	20
<i>Figura 1. 15 Transmisores de presión y temperatura</i>	29
<i>Figura 1. 16 Transmisores de flujo másico para gases</i>	29
<i>Figura 1. 17 Transmisores de presión y nivel neumáticos y electrónicos</i>	29
<i>Figura 1. 18 Transmisores e interruptores de nivel</i>	30
<i>Figura 1. 19 Transmisor de temperatura</i>	30
<i>Figura 1. 20 Diagrama de bloques de la estructura de un PLC</i>	32
<i>Figura 1. 21 Ciclo de un PLC</i>	33

<i>Figura 1. 22 Forma física de un PLC marca SIEMENS</i> -----	34
<i>Figura 1. 23 PLC conectado a dos módulos de expansión</i> -----	38
<i>Figura 1. 24 PLC con unidad de programación de mano (Handheld)</i> -----	39
<i>Figura 1. 25 Pantalla Touch screen HMI con lápiz óptico</i> -----	40
<i>Figura 1. 26 HMI para monitoreo de proceso industrial</i> -----	44

CAPITULO II

<i>Figura 2. 1 Diagrama de bloques del sistema</i> -----	47
<i>Figura 2. 2 Diagrama P&ID del sistema</i> -----	48
<i>Figura 2. 3 Diagrama de flujo del sistema</i> -----	50
<i>Figura 2. 4 Diagrama de flujo de HMI</i> -----	51
<i>Figura 2. 5 Identificación de los tres editores de programación</i> -----	52
<i>Figura 2. 6 Pantalla principal del entorno de STEP 7-Micro/WIN</i> -----	53
<i>Figura 2. 7 Barra de opciones para crear asistente de operaciones</i> -----	54
<i>Figura 2. 8 Pantalla para configuraciones de operaciones de un control PID</i> -----	54
<i>Figura 2. 9 Pantalla para elegir que lazo PID desea configurar 0,1</i> -----	55
<i>Figura 2. 10 En esta pantalla nos permite ingresar valores inferior, superior y tiempo de muestreo y escalar la consigna del lazo de control PID</i> -----	55
<i>Figura 2. 11 Pantalla para escalar la variable del proceso</i> -----	56
<i>Figura 2. 12 Pantalla para activar la alarmas</i> -----	56
<i>Figura 2. 13 Pantalla para asignar una dirección de memoria en el lazo PID</i> -----	57
<i>Figura 2. 14 Pantalla para crear la subrutina del PID</i> -----	57
<i>Figura 2. 15 Pantalla final donde queda completamente configurado el PID</i> -----	58
<i>Figura 2. 16 PID configurado y listo para la programación en bloques</i> ---	58
<i>Figura 2. 17 Dispositivos que conforman un HMI</i> -----	62
<i>Figura 2. 18 Icono de WinCC flexible 2008</i> -----	64
<i>Figura 2. 19 Pagina inicial de WinCC Flexible</i> -----	65

<i>Figura 2. 20 Selección del panel del operador</i>	66
<i>Figura 2. 21 Entorno WinCC con sus elementos</i>	66
<i>Figura 2. 22 Barra de herramientas y menús</i>	67
<i>Figura 2. 23 Área de trabajo</i>	68
<i>Figura 2. 24 Ventana de proyecto</i>	69
<i>Figura 2. 25 Ventana de propiedades</i>	69
<i>Figura 2. 26 Ventana de herramientas</i>	70
<i>Figura 2. 27 Ventana de resultados</i>	70
<i>Figura 2. 28 Pantalla Inicial</i>	72
<i>Figura 2. 29 Ventana de inicio de sesión</i>	73
<i>Figura 2. 30 Pantalla Principal de Administrador</i>	73
<i>Figura 2. 31 Pantalla Principal de Operador</i>	74
<i>Figura 2. 32 Pantalla de menú principal para configurar distintos parámetros del sistema</i>	74
<i>Figura 2. 33 Pantalla para acceder a los modos de control</i>	75
<i>Figura 2. 34 Pantalla de configuración de alarmas</i>	75
<i>Figura 2. 35 Pantalla de administración de usuarios</i>	76
<i>Figura 2. 36 Pantalla de configuración del panel</i>	76
<i>Figura 2. 37 Pantalla de monitoreo y sintonización (Administrador)</i>	77
<i>Figura 2. 38 Pantalla de monitoreo (Operador)</i>	78
<i>Figura 2. 39 Pagina principal del entorno de WinCC</i>	79
<i>Figura 2. 40 Selección del tipo de máquina para el proyecto</i>	79
<i>Figura 2. 41 Selección del panel del operador</i>	80
<i>Figura 2. 42 Seleccionamos el panel de operador</i>	80
<i>Figura 2. 43 Selección del tipo de controlador y conexión</i>	81
<i>Figura 2. 44 Personalizar plantilla de imagen</i>	81
<i>Figura 2. 45 Árbol de organización de imágenes del sistema</i>	82
<i>Figura 2. 46 Selección de librerías</i>	82
<i>Figura 2. 47 Pantalla final de configuración del panel del operador</i>	83
<i>Figura 2. 48 Ventana de proyecto</i>	84
<i>Figura 2. 49 Pantalla principal</i>	85

<i>Figura 2. 50 Pantalla de selección de usuario y contraseña</i>	85
<i>Figura 2. 51 Nombre del botón</i>	86
<i>Figura 2. 52 Visibilidad y acción del botón</i>	86
<i>Figura 2. 53 Nombre del botón</i>	87
<i>Figura 2. 54 Visibilidad y acción del botón</i>	87
<i>Figura 2. 55 Pantalla de menú</i>	88
<i>Figura 2. 56 Pantalla de los Modos de control</i>	89
<i>Figura 2. 57 Nombre y acción del botón</i>	89
<i>Figura 2. 58 Pantalla del control proporcional</i>	90
<i>Figura 2. 59 Ventana de propiedades para programar el setpoint y ganancia</i>	90
<i>Figura 2. 60 Pantalla del control PI</i>	91
<i>Figura 2. 61 Ventana para programar el tiempo integral</i>	91
<i>Figura 2. 62 Pantalla del control PD</i>	92
<i>Figura 2. 63 Ventana para programar el setpoint, ganancia y tiempo derivativo</i>	92
<i>Figura 2. 64 Pantalla del control PID</i>	93
<i>Figura 2. 65 Pantalla de alarmas</i>	94
<i>Figura 2. 66 Ventana de propiedades para asignar nombre y acción del botón configuración de alarmas</i>	94
<i>Figura 2. 67 Ventana de propiedades para asignar nombre y acción del botón configuración de alarmas</i>	95
<i>Figura 2. 68 Pantalla de administración de usuarios</i>	95
<i>Figura 2. 69 Ventana de propiedades para asignar nombre y acción del botón administración de usuarios</i>	96
<i>Figura 2. 70 Configuración del panel</i>	96
<i>Figura 2. 71 Ventana de propiedades para asignar nombre y acción del botón configuración de panel</i>	97
<i>Figura 2. 72 Pantalla de monitoreo</i>	98
<i>Figura 2. 73 Conexión física a través de cable PPI</i>	100
<i>Figura 2. 74 Configuración de los interruptores DIL</i>	100

<i>Figura 2. 75 Pantalla de comunicaciones</i> -----	101
<i>Figura 2. 76 Pantalla de configuración de la dirección del autómat</i> -----	102
<i>Figura 2. 77 Opción de transferencia del programa hacia la pantalla</i> <i>TP177A</i> -----	103
<i>Figura 2. 78 Ventana de configurar transferencia</i> -----	103
<i>Figura 2. 79 Ventana de transferencia cargando la programación</i> -----	104
<i>Figura 2. 80 Cable RS-485 para la comunicación entre la TP177A y el</i> <i>PLC</i> -----	104
<i>Figura 2. 81 Diagrama de potencia del sistema</i> -----	105
<i>Figura 2. 82 Diagrama de conexión del PLC</i> -----	106
<i>Figura 2. 83 Diagrama de lazo de instrumentos 100</i> -----	107
<i>Figura 2. 84 Diagrama de lazo de instrumentos 101</i> -----	107
<i>Figura 2. 85 Panel de control</i> -----	108
<i>Figura 2. 86 Entrar al menú CALIBRACIÓN</i> -----	109
<i>Figura 2. 87 Ingreso de clave</i> -----	109
<i>Figura 2. 88 Entrar al menú OPCIONES</i> -----	110
<i>Figura 2. 89 Ingreso de clave</i> -----	110

CAPITULO III

<i>Figura 3. 1 Tanque de almacenamiento de agua</i>	113
<i>Figura 3. 2 Bomba centrífuga</i>	113
<i>Figura 3. 3 Variador de frecuencia</i>	114
<i>Figura 3. 4 BOP (Basic Operator Panel)</i>	114
<i>Figura 3. 5 Válvula tipo bola</i>	115
<i>Figura 3. 6 Transmisor de flujo de paletas</i>	115
<i>Figura 3. 7 Transmisor de presión diferencial IDP50</i>	116
<i>Figura 3. 8 Esquema del efecto Venturi</i>	116
<i>Figura 3. 9 Tubo Venturi</i>	117
<i>Figura 3. 10 Rotámetro</i>	117
<i>Figura 3. 11 Autómata CPU 224</i>	118
<i>Figura 3. 12 Módulo de expansión</i>	118

<i>Figura 3. 13 Pantalla táctil TP177A.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 3. 14 Identificación de colores para curvas de proceso.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 3. 15 Curva de respuesta para un control proporcional.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 3. 16 Curva de respuesta a una perturbación.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 3. 17 Curva de respuesta para un control PI.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 3. 18 Curva de respuesta PI a una perturbación.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 3. 19 Curva de respuesta para un control PD.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 3. 20 Curva de respuesta a una perturbación.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 3. 21 Curva de respuesta para un control PID.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 3. 22 Curva de respuesta a una perturbación.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 3. 23 Curva de respuesta para un control PID.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 3. 24 Curva de respuesta a una perturbación.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 3. 25 Curva de respuesta a tres perturbaciones seguidas.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 3. 26 Curva de respuesta en prueba con alarmas.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 3. 27 Luces piloto y pantalla de registro de alarmas.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 3. 28 Pantalla de alarmas y ventana de avisos.....</i>	<i>132</i>

CAPÍTULO I
FUNDAMENTOS

1.1 Descripción del problema

El trabajo de tesis presentado a continuación será desarrollado e implementado en el laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga, el cual es de principal importancia para los estudiantes de la carrera de Electrónica e Instrumentación de la Institución.

Uno de los problemas más notables y a nuestro juicio el más importante, se presenta a la hora de realizar prácticas en dicho laboratorio ya que el número de estudiantes para este, no permite, que estas sean realizadas en un número adecuado de personas por módulo existente, causando así malestar en los estudiantes que deben realizar sus trabajos en grupos de mayor número y a su vez que las prácticas se lleven a cabo en horas extracurriculares y no en las asignadas para el caso.

Otro problema adicional al anteriormente mencionado y por lo cual también se fundamenta este trabajo es que la tecnología de los módulos actualmente instalados si bien es cierto es muy útil, pero al ritmo de los avances tecnológicos va quedando obsoleta para la industria actual, existiendo controladores como los PLC's, los cuales son muy utilizados en la industria y a la vez flexibles en cuanto al tipo de aplicación y modificaciones que se quiera hacer a este, en el proceso que vaya a controlar.

Actualmente en el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos se tiene algunos problemas el momento de realizar prácticas que son:

- No se puede obtener un registro adecuado de la variable de proceso por el deterioro de los graficadores.
- No hay disponibilidad de visualización continua del proceso en tiempo real.
- Equipos que están descontinuados o deteriorados.

Por los motivos antes mencionados se ha planteado la necesidad de diseñar e implementar una estación de flujo con las prestaciones necesarias y acordes a la tecnología actual.

1.2 Sistema de control de flujo

Los sistemas de control para un fluido nos rodean, podemos ver esto desde el control manual que se hace en nuestros hogares con la bombas domesticas hasta el más complejo sistema de inyección electrónica de un automóvil de última generación.

1.2.1 Definiciones básicas

1.2.1.1 Sistema

Es la combinación de componentes físicos o abstractos relacionados entre sí que actúan conjuntamente y cumplen un determinado objetivo, como muestra la figura 1.1

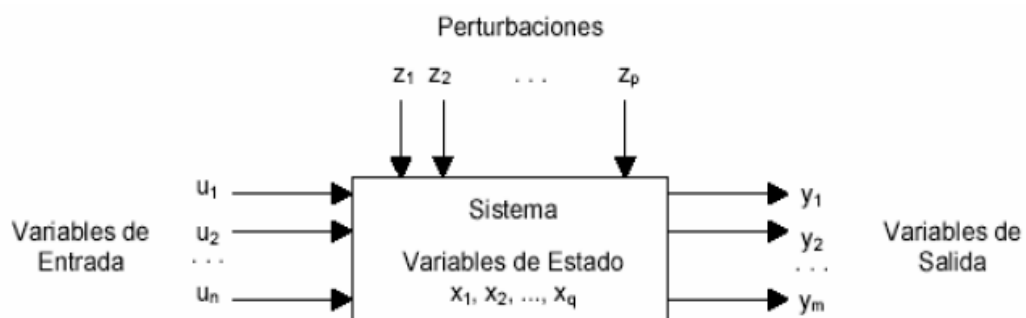


Figura 1. 1 Diagrama de bloques del sistema

1.2.1.2 Variable de entrada

Es una variable del sistema tal que una modificación de su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema.

1.2.1.3 Variable de salida

Es una variable del sistema cuya magnitud o condición se mide.

1.2.1.4 Perturbación

Es una señal que tiende a afectar el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.

1.2.1.5 Sistemas de control

Sistema de control es el conjunto de dispositivos que actúan juntos para lograr un objetivo de control, se tiene la figura 1.2 para ilustrar este concepto.

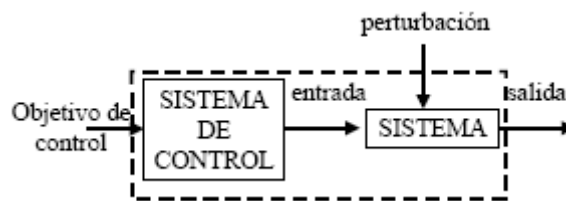


Figura 1. 2 Diagrama de bloques de un sistema de control

1.2.2 Tipos de sistemas de control

1.2.2.1 Sistemas de control en lazo abierto

Aquellos en los que la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control), en la figura 1.3 se puede ver el flujo de datos a través de un sistema de lazo abierto.



Figura 1. 3 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto

Características:

- No se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema (referencia).

- Para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada.
- La exactitud de la salida del sistema depende de la calibración del controlador.
- En presencia de perturbaciones estos sistemas de control no cumplen su función adecuadamente.

1.2.2.2 Sistemas de control en lazo cerrado

Aquellos en los que la señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control), en la figura 1.4 se muestra como el flujo de datos regresa hacia el controlador cerrando así el lazo.

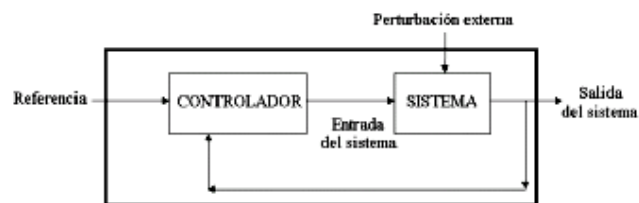


Figura 1. 4 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado

1.2.2.3 Sistemas de control en lazo cerrado retroalimentado

Operación que en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia. Esta reducción se logra manipulando alguna variable de entrada del sistema, siendo la magnitud de dicha variable de entrada función de la diferencia entre la variable de referencia y la salida del sistema, en la figura 1.5 se ilustra un sistema en lazo cerrado donde la variable de salida realimenta a la señal de entrada del controlador.

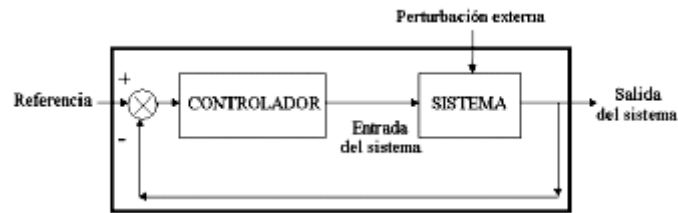


Figura 1. 5 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado retroalimentado

1.2.3 Elementos de un lazo de control

- Sistema a controlar
- Controlador
- Actuador (puede incluirse en el sistema a controlar)
- Medidor: sensor + transductor.

La figura 1.6 nos muestra un sistema de control con sus respectivos elementos.

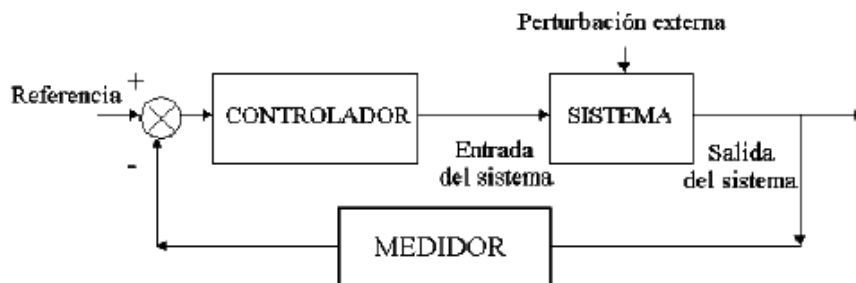


Figura 1. 6 Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado retroalimentado a través de un medidor

1.2.4 Funciones de un lazo de control

- Medir el valor de la variable controlada (medida y transmisión).
- Detectar el error y generar una acción de control (decisión).
- Usar la acción de control para manipular alguna variable en el proceso de modo que tienda a reducir el error (manipulación).

1.2.5 Sistemas básicos para control de flujo

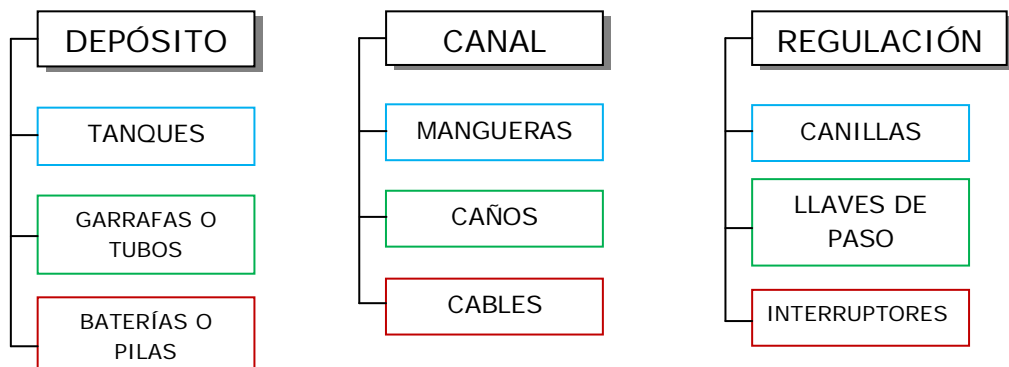
En un sistema de control de de fluido, como el flujo de agua, aire y combustibles o hidrocarburos debemos tener en cuenta el uso de ciertos operadores.

Depósitos.- Lugar destinado a guardar, almacenar, o retener alguna cosa.

Canales o conducto.- Cauce artificial donde se conduce un fluido.

Válvula.- Elemento que permite controlar el arranque, parada, dirección, sentido del flujo en un circuito.

Para el control de los distintos flujos se utilizan operadores semejantes en los distintos sistemas, sean estos **Sistemas Hidráulicos**, **Sistemas Neumáticos** o **Sistemas Eléctricos**:



Siendo el agua una de las principales necesidades del hombre vemos artefactos que se utilizaron para controlarla desde la antigüedad, artefactos como el tornillo de Arquímedes de la figura 1.7, máquina de vapor, bombas, etc.¹

¹ <http://www.slideshare.net/gdetecno/el-control-de-fluidos>

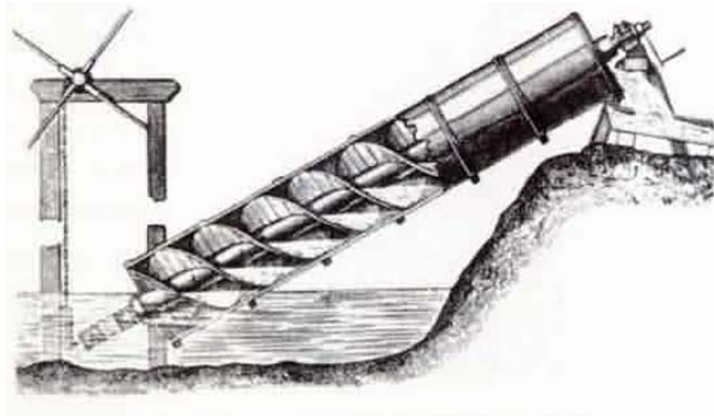


Figura 1. 7 Tornillo de Arquímedes

1.3 Modos de control de procesos

1.3.1 Control ON/Off

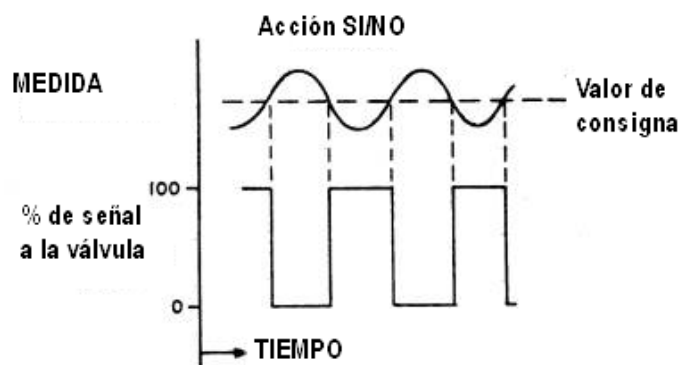


Figura 1. 8 Formas de onda del control ON/Off

El controlador Si/No tiene dos salidas que son para máxima apertura y para apertura mínima, o sea cierre. Para este sistema se ha determinado que cuando la medición cae debajo del valor de consigna, la válvula debe estar cerrada para hacer que se abra; así, en el caso en que la señal hacia el controlador automático esté debajo del valor de consigna, la salida del controlador será del 100%. A medida que la medición cruza el valor de consigna la salida del controlador va hacia el 0%. Esto eventualmente hace que la medición disminuya y a medida que la medición cruza el valor de consigna nuevamente, la salida vaya a un máximo. Este ciclo continuará indefinidamente, debido a que el

controlador no puede balancear el suministro contra la carga. La continua oscilación puede, o puede no ser aceptable, dependiendo de la amplitud y longitud del ciclo. Un ciclo rápido causa frecuentes alteraciones en el sistema de suministro de la planta y un excesivo desgaste de la válvula. El tiempo de cada ciclo depende del tiempo muerto en el proceso debido a que el tiempo muerto determina cuanto tiempo toma a la señal de medición para revertir su dirección una vez que la misma cruza el valor de consigna y la salida del controlador cambia. La amplitud de la señal depende de la rapidez con que la señal de medición cambia durante cada ciclo. En procesos de gran capacidad, tales como cubas de calentamiento, la gran capacidad produce una gran constante de tiempo, por lo tanto, la medición puede cambiar sólo muy lentamente. El resultado es que el ciclo ocurre dentro de una banda muy estrecha alrededor del valor de consigna, y este control puede ser muy aceptable, si el ciclo no es muy rápido. Por lejos el tipo más común de control usado en la industria es el Si/No. Sin embargo si la medición del proceso es más sensible a los cambios en el suministro, la amplitud y frecuencia del ciclo comienza a incrementarse, en algún punto el ciclo se volverá inaceptable y alguna forma de control proporcional deberá ser aplicado.

1.3.2 Control Proporcional

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobre oscilación. Hay una relación

lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (la válvula se mueve al mismo valor por unidad de desviación). La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa, en la figura 1.9 se muestran las curvas de comportamiento del control proporcional de acuerdo a su ganancia.

La fórmula del proporcional está dada por:

$$P_{sal} = K_p e(t)$$

Ec. 1.1

El error, la banda proporcional y la posición inicial del elemento final de control se expresan en tanto por uno. Nos indicará la posición que pasará a ocupar el elemento final de control

Ejemplo: Cambiar la posición de una válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la desviación de la temperatura (variable) respecto al punto de consigna (valor deseado).

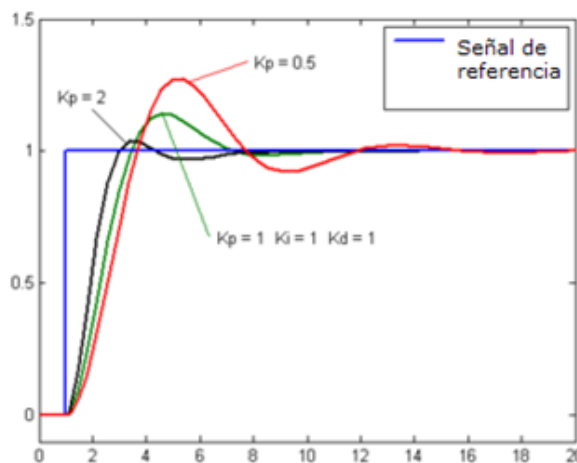


Figura 1. 9 Formas de onda del control proporcional con distinta ganancia (Kp)

1.3.3 Control Integral

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El *error* es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante **I**. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control (**P + I**) con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

La ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo. Se caracteriza por el tiempo de acción integral en minutos por repetición. Es el tiempo en que delante una señal en escalón, el elemento final de control repite el mismo movimiento correspondiente a la acción proporcional.

El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional, en la figura 1.10 se muestra las curvas de respuesta de este controlador.

La fórmula del integral está dada por:

$$I_{sal} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Ec. 1.2

Ejemplo: Mover la válvula (elemento final de control) a una velocidad proporcional a la desviación respecto al punto de consigna (variable deseada).

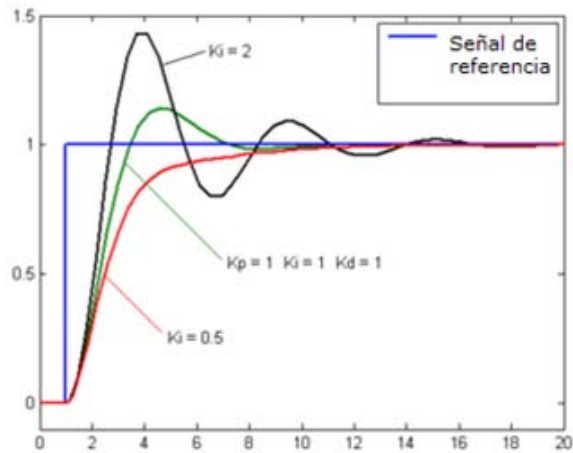


Figura 1. 10 Formas de onda del control integral con distinta ganancia (K_i)

1.3.4 Control Derivativo

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

El error es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "*setpoint*".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante **D** y luego se suma a las señales anteriores (**P + I**). Es importante adaptar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

La fórmula del derivativo está dada por:

$$D_{sal} = K_d \frac{de}{dt}$$

Ec. 1.3

El control derivativo se caracteriza por el tiempo de acción derivada en minutos de anticipo. La acción derivada es adecuada cuando hay retraso entre el movimiento de la válvula de control y su repercusión a la variable controlada.

Cuando el tiempo de acción derivada es grande, hay inestabilidad en el proceso. Cuando el tiempo de acción derivada es pequeño la variable oscila demasiado con relación al punto de consigna. Suele ser poco utilizada debido a la sensibilidad al ruido que manifiesta y a las complicaciones que ello conlleva.

El tiempo óptimo de acción derivativa es el que retorna la variable al punto de consigna con las mínimas oscilaciones, la figura 1.11 ilustra el comportamiento de este modo de control.

Ejemplo: Corrige la posición de la válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada.

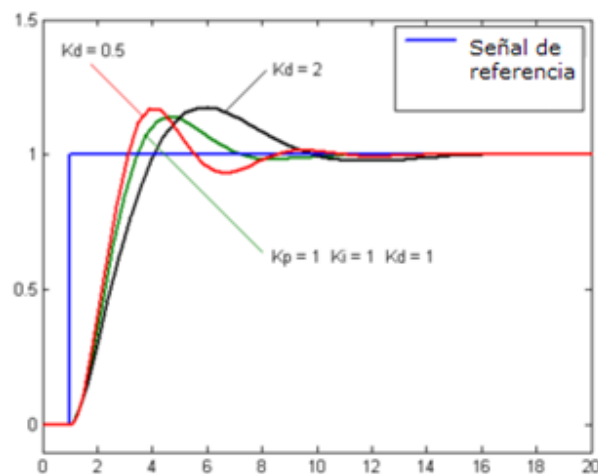


Figura 1. 11 Formas de onda del control derivativo con distinta ganancia (K_d)

La acción derivada puede ayudar a disminuir el rebasamiento de la variable durante el arranque del proceso. Puede emplearse en sistemas con tiempo de retardo considerables, porque permite una repercusión

rápida de la variable después de presentarse una perturbación en el proceso.

1.3.5 Proporcional integral derivativo

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que se utiliza en sistemas de control industriales. Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo. Ajustando estas tres constantes en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "*setpoint*", y el grado de oscilación del sistema. Nótese que el uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control. Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control, en la figura 1.12 muestra el comportamiento de este modo de control y la figura 1.13 se puede

observar cómo interactúan los modos de control para formar el control PID.

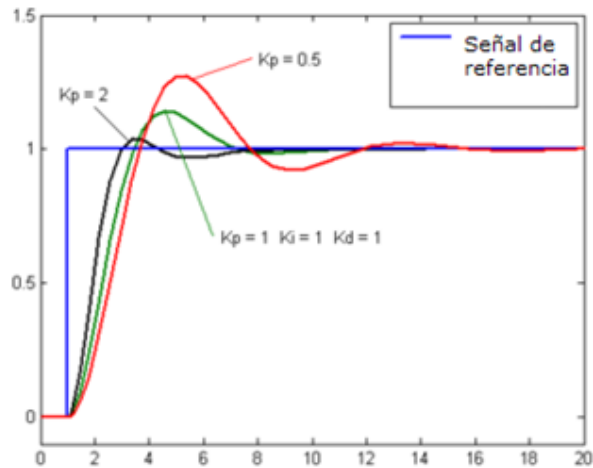


Figura 1. 12 Formas de onda del control PID con ganancias (K_p , K_d , K_i)

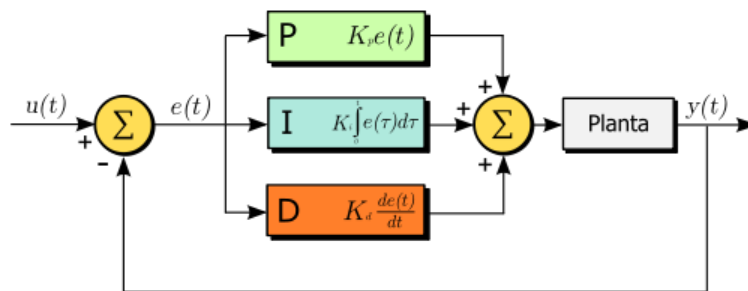


Figura 1. 13 Diagrama de bloques del sistema de control PID

1.3.5.1 Funcionamiento

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

1. Un sensor, que determine el estado del sistema (termómetro, caudalímetro, manómetro, etc.)
2. Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
3. Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, bomba, etc.)

El sensor proporciona una señal analógica o digital al controlador, la cual representa el *punto actual* en el que se encuentra el proceso o sistema. La señal puede representar ese valor en tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica o frecuencia. En este último caso la señal es de corriente alterna, a diferencia de los dos anteriores, que son con corriente continua.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz (HMI - Human Machine Interface), son pantallas de gran valor visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado (consigna) y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada uno de los 3 componentes del controlador PID. Las 3 señales sumadas, componen la señal de salida que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, sino que debe ser transformada para ser compatible con el actuador que usemos.

Las tres componentes de un controlador PID son: parte **P**roportional, acción **I**ntegral y acción **D**erivativa. El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo, respectivamente. Se pretenderá lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo posible los efectos de las perturbaciones.

1.3.5.2 Significado de las constantes

P *constante de proporcionalidad*: se puede ajustar como el valor de la ganancia del controlador o el porcentaje de banda proporcional. Ejemplo: Cambia la posición de la válvula proporcionalmente a la desviación de la variable respecto al punto de consigna. La señal P, mueve la válvula siguiendo fielmente los cambios de temperatura multiplicados por la ganancia.

I *constante de integración*: indica la velocidad con la que se repite la acción proporcional.

D *constante de derivación*: hace presente la respuesta de la acción proporcional duplicándola, sin esperar a que el error se duplique. El valor indicado por la constante de derivación es el lapso de tiempo durante el cual se manifestará la acción proporcional correspondiente a 2 veces el error y después desaparecerá. Ejemplo: Mueve la válvula a una velocidad proporcional a la desviación respecto al punto de consigna. La señal I, va sumando las áreas diferentes entre la variable y el punto de consigna repitiendo la señal proporcional según el tiempo de acción derivada (minutos/repetición).

Tanto la acción Integral como la acción Derivativa, afectan a la ganancia dinámica del proceso. La acción integral sirve para reducir el error estacionario, que existiría siempre si la constante **K_i** fuera nula. Ejemplo: Corrige la posición de la válvula proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada. La señal **K_d**, es la pendiente (tangente) por la curva descrita por la variable.

La salida de estos tres términos, el proporcional, el integral, y el derivativo son sumados para calcular la salida del controlador PID. Definiendo $u(t)$ como la salida del controlador, la forma final del algoritmo del PID es:

$$u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt}$$

Ec. 1.4

1.3.5.3 Aplicaciones

Por tener una exactitud mayor a los controladores proporcional, proporcional derivativo y proporcional integral, se utiliza en aplicaciones más cruciales tales como control de presión, flujo, fuerza, velocidad, en muchas aplicaciones química, y otras variables. Además es utilizado en reguladores de velocidad de automóviles (control de cruce), control de ozono residual en tanques de contacto.

1.3.5.4 Limitaciones de un control PID

Mientras que los controladores PID son aplicables a la mayoría de los problemas de control, pueden ser pobres en otras aplicaciones. Los controladores PID, cuando se usan solos, pueden dar un desempeño pobre cuando la ganancia del lazo del PID debe ser reducida para que no se dispare u oscile sobre el valor del "setpoint". El controlador PID puede ser usado principalmente para responder a cualquier diferencia o "error" que quede entre el setpoint y el valor actual del proceso.

Otro problema que posee el PID es que es lineal. Principalmente el desempeño de los controladores PID en sistemas no lineales es variable. También otro problema común que posee el PID es, que en la parte derivativa, el ruido puede afectar al sistema, haciendo que esas pequeñas variaciones, hagan que el cambio a la salida sea muy grande. Generalmente un Filtro pasa bajo ayuda, ya que removería las componentes de alta frecuencia del ruido. Sin embargo, un filtro pasa bajo y un control derivativo puede hacer que se anulen entre ellos. Alternativamente, el control derivativo puede ser sacado en algunos sistemas sin mucha pérdida de control. Esto es equivalente a usar un controlador PID como PI solamente.

1.4 Variador de velocidad de motores

1.4.1 Variador de velocidad

El **Variador de Velocidad** (VSD, por sus siglas en inglés Variable Speed Drive) es en un sentido amplio un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores. También es conocido como Accionamiento de Velocidad Variable (ASD, también por sus siglas en inglés Adjustable Speed Drive).

La maquinaria industrial generalmente es accionada a través de motores eléctricos, a velocidades constantes o variables, pero con valores precisos. No obstante, los motores eléctricos generalmente operan a velocidad constante o cuasi-constante, y con valores que dependen de la alimentación y de las características propias del motor, los cuales no se pueden modificar fácilmente. Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad. Los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipo de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras, etc.

Un variador de velocidad puede consistir en la combinación de un motor eléctrico y el controlador que se emplea para regular la velocidad del mismo. La combinación de un motor de velocidad constante y de un dispositivo mecánico que permita cambiar la velocidad de forma continua (sin ser un motor paso a paso) también puede ser designado como *variador de velocidad*.

1.4.2 Motivos para emplear variadores de velocidad

El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad. Históricamente, los variadores de velocidad fueron desarrollados

originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

1.4.2.1 Velocidad como una forma de controlar un proceso

Entre las diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de variadores de velocidad destacan:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables en procesos variables.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Ajuste de la tasa de producción.
- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del Par motor (torque).

La figura 1.14 muestra unos ejemplos de variación de flujo de aire y fluido a través del control de velocidad de un motor eléctrico.

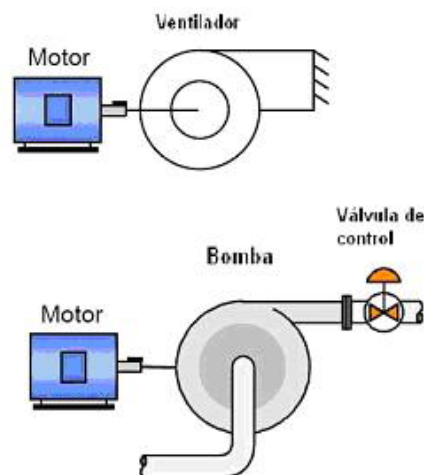


Figura 1. 14 Variador de velocidad

1.4.2.2 Fomentar el ahorro de energía mediante el uso de variadores de velocidad

Un equipo accionado mediante un variador de velocidad emplea generalmente menor energía que si dicho equipo fuera activado a una velocidad fija constante. Los ventiladores y bombas representan las aplicaciones más llamativas. Por ejemplo, cuando una bomba es impulsada por un motor que opera a velocidad fija, el flujo producido puede ser mayor al necesario. Para ello, el flujo podría regularse mediante una válvula de control dejando estable la velocidad de la bomba, pero resulta mucho más eficiente regular dicho flujo controlando la velocidad del motor, en lugar de restringirlo por medio de la válvula, ya que el motor no tendrá que consumir una energía no aprovechada.

1.4.3 Tipos de variadores de velocidad

En términos generales, puede decirse que existen tres tipos básicos de variadores de velocidad: mecánicos, hidráulicos y eléctrico-electrónicos. Dentro de cada tipo pueden encontrarse más subtipos, que se detallarán a continuación

1.4.3.1 Variadores mecánicos

- *Variadores de paso ajustable:* estos dispositivos emplean poleas y bandas en las cuales el diámetro de una o más poleas puede ser modificado.
- *Variadores de tracción:* transmiten potencia a través de rodillos metálicos. La relación de velocidades de entrada/salida se ajusta moviendo los rodillos para cambiar las áreas de contacto entre ellos y así la relación de transmisión.

1.4.3.2 Variadores hidráulicos

- *Variador hidrostático:* consta de una bomba hidráulica y un motor hidráulico (ambos de desplazamiento positivo). Una revolución de la bomba o el motor corresponde a una cantidad bien definida de

volumen del fluido manejado. De esta forma la velocidad puede ser controlada mediante la regulación de una válvula de control, o bien, cambiando el desplazamiento de la bomba o el motor.

- *Variador hidrodinámico:* emplea aceite hidráulico para transmitir par mecánico entre un impulsor de entrada (sobre un eje de velocidad constante) y un rotor de salida (sobre un eje de velocidad ajustable). También llamado acoplador hidráulico de llenado variable.
- *Variador hidrovicoso:* consta de uno o más discos conectados con un eje de entrada, los cuales estará en contacto físico (pero no conectados mecánicamente) con uno o más discos conectados al eje de salida. El par mecánico (torque) se transmite desde el eje de entrada al de salida a través de la película de aceite entre los discos. De esta forma, el par transmitido es proporcional a la presión ejercida por el cilindro hidráulico que presiona los discos.

1.4.3.3 Variadores eléctrico-electrónicos

Los variadores eléctrico-electrónicos incluyen tanto el controlador como el motor eléctrico, sin embargo es práctica común emplear el término variador únicamente al controlador eléctrico.

Los primeros variadores de esta categoría emplearon la tecnología de los tubos de vacío. Con los años después se han ido incorporando dispositivos de estado sólido, lo cual ha reducido significativamente el volumen y costo, mejorando la eficiencia y confiabilidad de los dispositivos.

Existen cuatro categorías de variadores de velocidad eléctrico-electrónicos:

- Variadores para motores de CC.
- Variadores de velocidad por corrientes de Eddy
- Variadores de deslizamiento

- Variadores para motores de CA conocidos como variadores de frecuencia.

1.4.3.3.1 Variadores para motores de CC

Estos variadores permiten controlar la velocidad de motores de Corriente Continua: serie, derivación, compuesto y de imanes permanentes. Para el caso de cualquiera de las máquinas anteriores se cumple la siguiente expresión:

$$V_t = K \cdot FM \cdot Nm$$

Ec. 1.5

Donde:

V_t Voltaje terminal (V).

K Constante de la máquina.

FM Flujo magnético producido por el campo (Wb)

Nm Velocidad mecánica (rpm).

Despejando la velocidad mecánica de Ec. 1.5, se obtiene:

$$Nm = \frac{V_t}{K \cdot FM}$$

Ec. 1.6

Entonces, de Ec. 1.6 puede observarse que la velocidad mecánica de un motor de CC es directamente proporcional al voltaje terminal (V_t) e inversamente proporcional al flujo magnético (FM), el cual a su vez depende de la corriente de campo (I_F). Aprovechando esta situación es que este tipo de variadores puede controlar la velocidad de un motor de CC: controlando su voltaje terminal, o bien, manipulando el valor de la corriente de campo.

1.4.3.3.2 Variadores por corrientes de Eddy

Un variador de velocidad por corrientes de Eddy consta de un motor de velocidad fija y un embrague de corrientes de Eddy. El embrague contiene un rotor de velocidad fija (acoplado al motor) y un rotor de velocidad variable, separados por un pequeño entrehierro. Se cuenta, además, con una bobina de campo, cuya corriente puede ser regulada, la cual produce un campo magnético que determinará el par mecánico transmitido del rotor de entrada al rotor de salida. De esta forma, a mayor intensidad de campo magnético, mayor par y velocidad transmitidos, y a menor campo magnético menores serán el par y la velocidad en el rotor de salida. El control de la velocidad de salida de este tipo de variadores generalmente se realiza por medio de lazo cerrado, utilizando como elemento de retroalimentación un tacómetro de CA.

1.4.3.3.3 Variadores de deslizamiento

Este tipo de variadores se aplica únicamente para los motores de inducción de rotor devanado. En cualquier motor de inducción, la velocidad mecánica (N_m) puede determinarse mediante la siguiente expresión:

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

Ec. 1.7

Donde s es el deslizamiento del motor, cuyo valor oscila entre 0 y 1. De esta forma, a mayor deslizamiento, menor velocidad mecánica del motor. El deslizamiento puede incrementarse al aumentar la resistencia del devanado del rotor, o bien, al reducir el voltaje en el devanado del rotor. De esta forma es que puede conseguirse el control de la velocidad en los motores de inducción de rotor devanado. Sin embargo, este tipo de variadores es de menor eficiencia que otros, razón por la cual en la actualidad tiene muy poca aplicación.

1.4.3.3.4 Variadores para motores de CA

Los variadores de frecuencia (siglas AFD, del inglés Adjustable Frecuencia Drive; o bien VFD Variable Frecuencia Drive) permiten controlar la velocidad tanto de motores de inducción (asíncronos de jaula de ardilla o de rotor devanado), como de los motores síncronos mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al motor.

- Para el caso de un motor síncrono, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión:

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

Ec. 1.8

- Cuando se trata de motores de inducción, se tiene:

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

Ec. 1.9

Donde:

N_s = velocidad síncrona (rpm)

N_m = velocidad mecánica (rpm)

f = frecuencia de alimentación (Hz)

s = deslizamiento (adimensional)

P = número de polos.

Como puede verse en las expresiones Ec. 1.8 y Ec.1.9, la frecuencia y la velocidad son directamente proporcionales, de tal manera que al aumentar la frecuencia de alimentación al motor, se incrementará la velocidad de la flecha, y al reducir el valor de la frecuencia disminuirá la velocidad del eje. Por ello es que este tipo de variadores manipula la frecuencia de alimentación al motor a fin de obtener el control de la velocidad de la máquina

Estos variadores mantienen la razón Voltaje/ Frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximos de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la saturación magnética del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida.

1.5 Transmisores inteligentes

Son aquellos instrumentos capaces de realizar funciones adicionales a la de la transmisión de la señal del proceso gracias a un microprocesador incorporado. También existen dos modelos básicos de transmisores inteligentes:

- **El capacitivo** que consiste en un condensador compuesto de un diafragma interno que separa las placas y que cuando se abren las placas es porque se realiza una presión, este diafragma se llena de aceite lo cual hace variar la distancia entre placas en no más de 0.1 mm. luego esta señal es amplificada por un oscilador y un demodulador que entregan una señal análoga para ser convertida a digital y así ser tomada por el microprocesador.
- **El semiconductor** sus cualidades permiten que se incorpore un puente de Wheatstone al que el microprocesador linealiza las señales y entrega la salida de 4 - 20mA.

Los transmisores inteligentes permiten leer valores, configurar el transmisor, cambiar su campo de medida y diagnosticar averías, calibración y cambio de margen de medida. Algunos transmisores gozan de auto calibración, auto diagnóstico de elementos electrónicos; su precisión es de 0.075%. Monitorea las temperaturas, estabilidad, campos de medida amplios, posee bajos costos de mantenimiento pero tiene desventajas como su lentitud, frente a variables rápidas puede presentar

problemas, y para el desempeño en las comunicaciones no presenta dispositivos universales, es decir, no intercambiable con otras marcas.

1.5.1 Como calibrar un transmisor

1.5.1.1 Chequeo y Ajustes Preliminares

- Observar el estado físico del equipo, desgaste de piezas, limpieza y respuesta del equipo.
- Determine los errores de indicación del equipo comparado con un patrón adecuado (según el rango y la precisión).
- Llevar ajustes de cero, multiplicación, angularidad y otros adicionales a los márgenes recomendados para el proceso o que permita su ajuste en ambas direcciones (no en extremos) encuadramientos preliminares. Lo cual reducirá al mínimo el error de angularidad.

1.5.1.2 Ajuste de cero

- Colocar la variable en un valor bajo de cero a 10% del rango o en la primera división representativa a excepción de los equipos que tienen supresión de cero o cero vivo, para ello se debe simular la variable con un mecanismo adecuado, según rango y precisión lo mismo que un patrón adecuado.
- Si el instrumento que se está calibrando nos indica el valor fijado anteriormente, se debe ajustar del mecanismo de cero (un puntero, un resorte, reóstato, tornillo micrométrico, etc.)
- Si el equipo tiene ajustes adicionales con cero variable, con elevaciones o supresiones se debe hacer después del punto anterior de ajuste de cero.

1.5.1.3 Ajuste de multiplicación

- Colocar la variable en un valor alto del 70 al 100%.
- Si el instrumento no indica el valor fijado, se debe ajustar el mecanismo de multiplicación o span (un brazo, palanca, reóstato o ganancia).

1.5.1.4 Repetir los dos últimos pasos hasta obtener la calibración correcta para los valores alto y bajo.

1.5.1.5 Ajuste de angularidad

- Colocar la variable al 50% del span.
- Si el incremento no indica el valor del 50% ajustar el mecanismo de angularidad según el equipo.

1.5.1.6 Repetir los dos últimos pasos 4 y 5 hasta obtener la calibración correcta, en los tres puntos.

Nota: Después de terminar el procedimiento se debe levantar un acta de calibración, aproximadamente en cuatro puntos: Valores teóricos contra valores reales (Lo más exactamente posible), tanto ascendente como descendente para determinar si tiene histéresis.

1.5.2 Tipos de transmisores

1.5.2.1 Transmisores de presión y temperatura para:

- Extrusión de plástico
- Moldeo de plástico
- Industria en general

La figura 1.15 muestra algunos tipos de transmisores existentes en la industria.



Figura 1. 15 Transmisores de presión y temperatura

1.5.2.2 Transmisores de flujo másico para gases, interruptores de nivel y flujo bajo el principio de dispersión térmica, la figura 1.16 muestra un transmisor de este tipo.



Figura 1. 16 Transmisores de flujo másico para gases

1.5.2.3 Transmisores de presión y nivel neumáticos y electrónicos.

- Para la industria del papel
- Para la industria en general



Figura 1. 17 Transmisores de presión y nivel neumáticos y electrónicos

1.5.2.4 Transmisores e interruptores de nivel por el principio de radio frecuencia.



Figura 1. 18 Transmisores e interruptores de nivel

1.5.2.5 Transmisores de señal

- Alarmas.
- Convertidores I/P, P/I.
- Transmisores de temperatura.
- Sistemas de comunicación de datos.

La figura 1.18 muestra un transmisor de temperatura con una interfaz de usuario.



Figura 1. 19 Transmisor de temperatura

1.6 Controladores lógicos programables (PLC) Características y arquitectura

1.6.1 Arquitectura

Los elementos esenciales, que todo autómatas programable posee como mínimo, son:

- **Sección de entradas:** se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser digitales o analógicas.

A estas líneas conectaremos los sensores (captadores).

- **Sección de salidas:** son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico.

A estas líneas conectaremos los actuadores.

- **Unidad central de proceso (CPU):** se encarga de procesar el programa que el usuario ha introducido.

La CPU toma, una a una, las instrucciones programadas por el usuario y las va ejecutando, cuando llega al final de la secuencia de instrucciones programadas, la CPU vuelve al principio y sigue ejecutándolas de manera cíclica.

Para ello, dispone de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa. Adicionalmente, en determinados modelos, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc.

A parte de estos podemos disponer de los siguientes elementos:

- **Unidad de alimentación** (algunas CPU's la llevan incluida).
- **Consola de programación:** que nos permitirá introducir, modificar y supervisar el programa de usuario. Tiende a desaparecer, debido a que la mayoría se programan a partir del PC mediante programas específicos facilitados por cada fabricante; o programados directamente desde el propio autómatas.

- **Dispositivos periféricos:** como nuevas unidades de E/S, mas memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- **Interfaces:** facilitan la comunicación del autómata con otros dispositivos (como un PC), autómatas, etc.

1.6.2 Estructura de un Controlador Lógico Programable

Un autómata programable industrial (API) o Programmable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales, la figura 1.20 se muestra la estructura de un PLC.

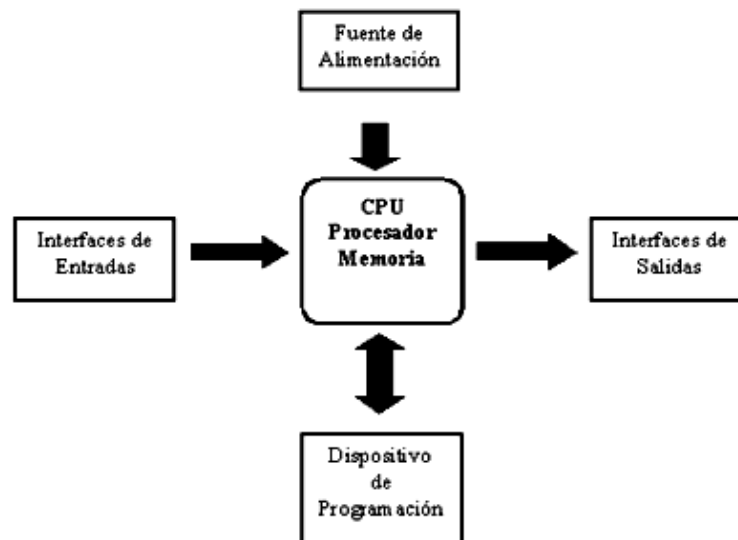


Figura 1. 20 Diagrama de bloques de la estructura de un PLC

Para explicar el funcionamiento del PLC, se pueden distinguir las siguientes partes:

- Interfaces de entradas y salidas
- CPU (Unidad Central de Proceso)
- Memoria
- Dispositivos de Programación

El usuario ingresa el programa a través del dispositivo adecuado (un cargador de programa o PC) y éste es almacenado en la memoria de la CPU.

La CPU, que es el "cerebro" del PLC, procesa la información que recibe del exterior a través de la interfaz de entrada y de acuerdo con el programa, activa una salida a través de la correspondiente interfaz de salida.

Evidentemente, las interfaces de entrada y salida se encargan de adaptar las señales internas a niveles de la CPU. Por ejemplo, cuando la CPU ordena la activación de una salida, la interfaz adapta la señal y acciona un componente (transistor, relé, etc.)

Pero, ¿Cómo funciona la CPU?

Al comenzar el ciclo, la CPU lee el estado de las entradas. A continuación ejecuta la aplicación empleando el último estado leído. Una vez completado el programa, la CPU ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación. Al final del ciclo se actualizan las salidas. El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, del número de E/S y de la cantidad de comunicación requerida, en la figura 1.21 se puede observar un ciclo de operación de un PLC.

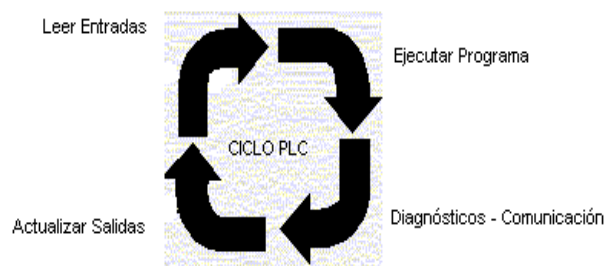


Figura 1. 21 Ciclo de un PLC

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación, en la figura 1.22 se puede apreciar el aspecto real de un PLC.



Figura 1. 22 Forma física de un PLC marca SIEMENS

1.6.3 Campos de aplicación

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

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.

- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

1.6.4 Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maquinaria industrial de plástico.
- Máquinas transfer.
- Maquinaria de embalajes.
- Maniobra de instalaciones.
- Instalación de aire acondicionado, calefacción.
- Instalaciones de seguridad.
- Señalización y control.
- Chequeo de programas.
- Señalización del estado de procesos.

1.6.5 Ventajas e inconvenientes

1.6.5.1 Ventajas

Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

- No es necesario dibujar el esquema de contactos.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.

- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

1.6.5.2 Inconvenientes

- Se puede tomar como inconveniente el costo inicial.

1.6.5.3 Funciones básicas de un PLC

1.6.5.3.1 Detección:

Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

1.6.5.3.2 Mando:

Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

1.6.5.3.3 Dialogo hombre maquina:

Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

1.6.5.3.4 Programación:

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómata. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómata controlando la maquina.

1.6.5.3.5 Nuevas Funciones

- **Redes de comunicación:**

Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

- **Sistemas de supervisión:**

También los autómatas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

- **Control de procesos continuos:**

Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.

- **Entradas- Salidas distribuidas:**

Los módulos de entrada salida no tienen porqué estar en el armario del autómata. Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.

- **Buses de campo:**

Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

1.7 Módulos de expansión

1.7.1 Módulos o interfaces de entrada y salida (e/s)

Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de maquinas del proceso.

1.7.2 Tipos de módulos de entrada y salida

Los módulos de expansión permiten ampliar el número de entradas y salidas que posee el PLC, cuando la capacidad de éste no cumple con los requerimientos de una aplicación de automatización.

Algunas de las características técnicas de los módulos de expansión son:

- Entradas y salidas digitales.
- Entradas y salidas análogas tipo 4 a 20 miliamperios.
- Entradas y salidas análogas tipo 0-10 voltios.
- Expansión de memoria.
- Conexión a redes de datos industriales (buses de campo).

Cuando el PLC se encuentra conformando un conjunto con los módulos de expansión recibe el nombre de Unidad Principal, en la figura 1.23 se ilustra un PLC en conjunto a los módulos de expansión de entradas y salidas digitales.

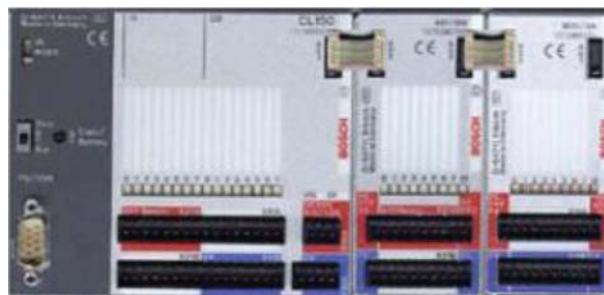


Figura 1. 23 PLC conectado a dos módulos de expansión

1.7.3 Unidad de programación

Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización.

Existen tres tipos de programadores los manuales (Handheld) tipo de calculadora, los de video tipo PC, y la computadora, en la figura 1.24 se muestra un programador Handheld.



Figura 1. 24 PLC con unidad de programación de mano (Handheld)²

1.8 Pantallas Touch screen HMI

1.8.1 Touch screen

Una pantalla táctil (touch screen en inglés) es una pantalla que mediante un toque directo sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al dispositivo. A su vez, actúa como periférico de salida, mostrándonos los resultados introducidos previamente. Este contacto también se puede realizar con lápiz u otras herramientas similares. Actualmente hay pantallas táctiles que pueden instalarse sobre una pantalla normal. Así pues, la pantalla táctil puede actuar como periférico de entrada y periférico de salida de datos, la figura 1.25 muestra el funcionamiento de una pantalla táctil de un PDA.

² Bryan, L.A.: "Programmable controllers: theory and implementation". Editorial Industrial Text, USA, 1997.



Figura 1. 25 Pantalla Touch screen HMI con lápiz óptico

Las pantallas táctiles se han ido haciendo muy populares. Han llegado a ser comunes en TPV (Terminal Punto de Venta), en cajeros automáticos y en PDAs donde se suele emplear un lápiz óptico para manipular la interfaz gráfica de usuario y para introducir datos. La popularidad de los teléfonos inteligentes, PDAs, vídeo consolas portátiles o de los navegadores de automóviles está generando la demanda y la aceptación de las pantallas táctiles.

1.8.2 Tecnologías

Hay diferentes tecnologías de implementación de las pantallas táctiles:

1.8.2.1 Resistiva

Una pantalla táctil resistiva está formada por varias capas. Las más importantes son dos finas capas de material conductor entre las cuales hay una pequeña separación. Cuando algún objeto toca la superficie de la capa exterior, las dos capas conductoras entran en contacto en un punto concreto. De esta forma se produce un cambio en la corriente eléctrica que permite a un controlador calcular la posición del punto en el que se ha tocado la pantalla midiendo la resistencia. Algunas pantallas pueden medir, aparte de las coordenadas del contacto, la presión que se ha ejercido sobre la misma.

Las pantallas táctiles resistivas son por norma general más accesibles pero tienen una pérdida de aproximadamente el 25% del brillo debido a las múltiples capas necesarias. Otro inconveniente que tienen es que pueden ser dañadas por objetos afilados. Por el contrario no se ven afectadas por elementos externos como polvo o agua, razón por la que son el tipo de pantallas táctiles más usado en la actualidad.

1.8.2.2 De onda acústica superficial

La tecnología de onda acústica superficial (denotada a menudo por las siglas SAW, del inglés Surface Acoustic Wave) utiliza ondas de ultrasonidos que se transmiten sobre la pantalla táctil. Cuando la pantalla es tocada, una parte de la onda es absorbida. Este cambio en las ondas de ultrasonidos permite registrar la posición en la que se ha tocado la pantalla y enviarla al controlador para que pueda procesarla.

El funcionamiento de estas pantallas puede verse afectado por elementos externos. La presencia de contaminantes sobre la superficie también puede interferir con el funcionamiento de la pantalla táctil.

1.8.2.3 Capacitivas

Una pantalla táctil capacitiva está cubierta con un material, habitualmente óxido de indio y estaño que conduce una corriente eléctrica continua a través del sensor. El sensor por tanto muestra un campo de electrones controlado con precisión tanto en el eje vertical como en el horizontal, es decir, adquiere capacitancia. El cuerpo humano también se puede considerar un dispositivo eléctrico en cuyo interior hay electrones, por lo que también dispone de capacitancia. Cuando el campo de capacitancia normal del sensor (su estado de referencia) es alterado por otro campo de capacitancia, como puede ser el dedo de una persona, los circuitos electrónicos situados en cada esquina de la pantalla miden la 'distorsión' resultante en la onda senoidal característica del campo de referencia y envía la información acerca de este evento al controlador para su

procesamiento matemático. Los sensores capacitivos deben ser tocados con un dispositivo conductor en contacto directo con la mano o con un dedo, al contrario que las pantallas resistivas o de onda superficial en las que se puede utilizar cualquier objeto. Las pantallas táctiles capacitivas no se ven afectadas por elementos externos y tienen una alta claridad, pero su complejo procesamiento de la señal hace que su costo sea elevado. La mayor ventaja que presentan sobre las pantallas resistivas es su alta sensibilidad y calidad.

1.8.2.4 Infrarrojos

Las pantallas táctiles por infrarrojos consisten en una matriz de sensores y emisores infrarrojos horizontales y verticales. En cada eje los receptores están en el lado opuesto a los emisores de forma que al tocar con un objeto la pantalla se interrumpe un haz infrarrojo vertical y otro horizontal, permitiendo de esta forma localizar la posición exacta en que se realizó el contacto. Este tipo de pantallas son muy resistentes por lo que son utilizadas en muchas de las aplicaciones militares que exigen una pantalla táctil.

1.8.2.5 Galga extensiométrica

Cuando se utilizan galgas extensiométricas la pantalla tiene una estructura elástica de forma que se pueden utilizar galgas extensiométricas para determinar la posición en que ha sido tocada a partir de las deformaciones producidas en la misma. Esta tecnología también puede medir el eje Z o la presión ejercida sobre la pantalla. Se usan habitualmente en sistemas que se encuentran expuestos al público como máquinas de venta de entradas, debido sobre todo a su resistencia al vandalismo.

1.8.2.6 Imagen óptica

Es un desarrollo relativamente moderno en la tecnología de pantallas táctiles, dos o más sensores son situados alrededor de la pantalla,

habitualmente en las esquinas. Emisores de infrarrojos son situados en el campo de vista de la cámara en los otros lados de la pantalla. Un toque en la pantalla muestra una sombra de forma que cada par de cámaras puede triangularla para localizar el punto de contacto. Esta tecnología está ganando popularidad debido a su escalabilidad, versatilidad y asequibilidad, especialmente para pantallas de gran tamaño.

1.8.2.7 Tecnología de señal dispersiva

Este sistema utiliza sensores para detectar la energía mecánica producida en el cristal debido a un toque. Unos algoritmos complejos se encargan de interpretar esta información para obtener el punto exacto del contacto. Esta tecnología es muy resistente al polvo y otros elementos externos, incluidos arañazos. Como no hay necesidad de elementos adicionales en la pantalla también proporciona unos excelentes niveles de claridad. Por otro lado, como el contacto es detectado a través de vibraciones mecánicas, cualquier objeto puede ser utilizado para detectar estos eventos, incluyendo el dedo o uñas. Un efecto lateral negativo de esta tecnología es que tras el contacto inicial el sistema no es capaz de detectar un dedo u objeto que se encuentre parado tocando la pantalla.

1.8.3 HMI (Human Machine Interface)

Un sistema HMI es el interfaz de unión entre el operario y la máquina. Puede ser un panel de operador o una computadora (PC), pero en ambos casos comunican y transmiten datos a y desde el PLC.

En el caso de un Panel de Operador, este se compone de una pantalla con más o menos resolución de gráficos y teclas numéricas y de función o como en algunos casos pantalla táctil. La pantalla puede ser en color o monocromo e indica el estado de los diferentes valores del proceso, con gráficos complejos o figuras sencillas permitiendo a su vez introducir valores para ajustar los parámetros de regulación del proceso o consignas del mismo. Se programan con un software propio, al igual que los PLC's,

y diferente a estos aunque sean del mismo fabricante. Se comunican con el PLC a través de un puerto de comunicación, en la figura 1.26 se muestra una HMI industrial de monitoreo.

Entre las funciones que pueden desarrollar estos paneles de operador están las siguientes:

- Visualizar y parametrizar datos del proceso (lectura y escritura de variables).
- Gestión de alarmas del proceso, con textos de ayuda al operario para la resolución de las mismas.
- Recopilación de alarmas sucedidas en el tiempo (histórico de alarmas).
- Impresión de alarmas.

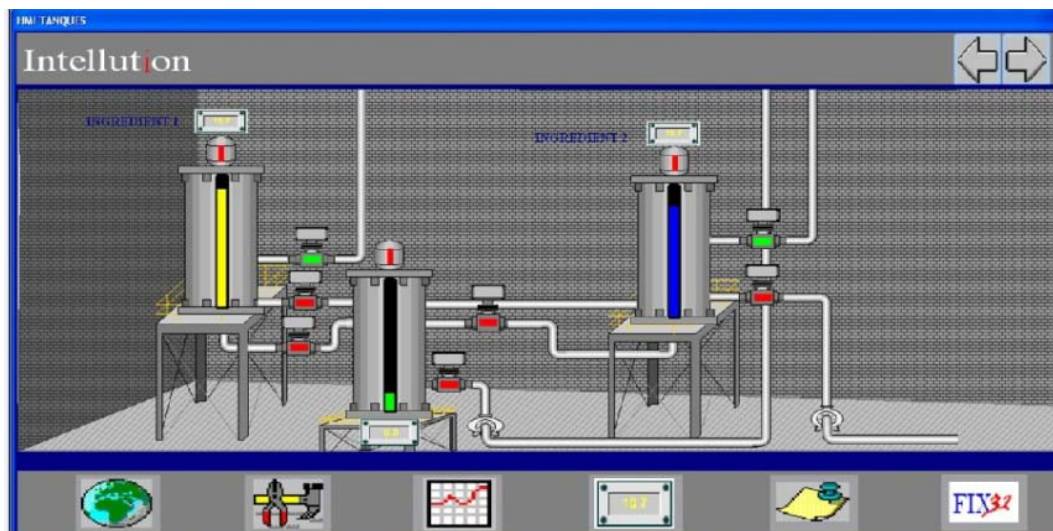


Figura 1. 26 HMI para monitoreo de proceso industrial

CAPITULO II
DISEÑO DEL CONTROL AUTOMÁTICO PARA EL MÓDULO
DIDÁCTICO DE FLUJO

2.1 Especificación de requisitos del sistema

El sistema debe ser capaz de controlar un proceso de flujo de agua por medio de un PLC el cual toma la señal de un transmisor ya sea de presión diferencial o de sensor de flujo de rueda de paletas, éste PLC una vez procesada la información de acuerdo a un modo de control configurado envía instrucciones a un variador de frecuencia para regular la velocidad de una bomba trifásica y de este modo variar el flujo del agua. Será posible visualizar las variables del proceso y monitorear el sistema de la estación de flujo de agua gracias a una TOUCH SCREEN que contendrá una HMI de configuración, sintonización y monitoreo del sistema.

El PLC debe tener la capacidad de controlar el sistema de flujo de agua en base a un lazo de control PID el cual puede comportarse como otro modo de control tan solo configurando los parámetros característicos del lazo PID.

La pantalla táctil (Touch Screen) permitirá ingresar los parámetros necesarios para poder controlar el proceso del sistema, de tal forma que se pueda darle estabilidad al proceso controlado.

La interfaz HMI dará monitoreo del proceso en el sistema en forma permanente, teniendo en cuenta distintos eventos como: alarmas, registro, estados y seguridades de acceso a usuarios, esta interfaz deberá ser intuitiva para que el operador no encuentre dificultad al manipular el sistema y además encuentre un entorno amigable y confiable.

2.2 Diagrama de bloques y P&ID del sistema

2.2.1 Diagrama de bloques

El siguiente diagrama de la figura 2.1 nos muestra como está concebido el sistema de control de flujo de agua para un funcionamiento normal en lazo cerrado.

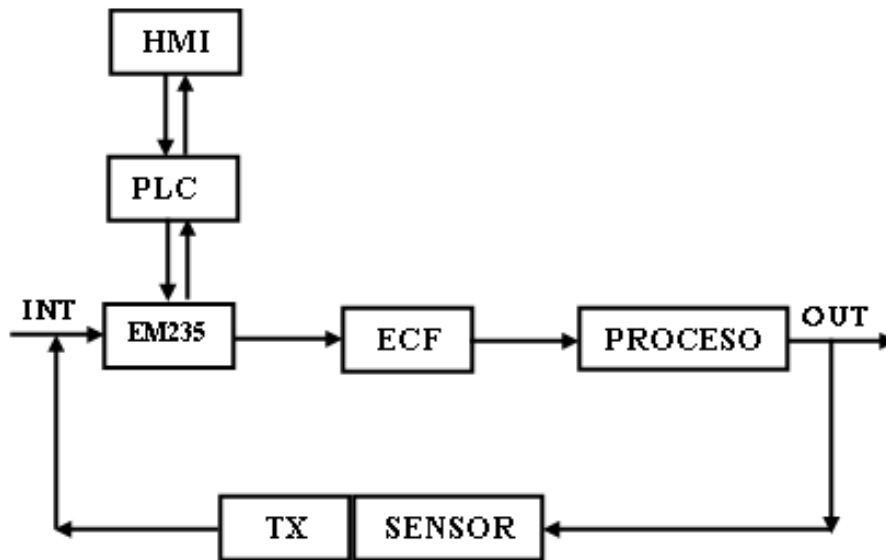


Figura 2. 1 Diagrama de bloques del sistema

HMI.- Representa la Interfaz Humano Máquina (Siemens TP177A), en donde se puede configurar y visualizar el funcionamiento del sistema.

PLC.- Es la representación de la Unidad de Control Lógica Programable, Siemens S7-200, unidad que permite el control de todo el sistema de flujo con un lazo de control PID.

EM235.- Es un módulo de expansión de entradas y salidas analógicas que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema.

ECF.- Elemento de control final (Variador de Frecuencia) dispositivo que controla la velocidad de rotación de un motor de corriente alterna a través de la variación de frecuencia de alimentación suministrado.

SENSOR.- Es aquel dispositivo que nos permite medir una variable física que junto a un transductor se convierte en una señal eléctrica para que puedan ser interpretadas por el controlador.

TX.- Es la representación de un Transmisor a su vez este capta la variable del proceso (Flujo) y la transmite a distancia a un instrumento indicador, registrador, controlador.

2.2.2 Diagrama P&ID

En el diagrama de instrumentación que se muestra en la figura 2.2, está basado en el diagrama original de la estación de flujo existente, pero tiene ciertas modificaciones ya que está provista de elementos adicionales o diferentes.

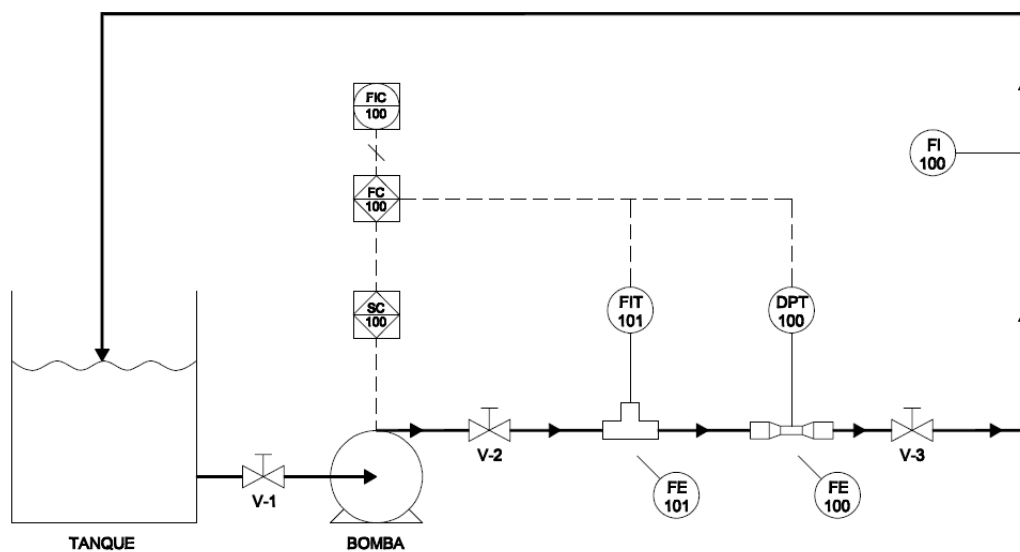


Figura 2. 2 Diagrama P&ID del sistema

TANQUE.- La estación consta con un tanque reservorio de agua para 10 galones, es el punto de partida y de llegada del sistema.

VÁLVULAS DE PASO (V-1, V-2 y V-3).- Son válvulas de bola que están instaladas en la línea de proceso que tiene el objetivo de provocar perturbaciones externas, y también sirven para cuando se quiera realizar el mantenimiento del sistema.

BOMBA CENTRIFUGA.- Es quien hace posible el funcionamiento de todo el sistema ya que hace circular el agua por el mismo. Funciona con un motor trifásico.

TRANSMISOR DE FLUJO DE PALETAS (FIT-101).- Este transmisor es el encargado de realizar una medida exacta del flujo de agua existente en

el proceso mediante la medición de pulsos provocados por la rueda de paletas y entregarlo al controlador.

Este transmisor se encuentra en lazo de control diferente ya que solo puede funcionar un transmisor a la vez es decir que solo uno puede entregar la señal a controlador.

RUEDA DE PALETAS (FE-101).- Se encuentra instalada en el interior de la tubería para poder sensar el paso del líquido cuando este hace girar a la misma.

TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL (DPT-100).- Este dispositivo al igual que el anterior transmisor nos entrega una señal eléctrica equivalente al flujo de agua instantáneo en el proceso y enviarla al controlador, mide la presión diferencial existente en un tubo venturi.

TUBO VENTURI (FE-100).- Este dispositivo es el encargado de provocar el efecto de presión diferencial que es aprovechado por el transmisor mencionado anteriormente.

ROTÁMETRO (FI-100).- Este es quizá uno de los más importantes dispositivos ya que brinda la posibilidad de visualizar físicamente el flujo existente en el proceso.

CONTROLADOR DE FLUJO (FC-100).- El encargado de controlar el proceso de flujo es un PLC SIEMENS S7-200 en cual también debe comunicarse con un touch panel para poder realizar configuración, sintonización y monitoreo del proceso.

CONTROLADOR INDICADOR DE FLUJO (FIC-100).- Esta tarea es realizada por el touch panel SIMATIC TP177A en donde se puede manipular directamente la acción del controlador con las configuraciones y ajuste deseados que se realice para el proceso.

CONTROLADOR DE VELOCIDAD (SC-100).- Es el dispositivo encargado de variar la velocidad del motor trifásico de la bomba y con

esto el flujo de agua del proceso, realizado por un driver de la marca SIEMENS modelo SINAMICS G110

2.3 Diagrama de flujo.

A continuación en las figuras 2.3 y 2.4 se muestran los diagramas de flujo del sistema y del funcionamiento de la HMI respectivamente, en donde se ilustra claramente el flujo de información y procesamiento de la misma.

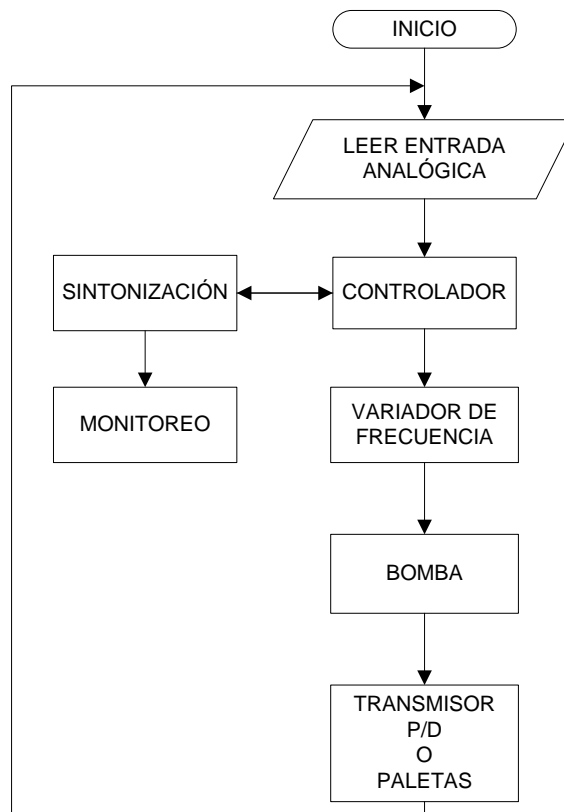


Figura 2. 3 Diagrama de flujo del sistema

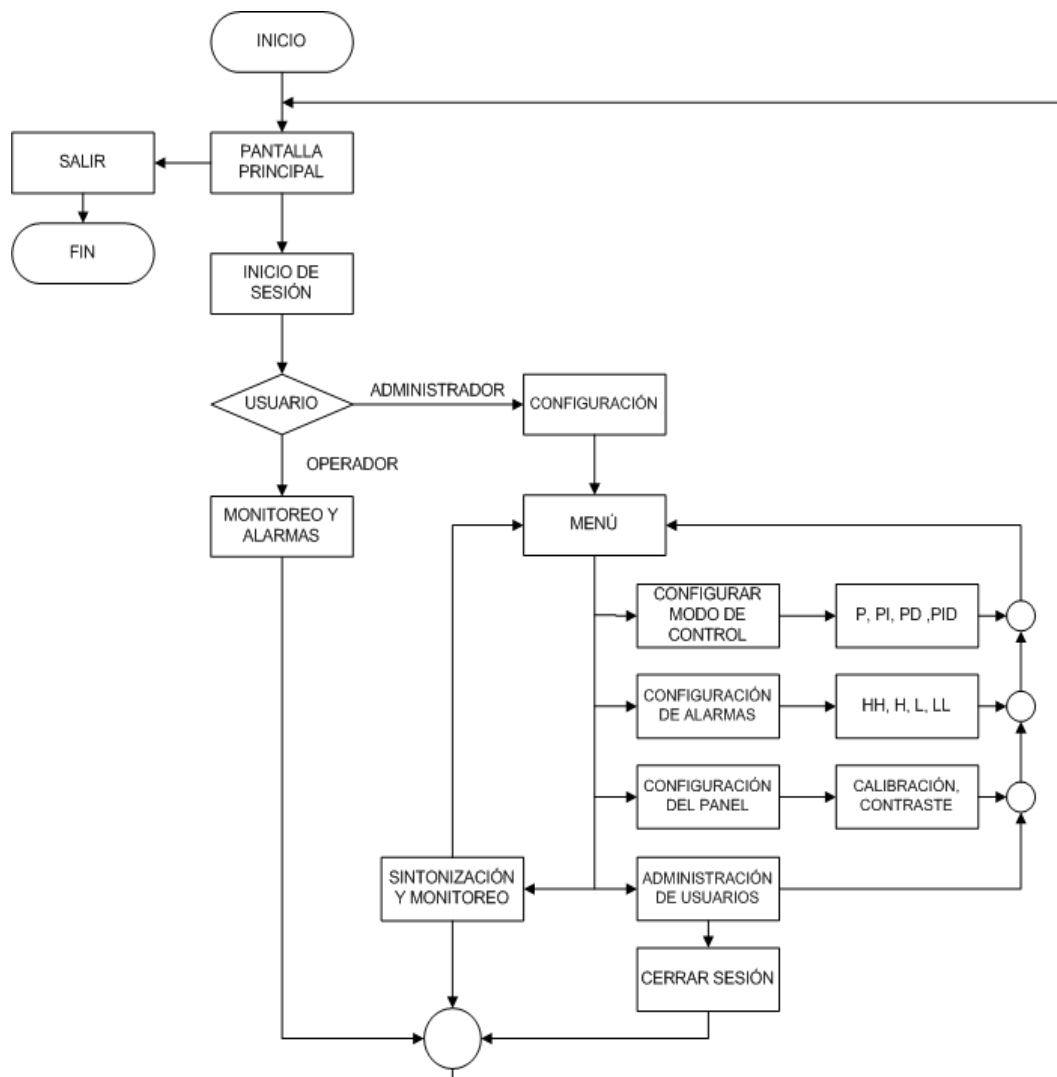


Figura 2. 4 Diagrama de flujo de HMI

2.4 Programación del PLC

Para empezar a programar se necesita una PC instalado el software STEP 7-Micro/WIN, con sus respectivas librerías y herramientas listas para utilizarlas y hacer el respectivo programa de control.

La programación en STEP 7-Micro/WIN constituye un entorno de fácil manejo para desarrollar, editar y observar el programa necesario con objeto de controlar la aplicación. STEP 7-Micro/WIN provee tres editores que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control estos editores son: Esquema de contactos (KOP), Lista de

instrucciones (AWL) y Diagrama de funciones (FUP) los mismos que se observan en la figura 2.5.

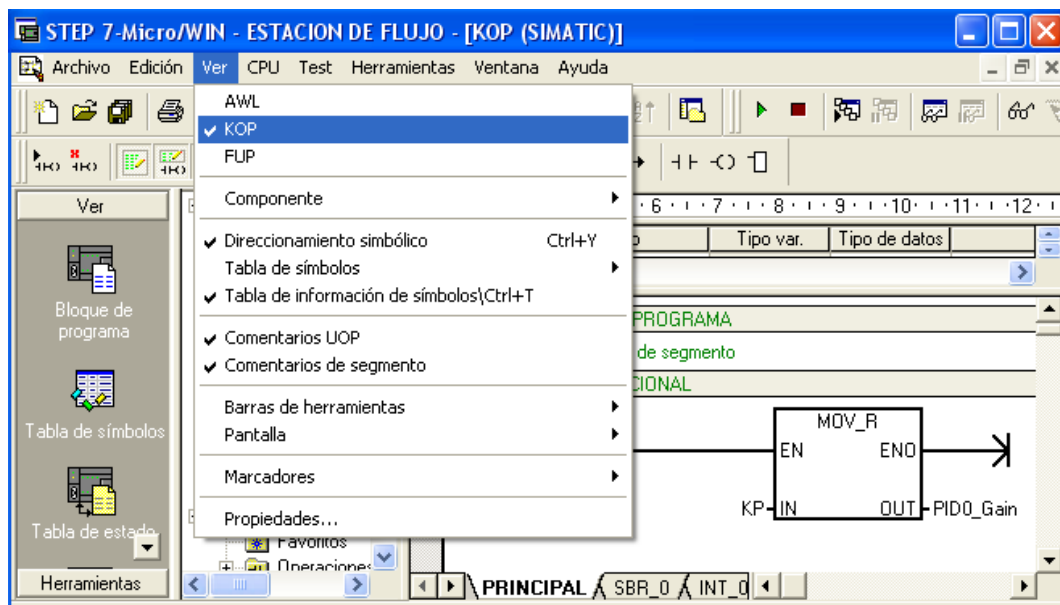


Figura 2. 5 Identificación de los tres editores de programación

2.4.1 Requisitos del sistema

STEP 7-Micro/WIN se puede ejecutar en un ordenador (PC), o bien en una programadora de Siemens (por ejemplo. en una PG 760). El PC o la PG deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- Sistema operativo: Windows 2000, Windows XP, Vista
- 350 Mbyte libres en el disco duro (como mínimo)
- Ratón (recomendado).

2.4.2 Opciones de comunicación

Siemens ofrece dos opciones de programación para conectar el PC al S7-200, a saber: una conexión directa vía un cable PPI multimaestro, o bien un procesador de comunicaciones (CP) con un cable MPI.

El cable de programación PPI multimaestro es el método más usual y más económico de conectar el PC al S7-200. Este cable une el puerto de comunicación del S7-200 con el puerto serie del PC. El cable de

programación PPI multimaestro también se puede utilizar para conectar otros dispositivos de comunicación al S7-200.

2.4.3 Programación

Para la programación en el software STEP 7-Micro/WIN se sigue los siguientes pasos como se observa a continuación:

- Una vez instalado el software STEP 7-Micro/WIN abrir su pantalla principal en donde se puede observar cada función y herramienta para hacer el respectivo programa, como se muestra en la figura 2.6.

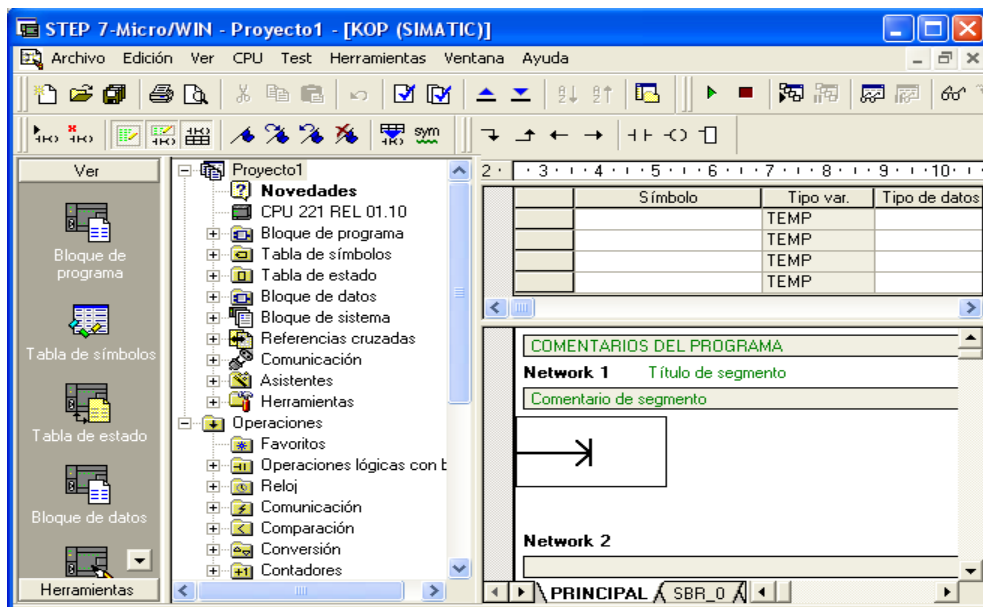


Figura 2. 6 Pantalla principal del entorno de STEP 7-Micro/WIN

- En la barra de menús, hacer clic en la opción herramientas y se despliega el menú de opciones siguiente, como muestra la figura 2.7.

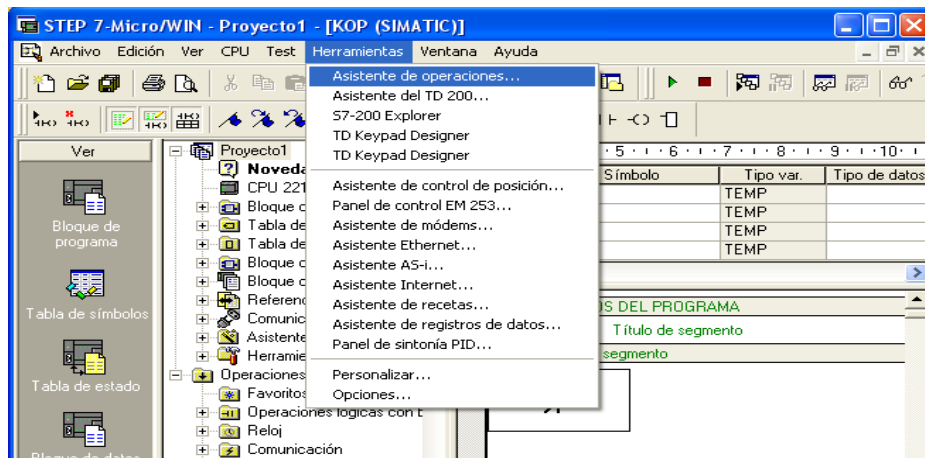


Figura 2. 7 Barra de opciones para crear asistente de operaciones

- Luego hacer clic en la opción asistente de operaciones donde se despliega la ventana flotante de la figura 2.8, ésta permite configurar en este caso un lazo de control PID de forma rápida y sencilla.

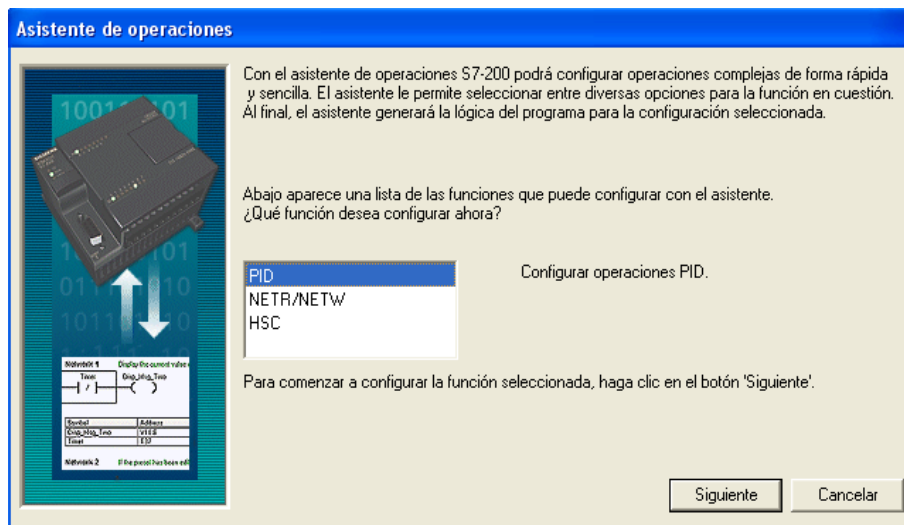


Figura 2. 8 Pantalla para configuraciones de operaciones de un control PID

- Al hacer clic en el botón siguiente permite cambiar de pantalla e introducir el número de lazo de control configurado, como se muestra en la figura 2.9, para seguir con la configuración de un lazo de control PID.

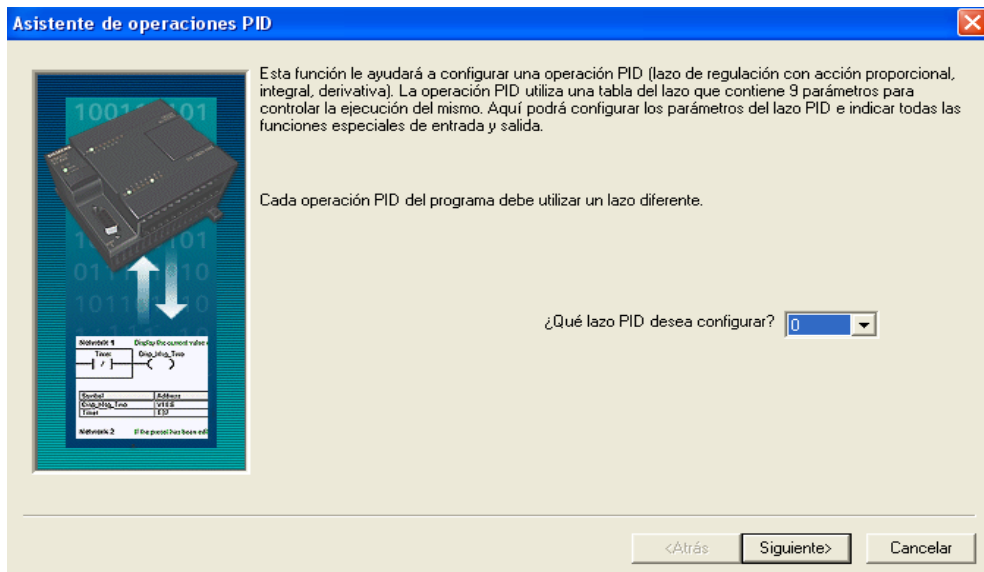


Figura 2. 9 Pantalla para elegir que lazo PID desea configurar 0,1

- En la siguiente pantalla podremos escalar y configurar el límite superior e inferior de valores de acuerdo al lazo proceso a controlar, como se muestra en la figura 2.10.

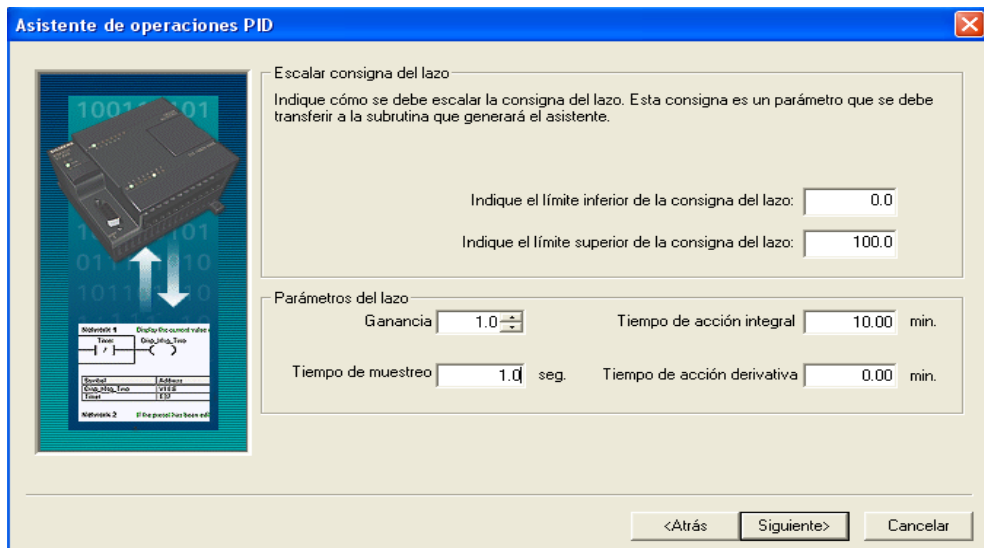


Figura 2. 10 En esta pantalla nos permite ingresar valores inferior, superior y tiempo de muestreo y escalar la consigna del lazo de control PID

- En la siguiente pantalla de la figura 2.11 se configura los límites superior e inferior de la variable del proceso, además de indicar el tipo de señal de entrada al módulo analógico del PLC.

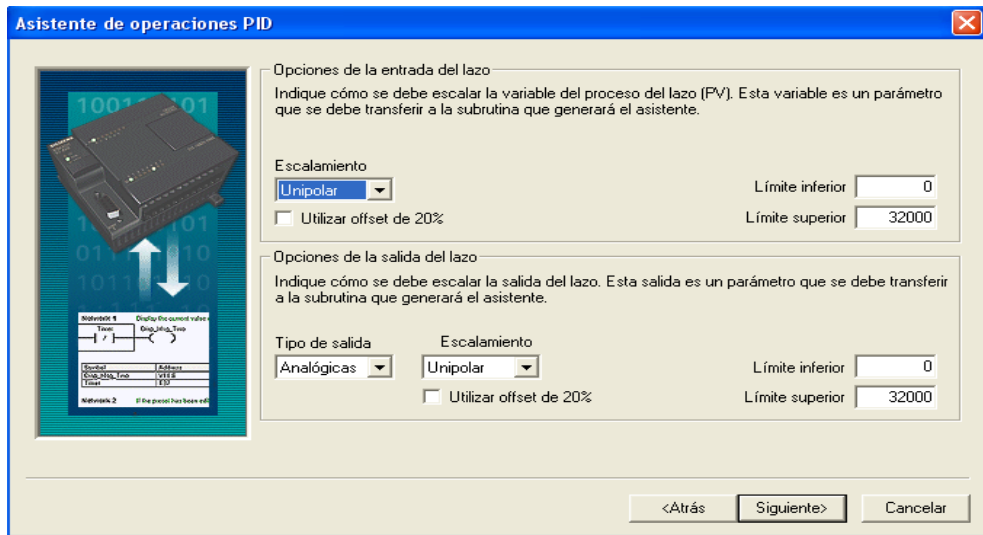


Figura 2. 11 Pantalla para escalar la variable del proceso

- En el siguiente paso de la figura 2.12 se configura alarmas (baja y alta) para valores deseados en el caso de querer activarlas.

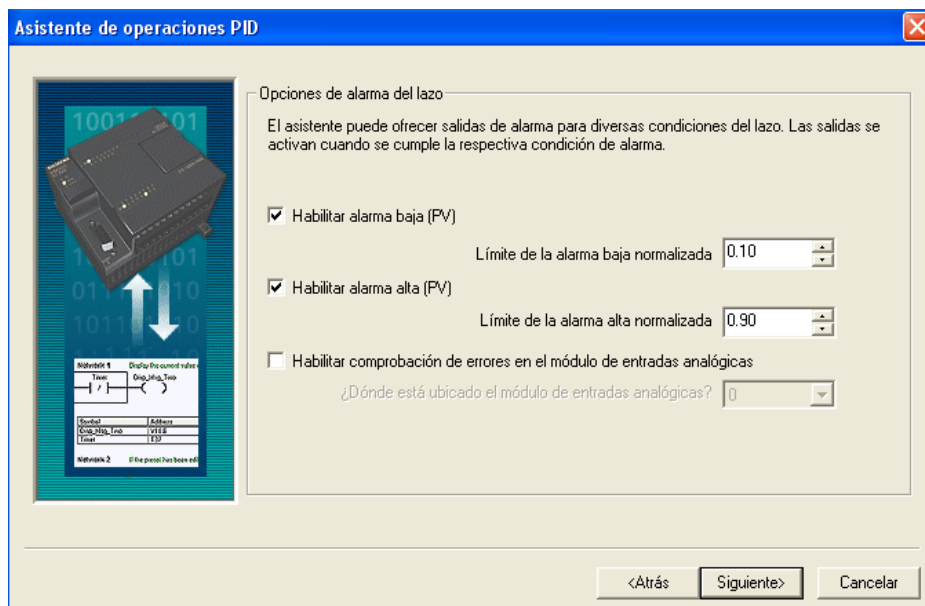


Figura 2. 12 Pantalla para activar la alarmas

- En la pantalla de la figura 2.13 le asignamos una dirección de memoria para que se configure el lazo PID en la programación.

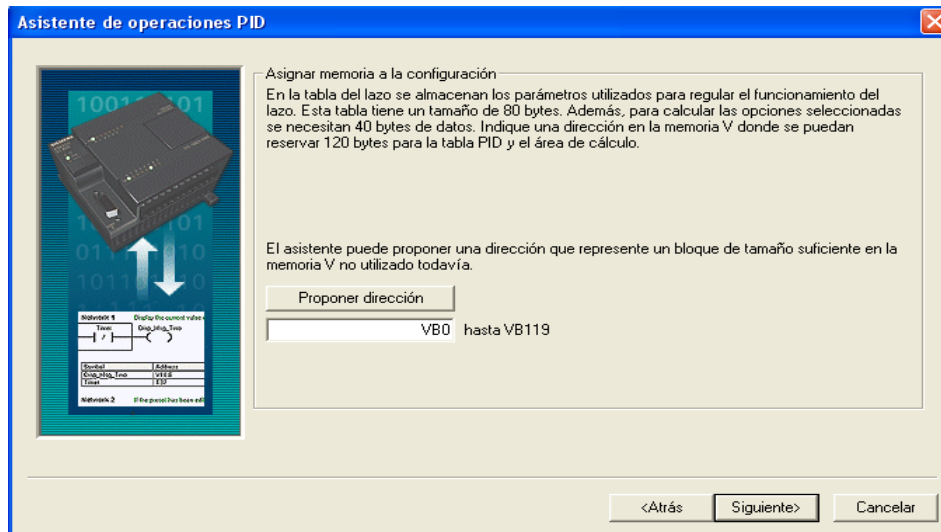


Figura 2. 13 Pantalla para asignar una dirección de memoria en el lazo PID

- En la pantalla de la figura 2.14 por medio del asistente de operaciones crea una subrutina para poder inicializar la configuración del lazo PID seleccionada.

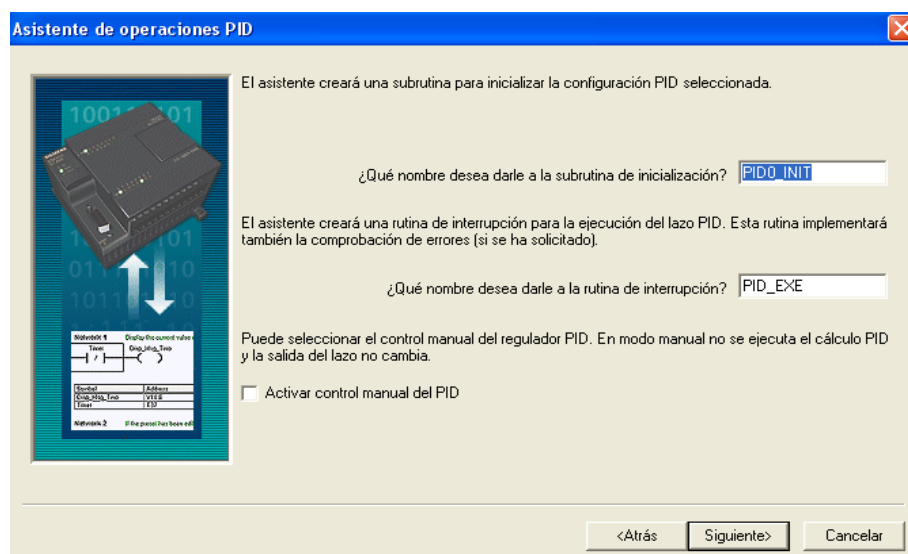


Figura 2. 14 Pantalla para crear la subrutina del PID

- Para finalizar la configuración del control de lazo PID se despliega la pantalla de la figura 2.15 con un resumen de los componentes de la subrutina configurada anteriormente.

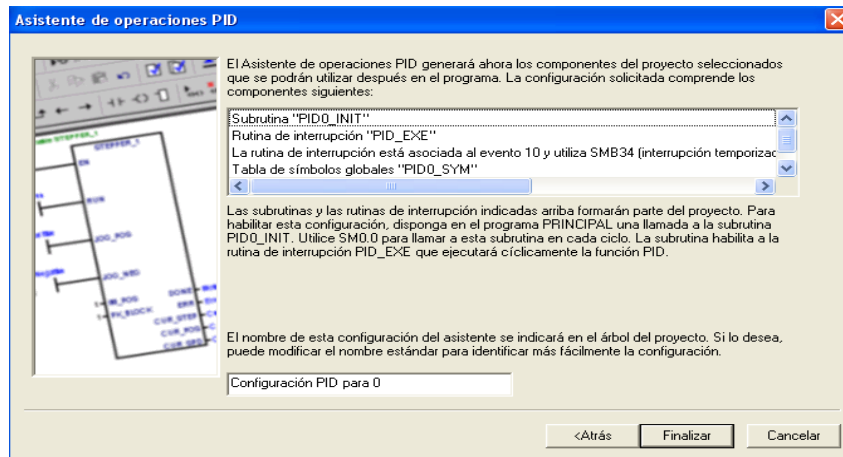


Figura 2. 15 Pantalla final donde queda completamente configurado el PID

- Una vez finalizada la configuración se puede entonces buscar la subrutina de control PID en la ventana principal del entorno de programación STEP 7-Micro/WIN mostrada en la figura 2.16 en la parte izquierda, donde se encuentra el árbol de operaciones en la parte de subrutinas, se despliega como PID0_INIT (SBR1), de donde se puede arrastrarlo hacia la pantalla de programación KOP.

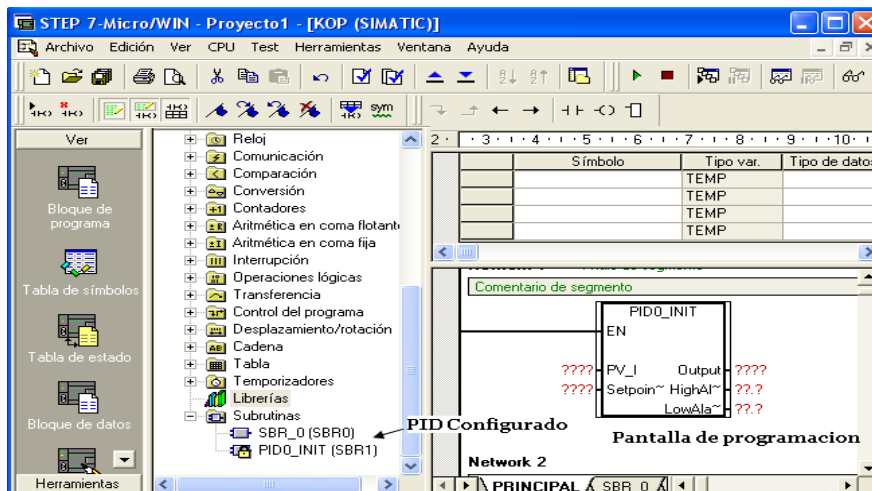


Figura 2. 16 PID configurado y listo para la programación en bloques

- El desarrollo del programa principal para controlar un sistema de flujo de agua esta principalmente conformado por un lazo PID que es manipulado de acuerdo a las necesidades del usuario, para implementar cualquiera de los modos de control descritos en este proyecto, también presenta la posibilidad de mostrar alarmas y notar error de conexión en el transmisor dando una respuesta segura al evento y un respectivo aviso en pantalla, este programa es capaz de interactuar con una HMI programada en una touch screen para ser configurado y monitoreado fácilmente.

El programa puede apreciarse en su totalidad en el ANEXO D.

- Al realizar el programa principal se crean tres tipos de tablas de direcciones en el árbol de operaciones, la tabla de símbolos de usuario mostrada en la tabla 2.1 con su respectivo símbolo, dirección y comentario, la tabla UOP mostrada en la tabla 2.2, se crea automáticamente cuando se configura el lazo de control PID y la tabla PID0 mostrada en la tabla 2.3 que de igual manera se crea automáticamente al configurar el lazo de control PID.

Tabla 2. 1 Tabla de símbolos de usuario

Símbolo	Dirección	Comentario
ACK_HH	V106.0	Acuse de alarma en alto alto
ACK_H	V106.1	Acuse de alarma en alto
ACK_L	V106.2	Acuse de alarma en bajo
ACK_LL	V106.3	Acuse de alarma en bajo bajo
ATI	V106.4	Fija 99,9 min. a Ti
ATD	V106.5	Fija 0.0 min. a Td
FALLA	V106.6	Falla de transmisor (desconectado)
M_A	V106.7	Cambio de modo en HMI
EN_HH	V107.0	Activa alarma HH
EN_H	V107.1	Activa alarma H
EN_L	V107.2	Activa alarma L
EN_LL	V107.3	Activa alarma LL
M_P	V107.4	Indica funcionamiento del la bomba
SP	VD100	Valor de consigna
KP	VD108	Ganancia Proporcional
TI	VD120	Tiempo Integral
TD	VD124	Tiempo Derivativo
PV	VW104	Variable de proceso
ALM_HH	VW112	Escalamiento HH
ALM_H	VW114	Escalamiento H
ALM_L	VW116	Escalamiento L
ALM_LL	VW118	Escalamiento LL
AUX_HH	VW128	Valor de alarma alto alto
AUX_H	VW130	Valor de alarma alto
AUX_L	VW132	Valor de alarma bajo
AUX_LL	VW134	Valor de alarma bajo bajo
AUX	VW136	Auxiliar para operaciones aritméticas
PV1	VW138	Pv auxiliar
PV_ALM	VW140	Escalamiento para alarmas
CONEXIÓN	VW142	Indica si hay conexión con el panel

Tabla 2. 2 Tabla de símbolos UOP

Símbolo	Dirección	Comentario
SBR_0	SBR0	COMENTARIOS DE LA SUBROUTINA
PID0_INIT	SBR1	Esta unidad de organización del programa (UOP) fue creada con la función PID del asistente de operaciones S7-200.
INT_0	INT0	COMENTARIOS DE LA RUTINA DE INTERRUPCIÓN
PID_EXE	INT1	Esta unidad de organización del programa (UOP) fue creada con la función PID del asistente de operaciones S7-200.
PRINCIPAL	OB1	PROGRAMACIÓN PARA MÓDULO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE FLUJO DE AGUA

Tabla 2. 3 Tabla de símbolos PID0

Símbolo	Dirección	Comentario
PID0_D_Counter	VW80	
PID0_D_Time	VD24	Tiempo de acción derivativa
PID0_I_Time	VD20	Tiempo de acción integral
PID0_SampleTime	VD16	Tiempo de muestreo (para modificarlo, ejecute de nuevo el asistente PID)
PID0_Gain	VD12	Ganancia del lazo
PID0_Output	VD8	Salida del lazo normalizada y calculada
PID0_SP	VD4	Consigna de proceso normalizada
PID0_PV	VD0	Variable del proceso normalizada
PID0_Table	VB0	Dirección inicial de la tabla del lazo PID 0

Cada tabla nos indica su respectiva dirección para poder comunicarnos con el software WinCC a así poder controlar por medio del HMI el proceso de control de flujo de agua.

2.5 Desarrollo de HMI para sintonización y registro del sistema.

Una Interfaz Hombre-Máquina (HMI) amigable entre el módulo y el operador es muy importante para que éste sea verdaderamente didáctico, es por esto que se procede a realizar una HMI en la cual se pueda

visualizar la respuesta que el controlador implementado y las señales tomadas en el campo de una forma clara y sencilla, como cambios de la variable de proceso o cambios de setpoint, Las señales del proceso son transmitidas al HMI por medio de dispositivos de entrada/salida, PLC's (Controladores Lógicos Programables), RTU (Unidades Remotas de I/O) o Drivers (Variadores de velocidad de motores) como se ve en la figura 2.17. Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

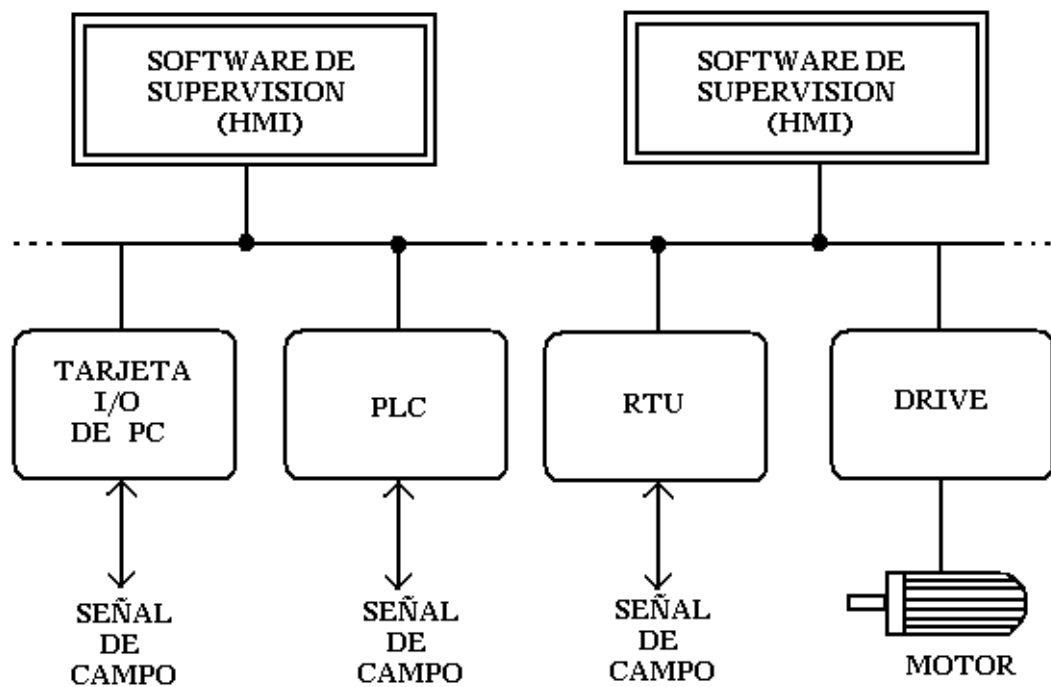


Figura 2. 17 Dispositivos que conforman un HMI

2.5.1 Funciones de Software HMI

- **Monitoreo.** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permiten una lectura más fácil de interpretar.
- **Supervisión.** Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del procesos directamente desde la computadora.

- **Alarmas.** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- **Control.** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites.
- **Históricos.** Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

2.5.2 Tareas de un Software HMI

- ✓ Permite una comunicación con dispositivos de campo.
- ✓ Actualiza una base de datos dinámica con las variables de proceso.
- ✓ Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados.
- ✓ Permite que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF o ajustes continuos con el mouse o teclado.
- ✓ Supervisar niveles de alarmas y alerta/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.
- ✓ Almacenar los valores de las variables para el análisis estadístico y control.
- ✓ Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

En el desarrollo de la **HMI** (Interfaz Humano-Máquina) para la sintonización y registro del sistema del proyecto a través de sistemas computacionales se ocupó el Software **WinCC Flexible Advanced** (Windows Control Center para Windows).

2.5.3 Descripción del Software WinCC Flexible Advanced.

2.5.3.1 Software de desarrollo del Proyecto WinCC

WinCC es un aplicación software IHMI (Integrated Human Machine Interface) que integra el software de controlador de planta en el proceso de automatización. Los componentes de WinCC permiten integrar sin problemas aplicaciones nuevas o ya existentes.

WinCC combina la arquitectura de las aplicaciones de Windows con la programación entornos gráficos, e incluye varios elementos destinados al control y supervisión de procesos.

El entorno de ingeniería de proyectos de WinCC engloba:

- **Dibujos** - para diseñar representaciones de planta
- **Estructura de archivos** – para guardar datos/eventos marcados con fecha y hora en una base de datos SQL.
- **Generador de informes** – para generar informes sobre los datos solicitados
- **Administración de datos** – para definir y recopilar datos de toda la planta
- Tiempo de ejecución de WinCC

Permite a los operarios interactuar con la aplicación directamente en la máquina o desde un centro de control.

2.5.3.2 Inicio del WinCC Flexible

WinCC flexible se inicia desde el icono mostrado en la figura 2.18 este está ubicado en el escritorio del equipo de configuración o desde el menú de inicio de Windows.



Figura 2. 18 Icono de WinCC flexible 2008

2.5.3.3 Interfaz de usuario de WinCC flexible

Página inicial del entorno de WinCC flexible mostrada en la figura 2.19, en la que se puede identificar las siguientes opciones.

- Abrir último proyecto procesado.
- Crear proyecto nuevo con el asistente de proyectos.
- Abrir proyecto existente.
- Crear proyecto vacío.
- Abrir proyecto Pro Tool.

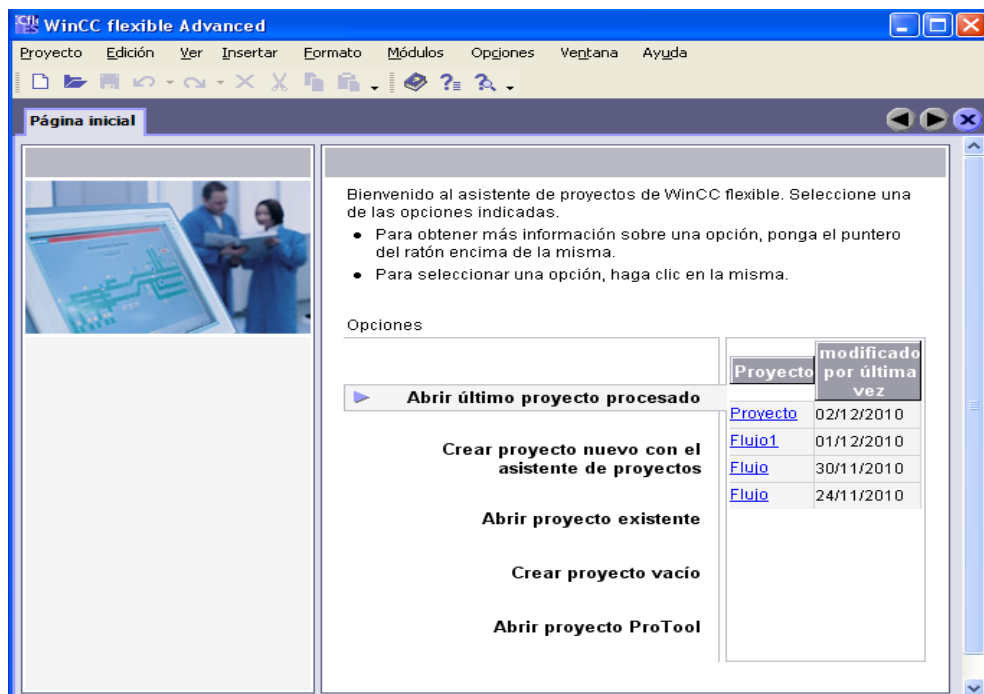


Figura 2. 19 Pagina inicial de WinCC Flexible

Para empezar a programar se debe seleccionar el tipo de panel de operador que será utilizado como se muestra en la figura 2.20, a partir de esto el software limita las distintas funciones y herramientas para el desarrollo del HMI.



Figura 2. 20 Selección del panel del operador

2.5.3.4 Elementos y entorno principal de la interfaz en WinCC.

WinCC flexible se compone de varios elementos que son mostrados en la figura 2.21.

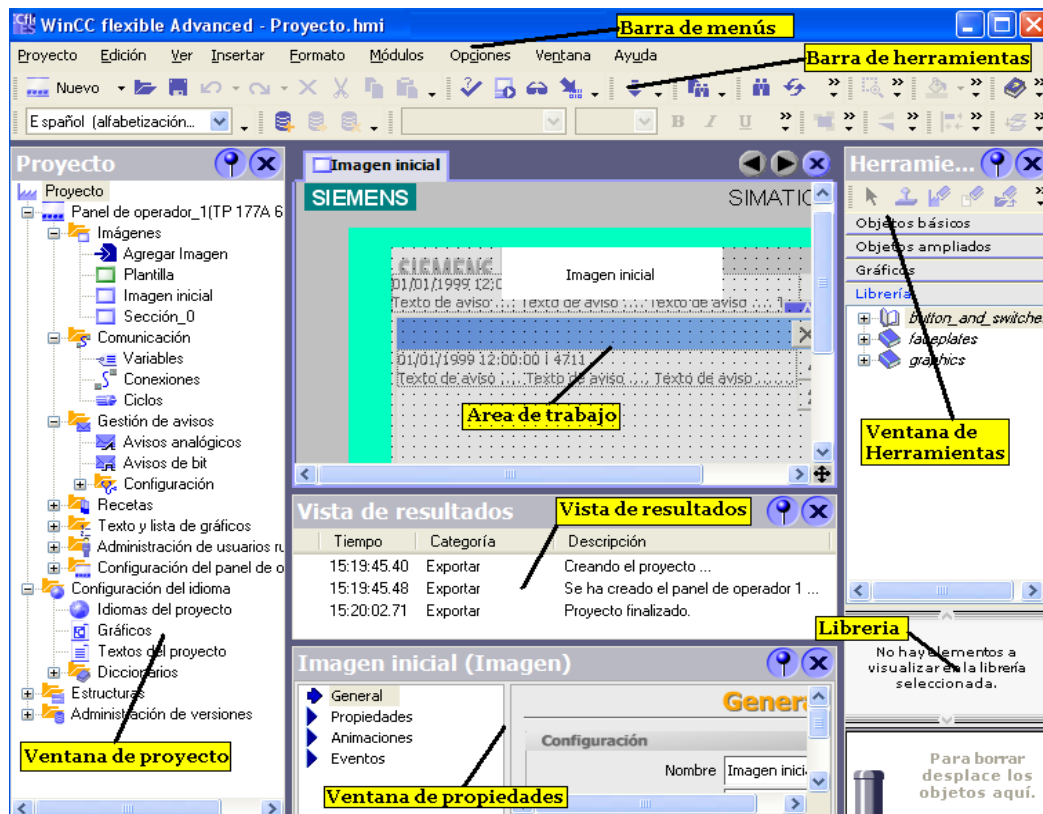


Figura 2. 21 Entorno WinCC con sus elementos

Descripción de los elementos

- **En los menús y barras de herramientas** se encuentran todas las funciones necesarias para configurar el panel de operador. Los comandos o las barras de herramientas específicos del editor sólo son visibles si el editor correspondiente está activo.

Si coloca el puntero sobre un comando, obtendrá información acerca de su función, como muestra la figura 2.22 siguiente.

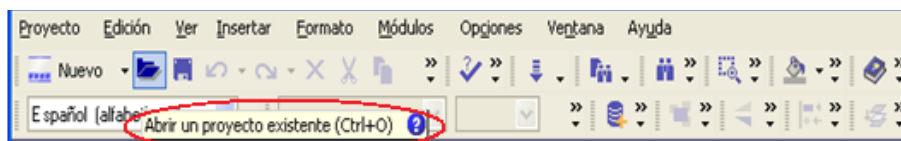


Figura 2. 22 Barra de herramientas y menús

La tabla 2.4 explica las funciones de la barra de menús existente en el software de programación WinCC flexible.

Tabla 2. 4 Cuadro de funciones del menú

Menú	Descripción
Proyecto	Contiene comandos para administrar proyectos
Edición	Contiene comandos para operar con el portapapeles y funciones de búsqueda.
Ver	Contiene comandos para abrir y cerrar los distintos elementos, así como ajustes para zoom y niveles. Desde el menú "Ver" es posible abrir de nuevo un elemento cerrado.
Insertar	Contiene comandos para insertar objetos nuevos.
Formato	Contiene comandos para disponer y dar formato a objetos de una imagen.
Bloques de imagen	Contiene comandos para crear y editar bloques de imagen.
Herramientas	Contiene, entre otros, comandos para cambiar el idioma de la interfaz de usuario y para modificar la configuración estándar de WinCC flexible.
Script	Contiene comandos para la sincronización y la comprobación de sintaxis de scripts.
Ventana	Contiene comandos para administrar diversas vistas en el área de trabajo, por ejemplo, para saltar de una vista a otra.
Ayuda	Contiene comandos para acceder a las funciones de ayuda.

- **En el área de trabajo** se editan los objetos del proyecto, como se muestra en la figura 2.23. Todos los elementos de WinCC flexible se agrupan en torno al área de trabajo. A excepción del área de trabajo, todos los elementos se pueden disponer y configurar en función de las necesidades del usuario.

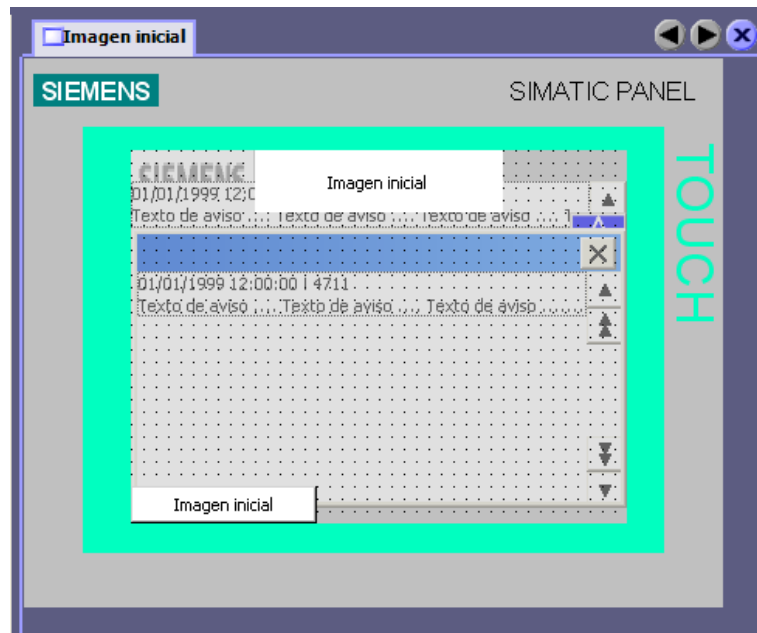


Figura 2. 23 Área de trabajo

- **Ventana de proyecto** todos los componentes y editores disponibles de un proyecto se visualizan en la ventana de proyecto en forma de árbol y se pueden abrir desde allí. Como subelementos de cada editor, se pueden observar carpetas que permiten almacenar los objetos de forma estructurada. Además, en el caso de las imágenes, recetas, scripts, informes y diccionarios de usuario se puede acceder directamente a los objetos configurados como se puede observar en la figura 2.24.

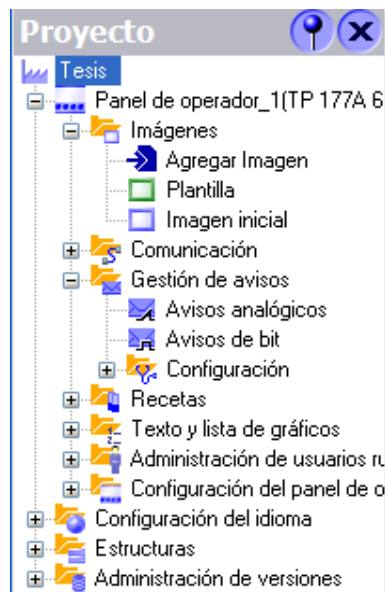


Figura 2. 24 Ventana de proyecto

- **Ventana de propiedades** en esta ventana que se muestra en la figura 2.25 se puede configurar apariencia, comportamiento, animaciones, eventos que pueda tener una imagen u objeto que este siendo programado.

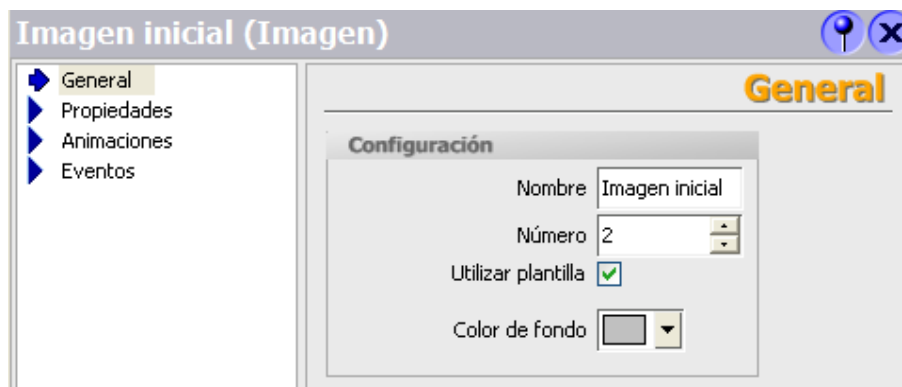


Figura 2. 25 Ventana de propiedades

- **La ventana de herramientas** contiene una selección de objetos que se pueden insertar en las imágenes, como por ejemplo, los objetos gráficos o los elementos de mando. Asimismo, la ventana de herramientas que se muestra en la figura 2.26 dispone de

librerías con objetos ya preparados, así como de colecciones de bloques de imagen.

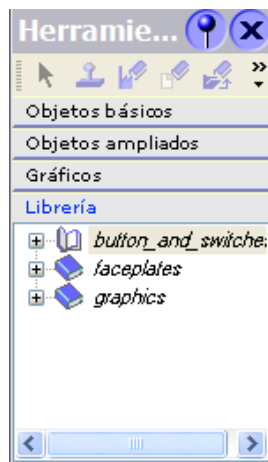


Figura 2. 26 Ventana de herramientas

- **La librería** forma parte de la ventana de herramientas. En la librería se accede a los objetos de imagen configurados con anterioridad. Los objetos de librería amplían la cantidad de objetos de imagen disponibles y aumentan la efectividad de la configuración gracias a la posibilidad de reutilizar objetos ya disponibles. En una librería se almacenan de forma centralizada los objetos que se necesitan con frecuencia, por ejemplo los objetos de imagen y las variables.
- **La ventana de resultados** mostrada en la figura 2.27 indica avisos del sistema generados, por ejemplo al compilar o transferir un proyecto.

Vista de resultados		
Tiempo	Categoría	Descripción
09:22:16.96	Exportar	Creando el proyecto ...
09:22:17.04	Exportar	Se ha creado el panel de operador 1 ...
09:23:02.96	Exportar	Proyecto finalizado.

Figura 2. 27 Ventana de resultados

2.6 Desarrollo del HMI

El desarrollo de la HMI del proyecto está diseñado de manera que, quien este el frente del módulo sea fácil de entender, monitorear, supervisar y controlar el sistema.

Para facilitar al operador con las operaciones del HMI se desarrollo un sistema de pantallas con el software WinCC Flexible, para el monitoreo y control del módulo, cada una de estas pantallas tienen los siguientes parámetros:

- Pantalla de inicio.
- Ventana de inicio de sesión.
- Pantalla de configuración.
- Pantalla de Menú.
- Configurar modos de control.
- Administración de usuarios.
- Configuración del panel.
- Sintonización y monitoreo.

2.6.1 Pantalla principal.

La pantalla inicial es la representación de la estación de control de flujo del proyecto y tiene la opción de iniciar sesión, mostrada en la figura 2.28.

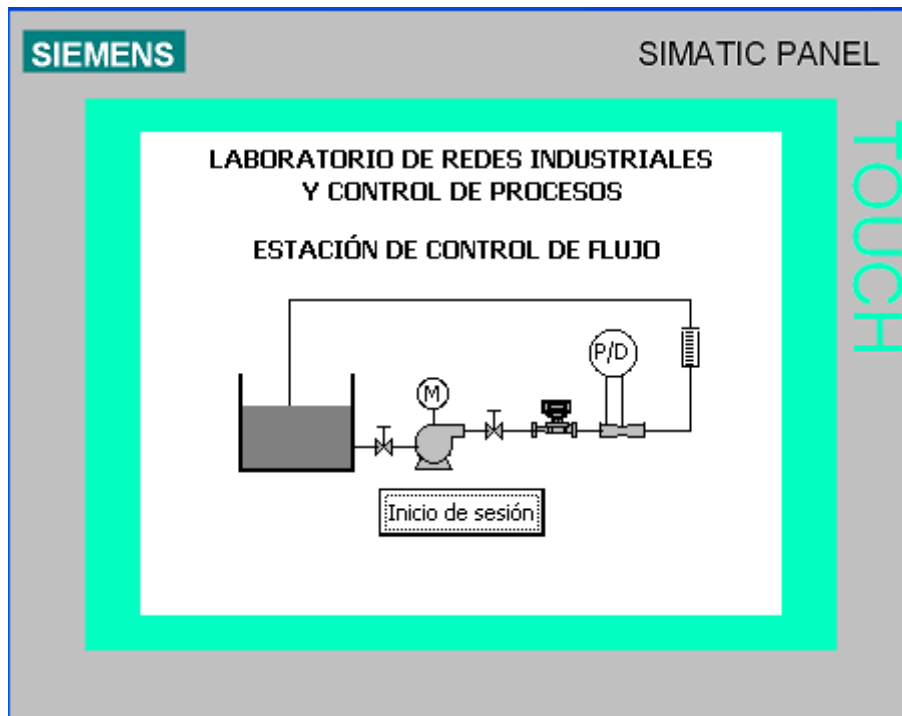


Figura 2. 28 Pantalla Inicial

2.6.2 Ventana de inicio de sesión.

Para poder ingresar a la siguiente pantalla se debe iniciar sesión con un nombre de usuario y contraseña, esto se debe a que en un sistema de control se debe procurar que un proceso funcione correctamente y de forma segura, es decir, da prioridades de uso a los usuarios que se quieran ingresar al sistema ya sea como administrador u operador, lo que permite ingresar solo a personal autorizado que vaya a configurar, sintonizar y monitorear o solamente monitorear, de tal forma que quien tenga privilegios de “administrador” pueda realizar cambios y configuraciones para que el proceso funcione de una determinada manera, mientras que quien inicie sesión como “operador” solo tiene la posibilidad de realizar monitoreo del proceso y reconocimiento de alarmas en caso de existir, la ventana de inicio de sesión es la ventana flotante que se muestra en la figura 2.29.

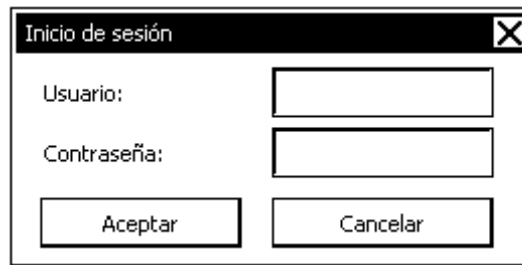


Figura 2. 29 Ventana de inicio de sesión

2.6.3 Pantalla de principal (Administrador/Operador).

Al ingresar nombre de usuario “**Admin**” y la contraseña “*labinst*” en la ventana de inicio de sesión provoca que aparezca el nombre de usuario en el centro del diagrama y además la opción para pasar al menú de configuración como muestra la figura 2.30 y así poder cambiar los diferentes parámetros para el proceso.

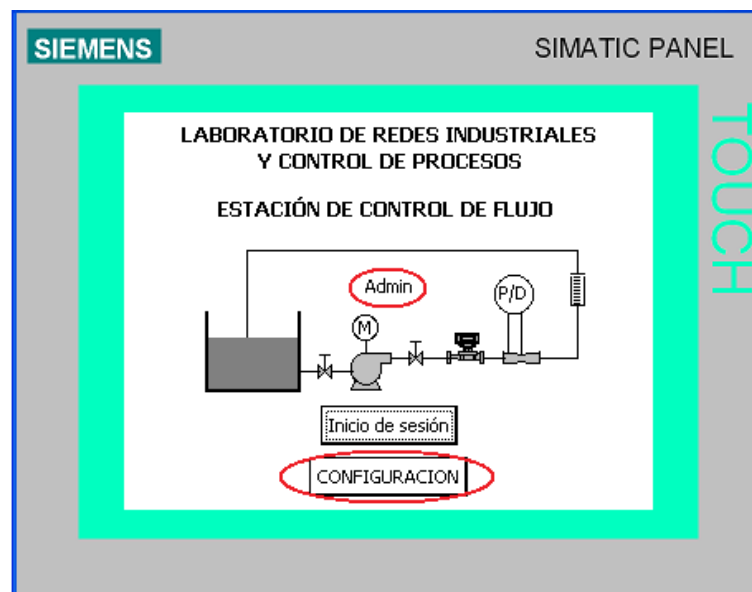


Figura 2. 30 Pantalla Principal de Administrador

Cuando el usuario que inicia sesión lo hace como operador, es decir con nombre de usuario “**Operador**” y contraseña “*flujo*”, en este caso aparece el nombre del usuario en el centro del diagrama y además cambia la opción a seguir dejando como única opción la de monitoreo, como

muestra la figura 2.31, esto se debe a que un operador no puede realizar los mismos procedimientos que lo hace una persona a nivel de ingeniería.

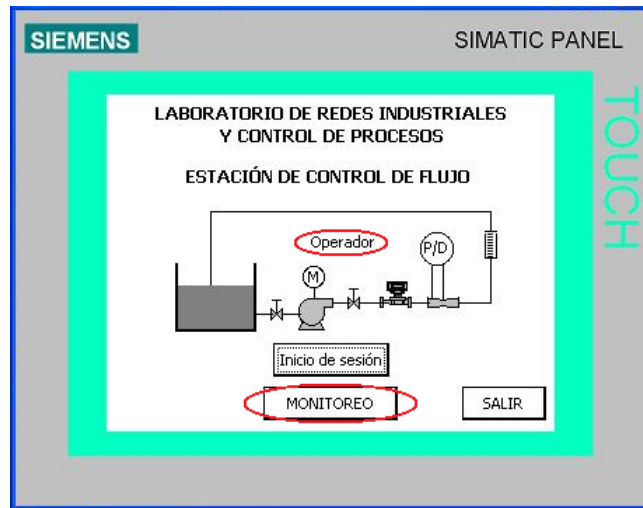


Figura 2. 31 Pantalla Principal de Operador

2.6.4 Pantalla de menú.

Al ingresar a la configuración se despliega el siguiente menú de la figura 2.32, el cual da la posibilidad de configurar modo de control, sintonización y monitoreo, administración de usuarios, configuración del panel.

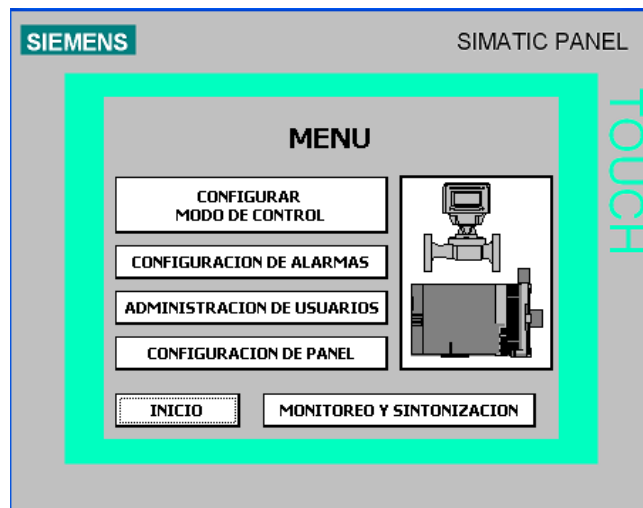


Figura 2. 32 Pantalla de menú principal para configurar distintos parámetros del sistema

2.6.5 Pantalla para configurar modos de control

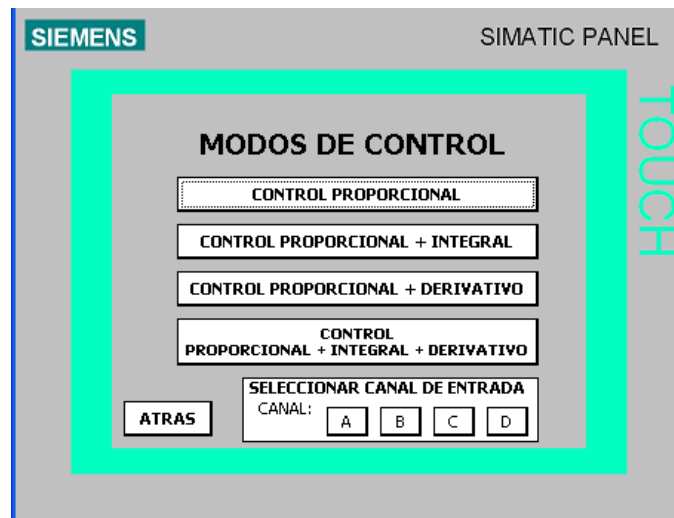


Figura 2. 33 Pantalla para acceder a los modos de control

En la pantalla mostrada en la figura 2.33 se tiene las diferentes opciones de control que se puede configurar en el módulo, además de poder escoger el canal de entrada para la señal.

2.6.6 Pantalla de configuración de alarmas.

A la pantalla que se muestra en la figura 2.34, se puede ingresar desde el menú principal y así asignarle las alarmas que lo requiera el usuario.

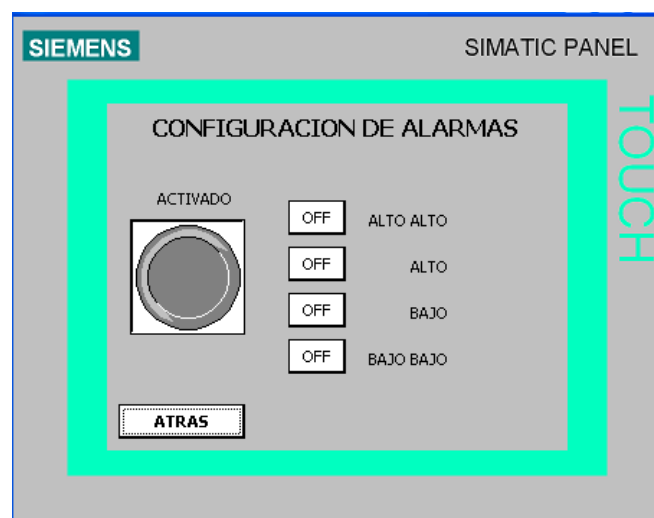


Figura 2. 34 Pantalla de configuración de alarmas

2.6.7 Pantalla de administración de usuarios.

Esta pantalla de la figura 2.35 brinda la posibilidad de mirar los usuarios que tiene el sistema, configurar más usuarios, restringir o dar privilegios de administración, además asignarles un tiempo de desconexión a cada uno en caso de inactividad.



Figura 2. 35 Pantalla de administración de usuarios

2.6.8 Pantalla de configuración del panel.

Esta pantalla brinda la posibilidad de ajustar contraste, calibrar pantalla o limpiar pantalla tal como se muestra en la figura 2.36 siguiente.

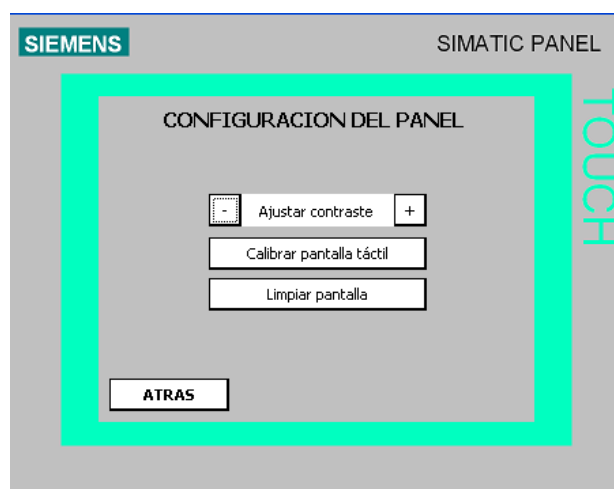


Figura 2. 36 Pantalla de configuración del panel

2.6.9 Pantalla de sintonización y monitoreo.

En la pantalla monitoreo y sintonización que se muestra en la figura 2.37 se accede a la pantalla mostrada a continuación en donde se muestran las señales y valores del proceso.

También se puede visualizar el estado de funcionamiento y presenta un aviso de error de falla en el transmisor si es el caso.

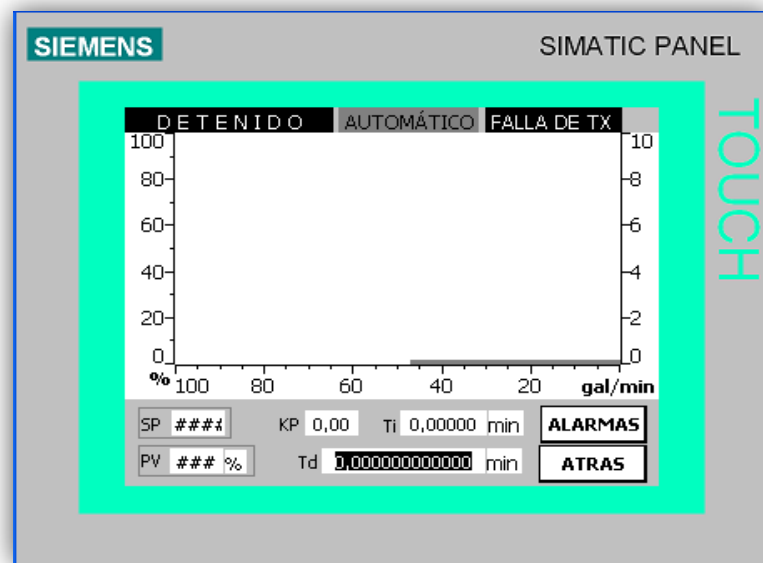


Figura 2. 37 Pantalla de monitoreo y sintonización (Administrador)

Para el caso del operador mostrado en la figura 2.38 las opciones de pantalla de monitoreo cambia, ya que se deshabilita la posibilidad de cambiar los valores de los parámetros de sintonización, dejando visible el setpoint, la variable de proceso y además la opción para reconocimiento de alarmas.

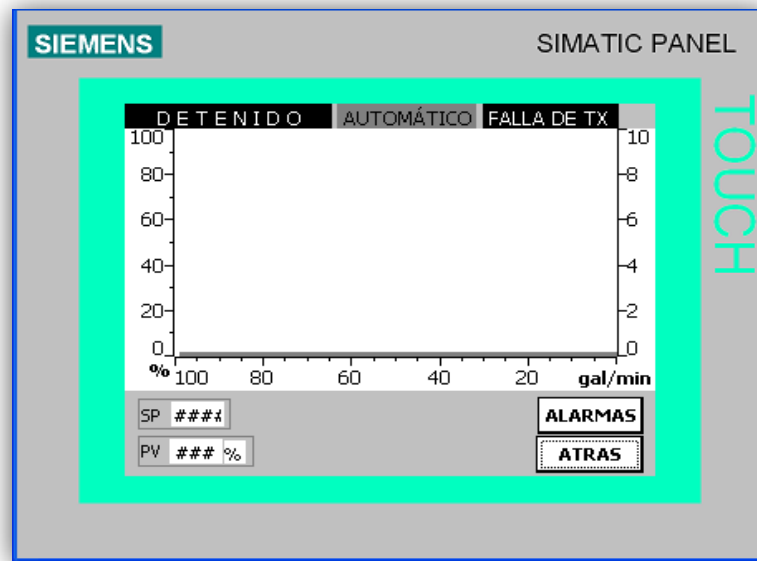


Figura 2. 38 Pantalla de monitoreo (Operador)

2.7 Programación de la Touch Screen.

La programación de la Touch Screen es realizada en WinCC flexible, el cual proporciona un entorno de programación gráfico, por medio de este software se configura el panel de operador SIEMENS TP177A de donde esta programación es transferida a la Touch Screen mencionada a través de un medio físicos para la transferencia de datos de información en este caso se utiliza el cable PPI (Interfaz Punto a Punto).

2.7.1 Pasos para seleccionar el panel del operador en la programación

1. Al ingresar al entorno de WinCC, seleccionar crear proyecto nuevo con el asistente de proyectos, como se muestra en la figura 2.39.

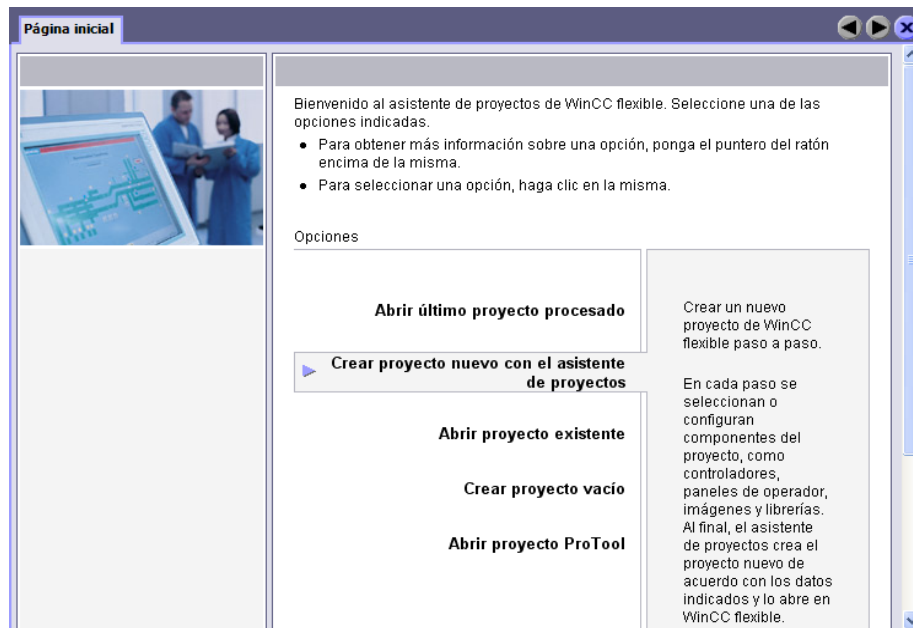


Figura 2. 39 Pagina principal del entorno de WinCC

- Al seleccionarlo el asistente se despliega la ventana siguiente donde permite escoger el tipo de máquina a programar en este caso se escoge máquina pequeña, como se muestra en la figura 2.40.

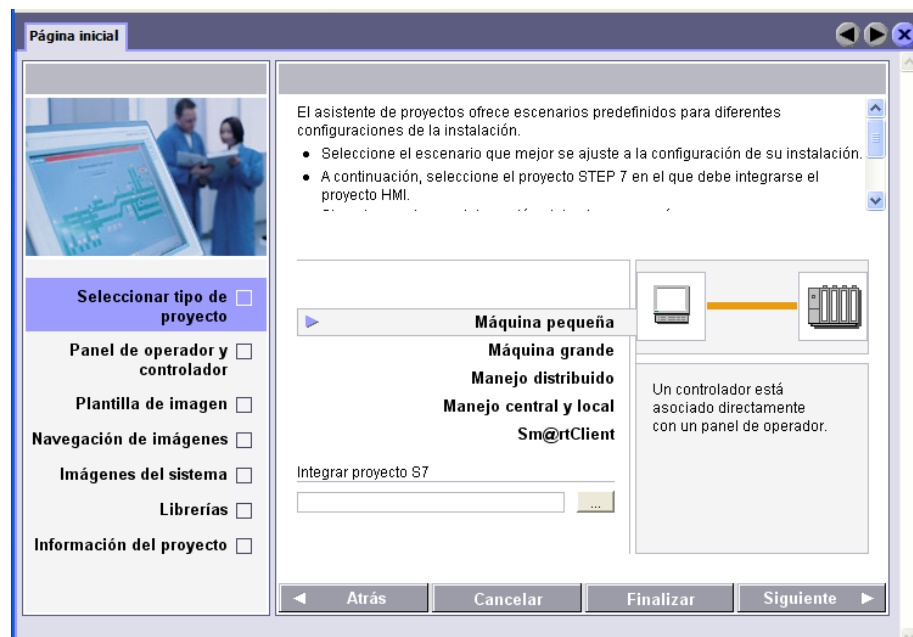


Figura 2. 40 Selección del tipo de máquina para el proyecto

3. Pulsar siguiente y pasar a la ventana de la figura 2.41 donde se selecciona el panel de operador dando doble clic sobre la figura del mismo.

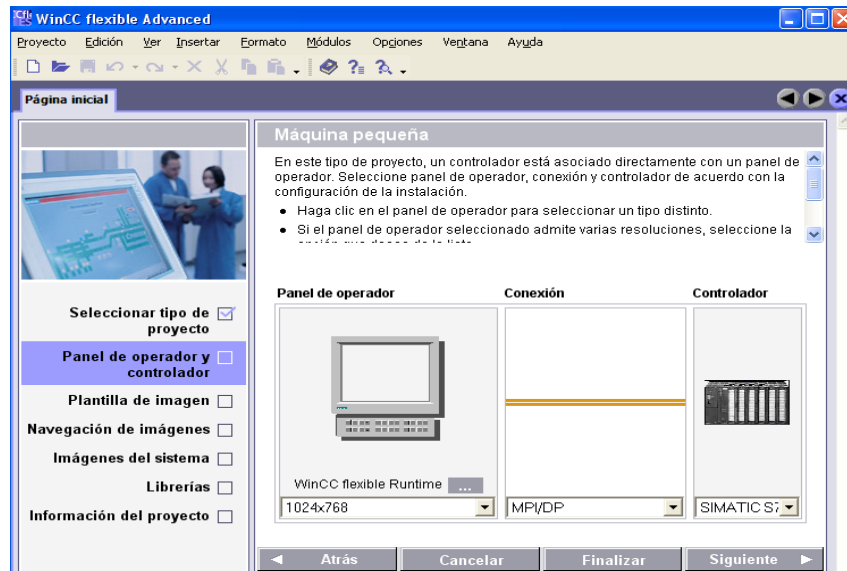


Figura 2. 41 Selección del panel del operador

4. Para seleccionar el panel de operador se debe escoger de la lista que contiene los tipos de paneles como 70, 170, 270 como ilustra la figura 2.42. Entonces escoger 170-TP177A 6" que es el panel utilizado en el sistema.

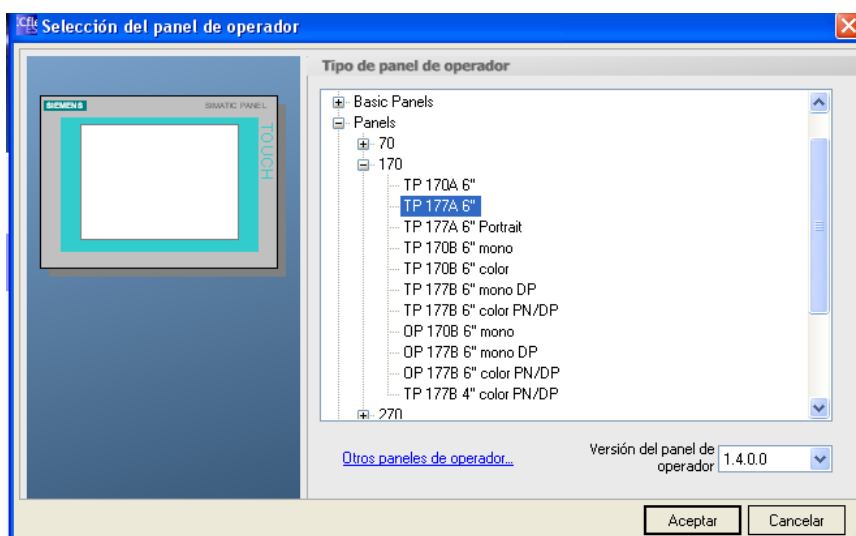


Figura 2. 42 Seleccionamos el panel de operador

- Una vez escogido el panel de operador ahora seleccionar el tipo de controlador con el cual se va a comunicar, como indica la figura 2.43.

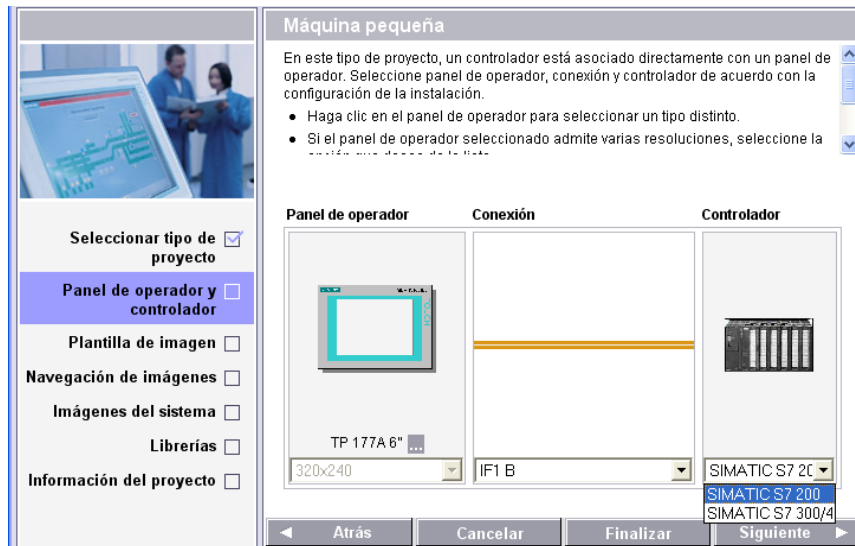


Figura 2. 43 Selección del tipo de controlador y conexión

- El siguiente paso del asistente es dar un título de la imagen, fecha, hora y logotipo de la empresa, como indica la figura 2.44.

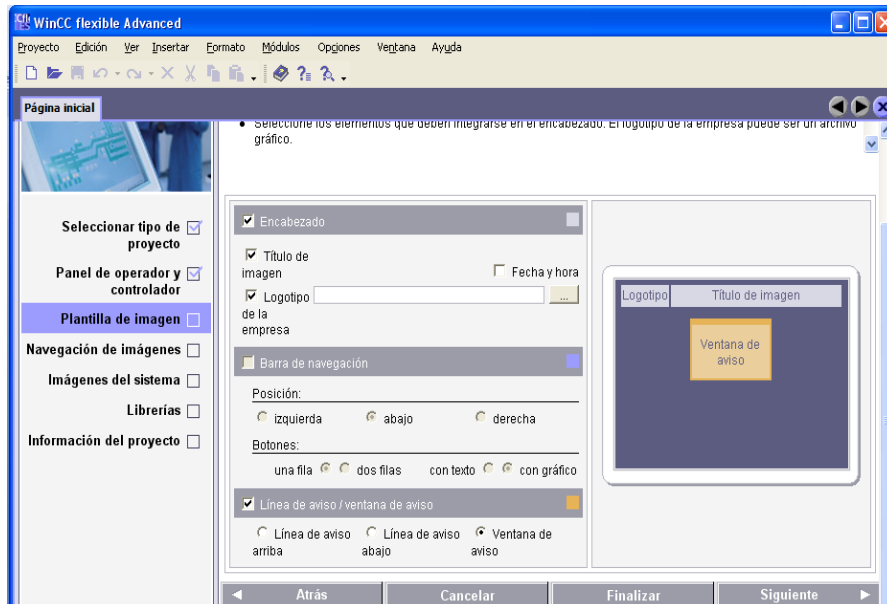


Figura 2. 44 Personalizar plantilla de imagen

7. En la pantalla de la figura 2.45 se puede establecer y crear imágenes que estarán contenidas en el proyecto dando jerarquías y creando conexiones entre sí.

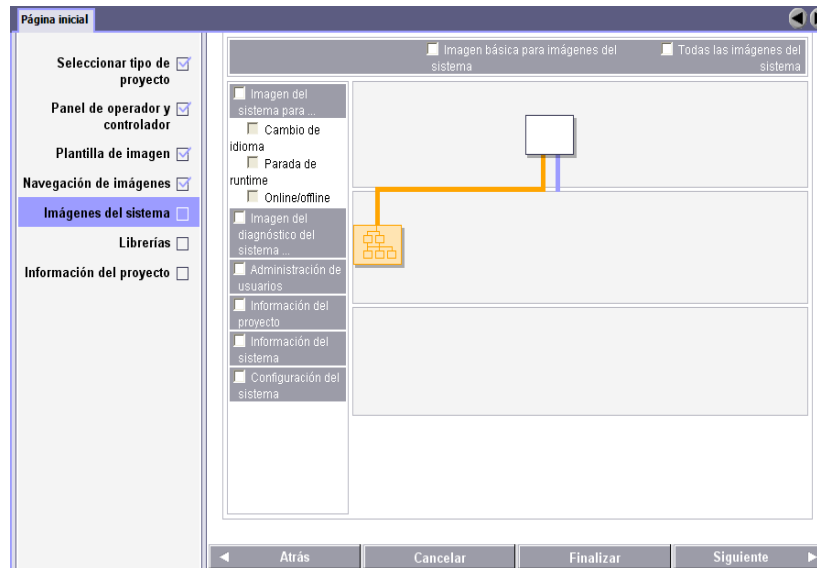


Figura 2. 45 Árbol de organización de imágenes del sistema

8. En el siguiente paso mostrado en la figura 2.46 se tiene la posibilidad de seleccionar librerías como: button and switches, faceplates y graphics en el caso de ser requeridas.

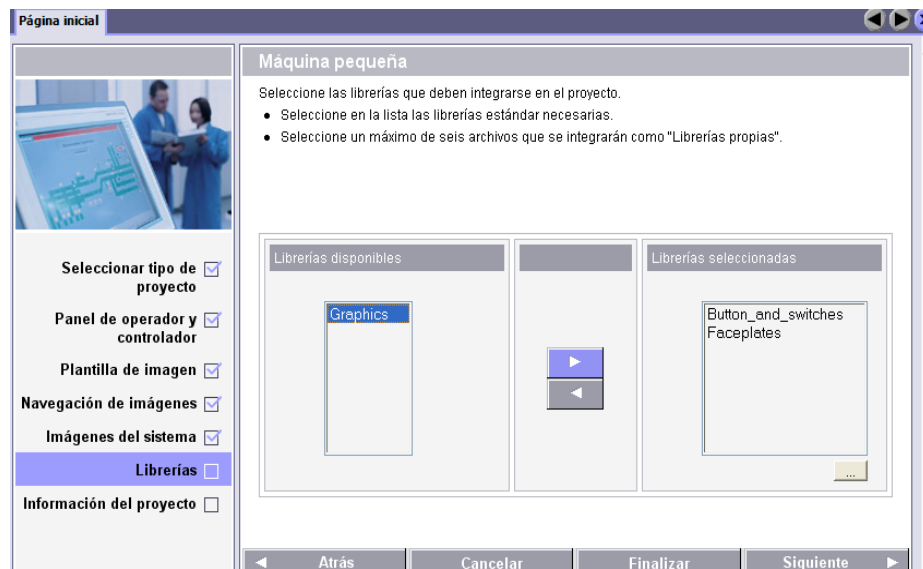


Figura 2. 46 Selección de librerías

9. Para finalizar la configuración con el asistente hay que darle un nombre al proyecto en la ventana mostrada en la figura 2.47.

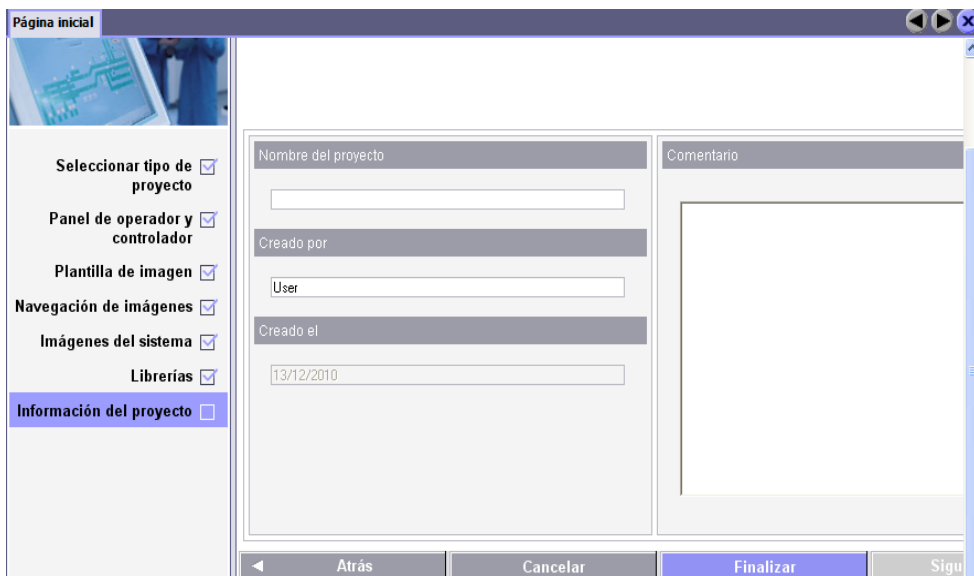


Figura 2. 47 Pantalla final de configuración del panel del operador

2.7.2 Desarrollo de la programación.

Al iniciar ya configurado con el panel del operador en el entorno de WinCC en la ventana de proyectos se crea una plantilla y una imagen (pantalla) en la que se comienza la programación y en los cuales se crean las pantallas que se pueden ver en la ventana de proyecto mostrada en la figura 2.48.

Pantallas o imágenes en la ventana de proyecto.

- ✓ Principal
- ✓ Menú
- ✓ Modos de control
- ✓ Configuración de alarmas
- ✓ Configuración de panel
- ✓ Administración de usuarios
- ✓ Alarmas
- ✓ Monitoreo
- ✓ Control P (proporcional)

- ✓ Control PI (integral)
- ✓ Control PD (derivativo)
- ✓ Control PID (proporcional integral derivativo).

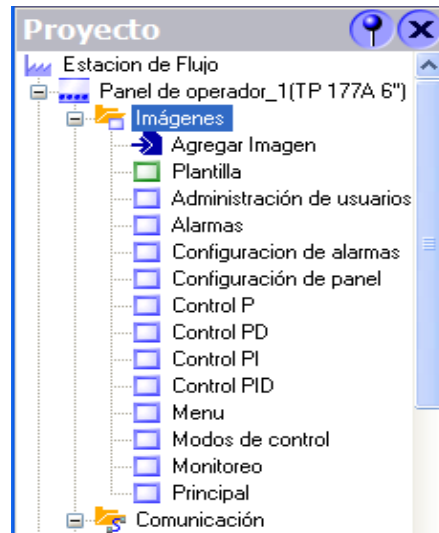


Figura 2. 48 Ventana de proyecto

Pantalla principal muestra el HMI de la figura 2.49 que representa la estación del Flujo y contiene tres botones los cuales tienen las siguientes opciones siguientes.

- **Iniciar sesión**
- **Configuración**
- **Monitoreo**

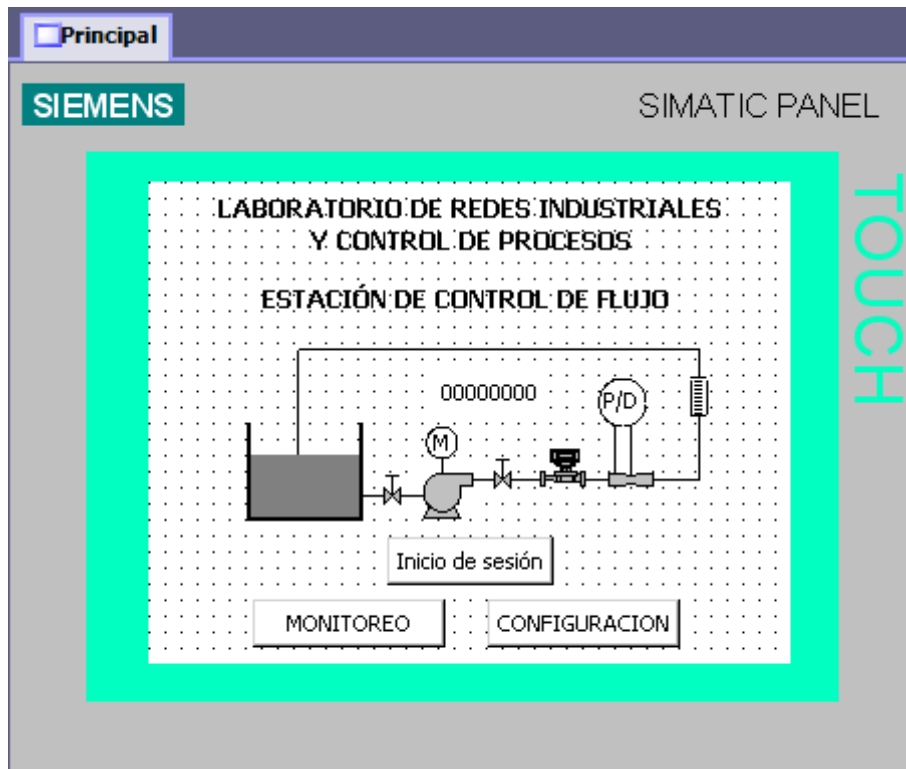


Figura 2. 49 Pantalla principal

Inicio de sesión es programado en la ventana de usuarios mostrada en la figura 2.50, para que al iniciar sesión permita acceder al sistema pidiendo el ingreso obligatorio de un usuario y contraseña, y de esta forma proporcionar cierta seguridad al sistema.

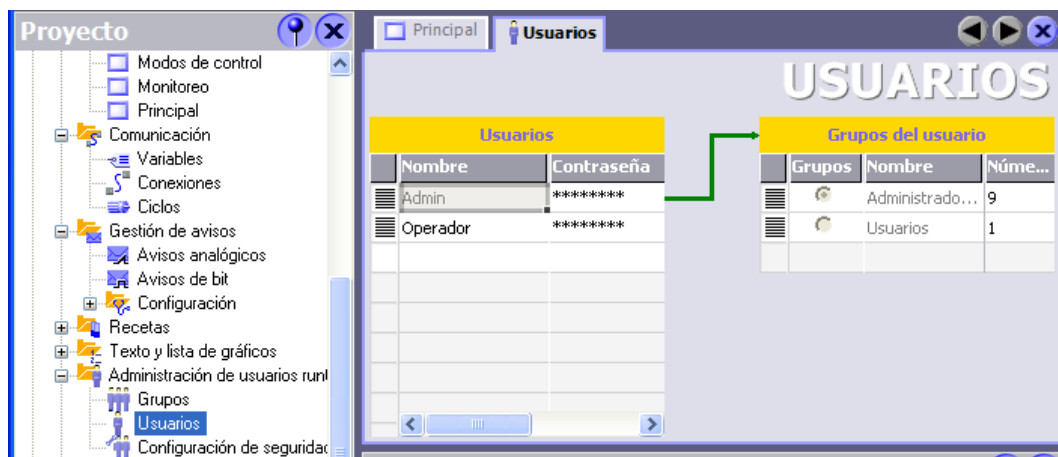


Figura 2. 50 Pantalla de selección de usuario y contraseña

Configuración al pulsar en esta opción se ingresa a una pantalla de menús y esta puede ser manejada solo por un administrador que tiene la opción de cambiar los distintos parámetros del proceso a controlar, el botón se configura en la ventana de propiedades, en donde se le asigna un nombre como muestra la figura 2.51 y también se modifica la visibilidad de este como muestra la figura 2.52, es decir este botón solo es visible si en administrador inicia sesión.

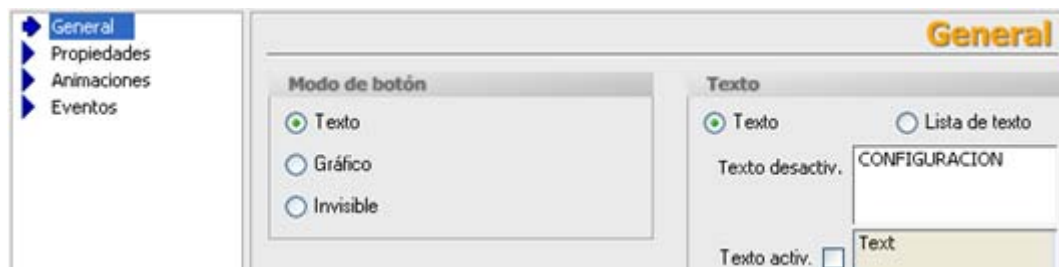


Figura 2. 51 Nombre del botón

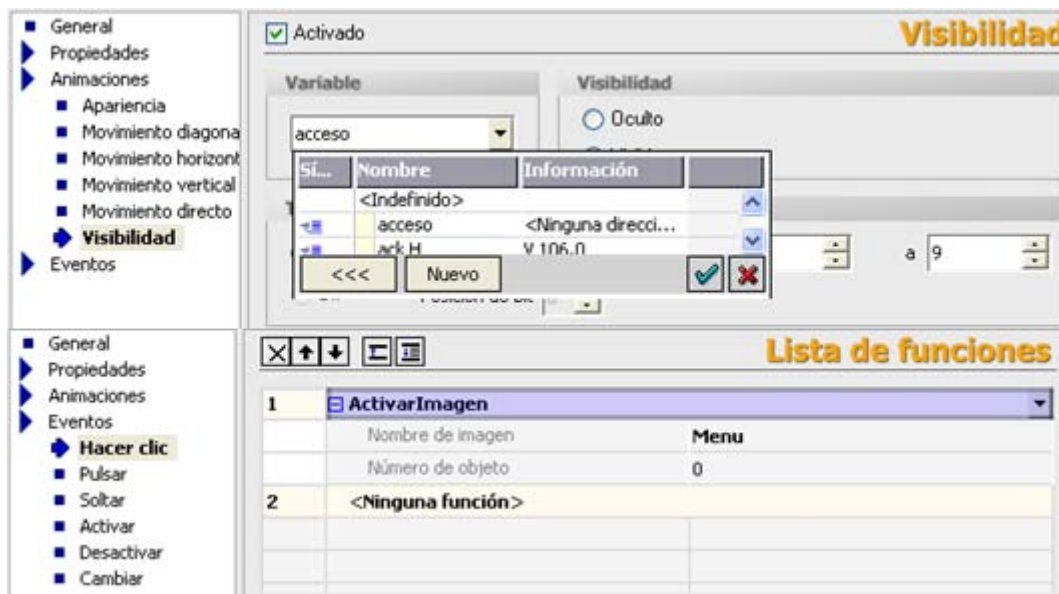


Figura 2. 52 Visibilidad y acción del botón

Monitoreo al ingresar a esta pantalla de monitoreo el operador no tiene la misma prioridad que el administrador ya que ingresa con un perfil en el

cual solo se puede ver lo que está pasando en el proceso y revisar alarmas, se configura de igual manera que el botón de configuración para poder verlo según el usuario del sistema, como muestran las figuras 2.53 y 2.54.

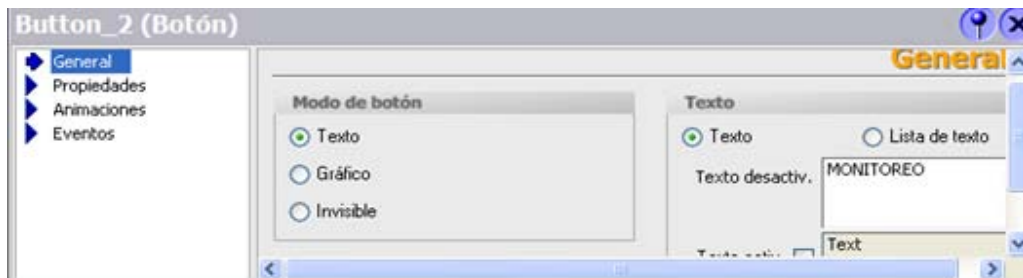


Figura 2. 53 Nombre del botón



Figura 2. 54 Visibilidad y acción del botón

Pantalla de menú en esta pantalla mostrada en la figura 2.56 se insertan seis botones cumplen con las siguientes funciones como:

- Configurar modos de control.
- Configurar alarmas.
- Administración de usuarios.
- Configuración de panel.
- Monitoreo y sintonización.
- Inicio.

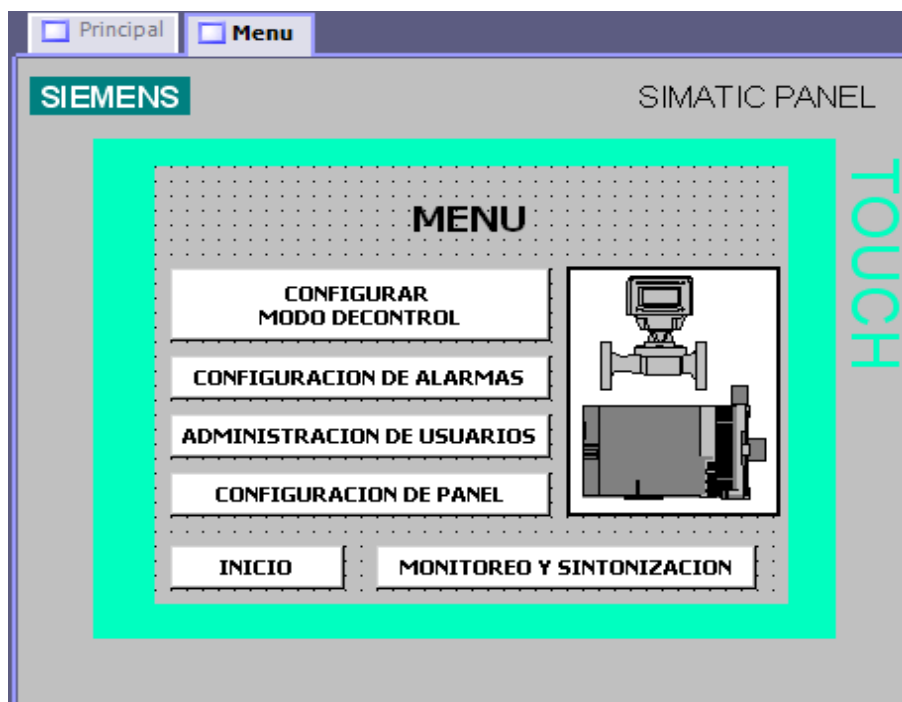


Figura 2. 55 Pantalla de menú

Configurar modos de control es la ventana que se muestra en la figura 2.56 y aparece cuando se pulsa el botón con el mismo nombre en el menú principal se muestra todos los modos de control que pueden ser configurados por el usuario, el botón se lo configura en la ventana de propiedades mostrado en la figura 2.57 asignándole un nombre y que su acción sea activar la imagen modos de control.

En esta ventana además se tiene la opción de configurar el canal de entrada del módulo de entradas analógicas de donde se va a tomar la señal de corriente proveniente de uno de los dos transmisores y sólo funciona un canal a la vez, es necesario activar un canal de entrada ya que de otro modo tendría una falla en el transmisor.

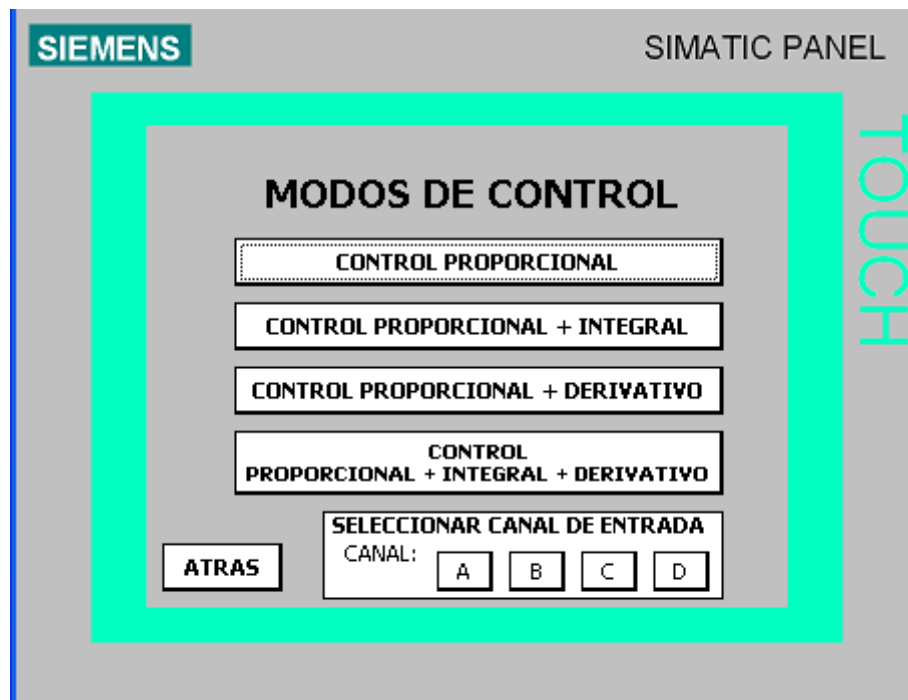


Figura 2. 56 Pantalla de los Modos de control

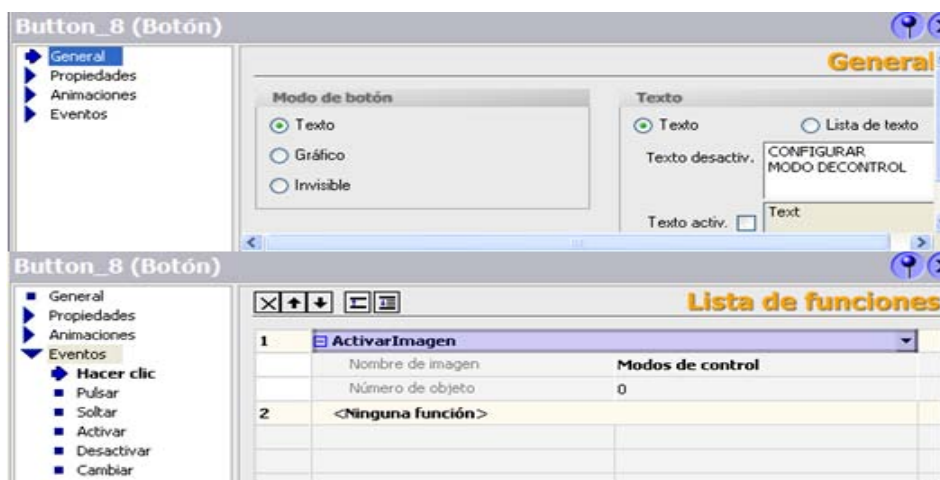


Figura 2. 57 Nombre y acción del botón

Programación de los botones de los modos de control

Control proporcional botón que al pulsar permite ingresar a los siguientes parámetros: setpoint y ganancia, mostrados en la figura 2.58.

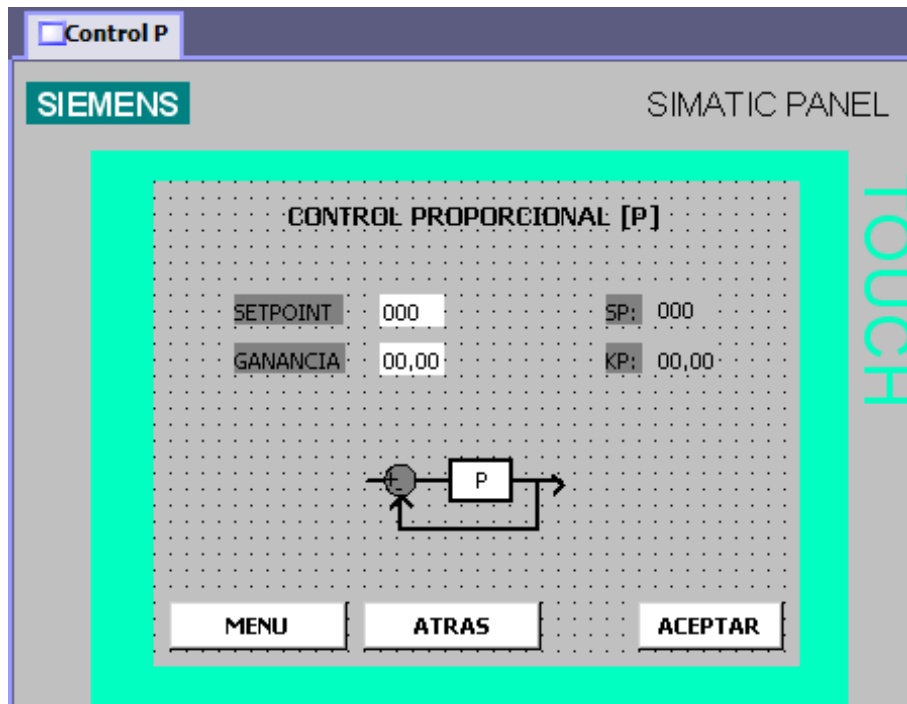


Figura 2. 58 Pantalla del control proporcional

Para la programación del setpoint y ganancia se elige en la ventana de herramientas un objeto básico como es el Campo ES, y entonces en la barra de propiedades que se muestra en la figura 2.59 se configura los siguientes parámetros como: modo, variable, ciclo, tipo de formato y formato representación.

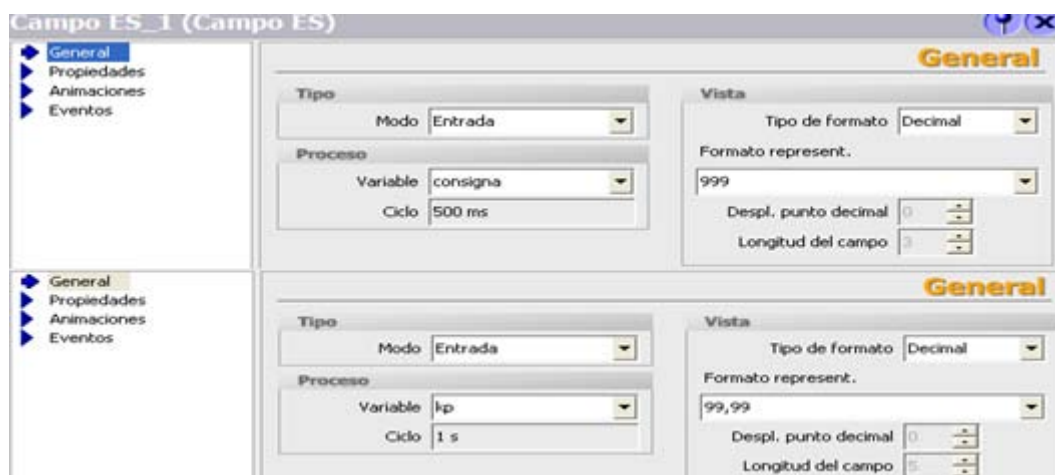


Figura 2. 59 Ventana de propiedades para programar el setpoint y ganancia

Esta configuración a su vez servirá para los siguientes modos de control que se quiera configurar.

Control proporcional integral este botón está designado para ingresar a la pantalla con los siguientes parámetros: setpoint, ganancia y tiempo integral, mostrados en la figura 2.60.

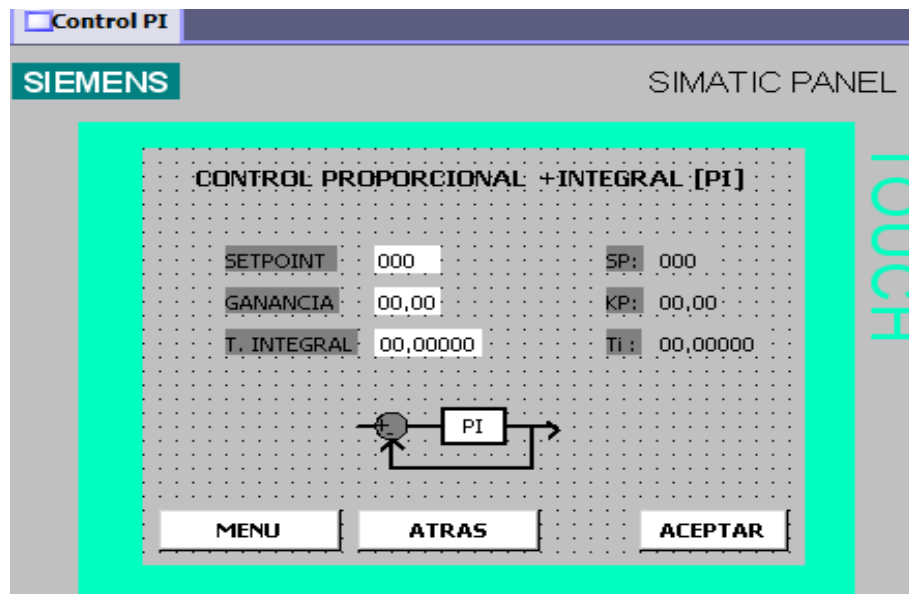


Figura 2. 60 Pantalla del control PI

Para la programación de estos parámetros previamente ya se configuró el setpoint y la ganancia, por lo tanto solo resta configurar el tiempo integral como se muestra en la figura 2.61.

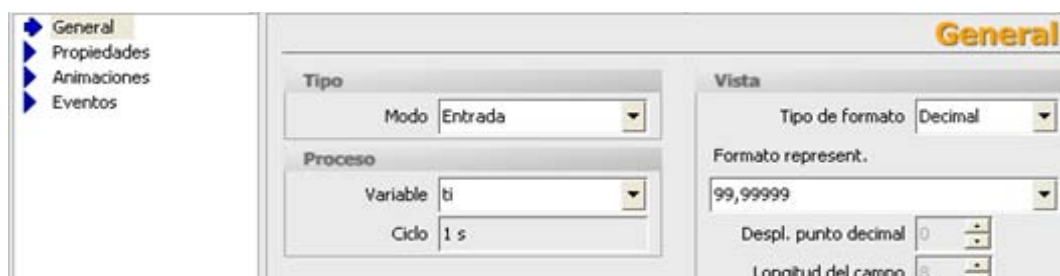


Figura 2. 61 Ventana para programar el tiempo integral

Control proporcional derivativo al pulsar esta opción se puede ingresar a los siguientes parámetros: setpoint, ganancia y tiempo derivativo, mostrados en la figura 2.62 siguiente.

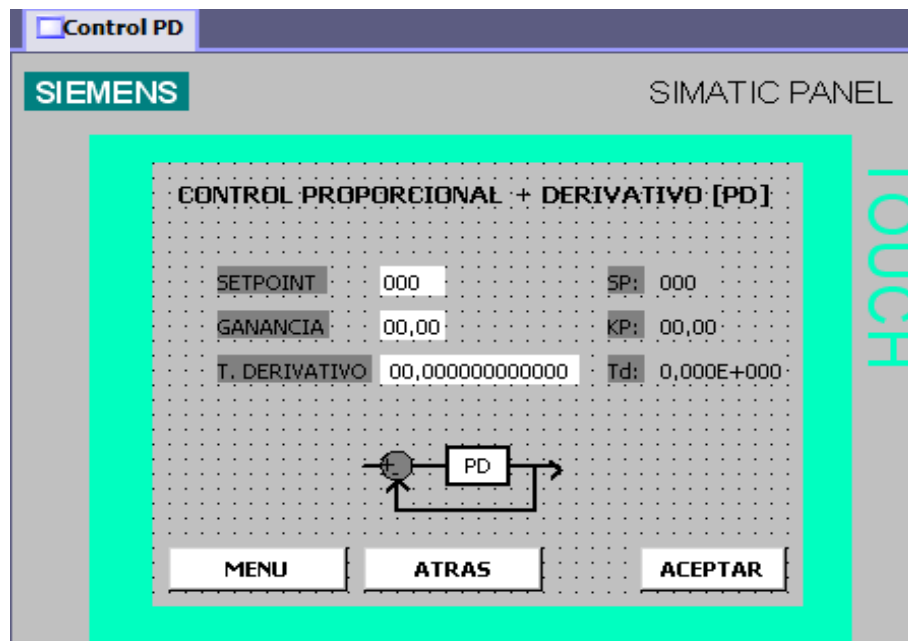


Figura 2. 62 Pantalla del control PD

Para la programación de estos parámetros como en el caso anterior ya se tiene configurado previamente el setpoint y la ganancia de tal forma que solo resta configurar el tiempo derivativo como se muestra en la figura 2.63.



Figura 2. 63 Ventana para programar el setpoint, ganancia y tiempo derivativo

Control proporcional integral derivativo al pulsar esta opción vamos a tener acceso a los siguientes parámetros de configuración como: setpoint, ganancia, tiempo integral, tiempo derivativo, mostrados en la figura 2.64.

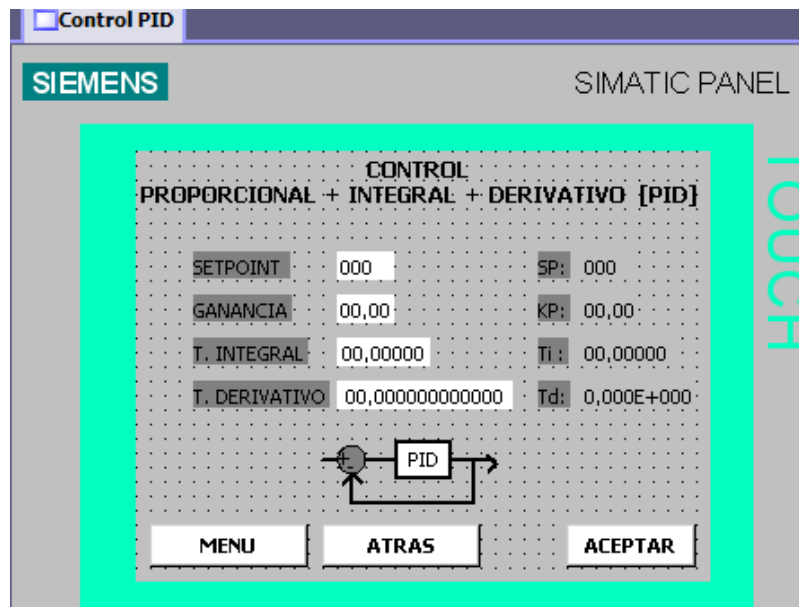


Figura 2. 64 Pantalla del control PID

Los parámetros de configuración de este modo de control ya se han ido definiendo y programando en los pasos anteriores por lo que ya no es necesario hacer una nueva configuración sino solamente crear vínculos con los campos de entrada / salida (E/S) que se tiene en la pantalla.

Configurar alarmas al pulsarlo se activa a la pantalla de alarmas mostrada en la figura 2.65 en donde se encuentran estas alarmas de nivel y están configuradas para los cuatro tipos de alarmas que son:

- ALTO ALTO
- ALTO
- BAJO
- BAJO BAJO

Éstas se configuran en la ventana de propiedades dándole un nombre y una acción como se ve en la figura 2.66.

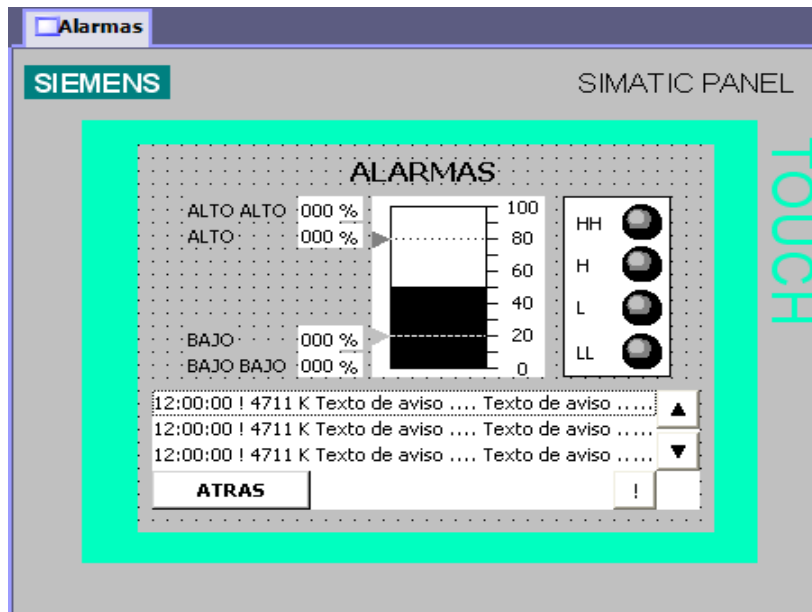


Figura 2. 65 Pantalla de alarmas

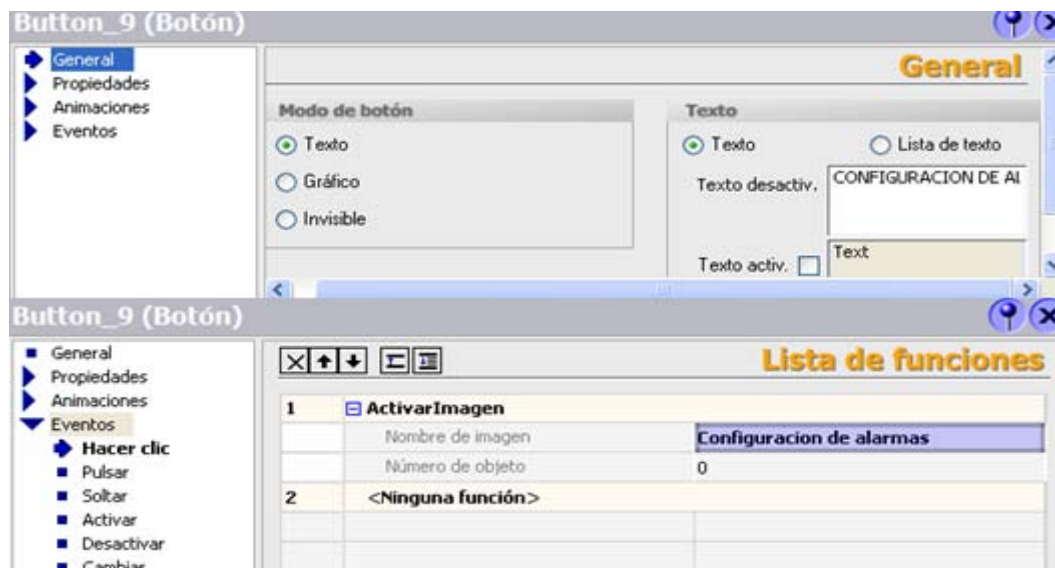


Figura 2. 66 Ventana de propiedades para asignar nombre y acción del botón configuración de alarmas

La ventana de avisos muestra las alarmas que se van produciendo y estos eventos también son tomados en cuenta por el PLC lo que hace que se activen sus salidas digitales con el fin de energizar unas lámparas que sirven de luces de alerta. Los errores son generados a través de la activación de unos avisos analógicos que se configuran en el gestor de

avisos de WinCC, dándole una clase, variable de disparo, un límite y el modo de disparo del aviso como muestra la figura 2.67.

AVISOS ANALÓGICOS						
Texto	Número	Clase	Variable de trigger	Límite	Modo de trigger	
ALM H <tag alarma H>	1	Errores	PV_ALM	alarma H	En caso de rebasar el límite por exc...	
ALM HH <tag alarma HH>	3	Errores	PV_ALM	alarma HH	En caso de rebasar el límite por exceso	
ALM L <tag alarma L>	2	Errores	PV_ALM	alarma L	En caso de rebasar el límite por defecto	
ALM LL <tag alarma LL>	4	Errores	PV_ALM	alarma LL	En caso de rebasar el límite por defecto	

Figura 2. 67 Ventana de propiedades para asignar nombre y acción del botón configuración de alarmas

Administración de usuarios al pulsar esta opción se accede a la pantalla y se despliega la ventana de usuarios mostrada en la figura 2.68, en este caso administrador y operador, y este botón se configura como se muestra en la figura 2.69.



Figura 2. 68 Pantalla de administración de usuarios

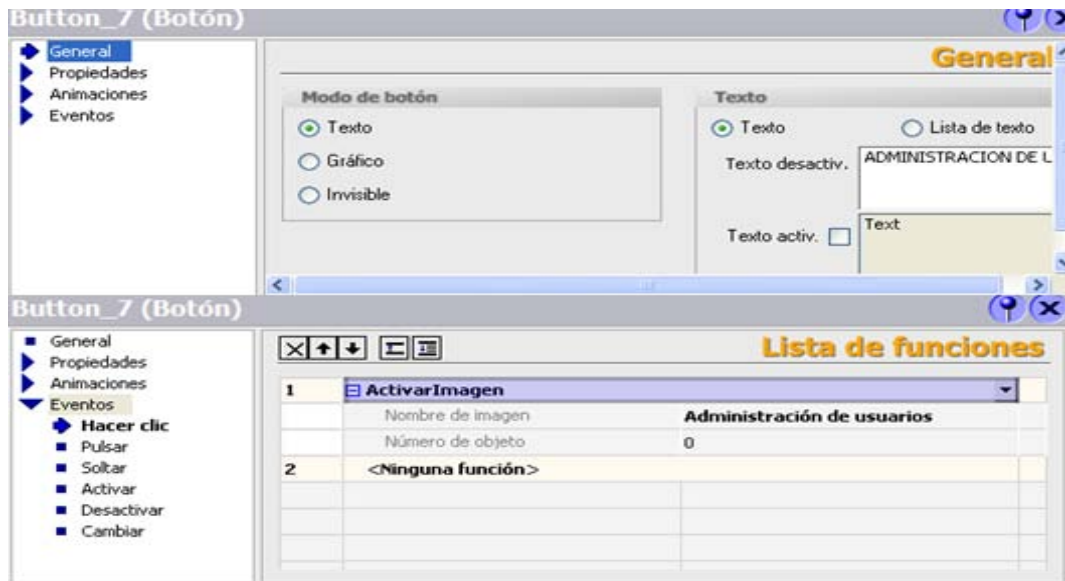


Figura 2. 69 Ventana de propiedades para asignar nombre y acción del botón administración de usuarios

Configuración del panel al pulsar este botón se activa a la pantalla de la figura 2.70 que contiene opciones para ajustar contraste, calibrar pantalla táctil y limpiar pantalla, el botón para acceder a esta pantalla se configura como muestra la figura 2.71.

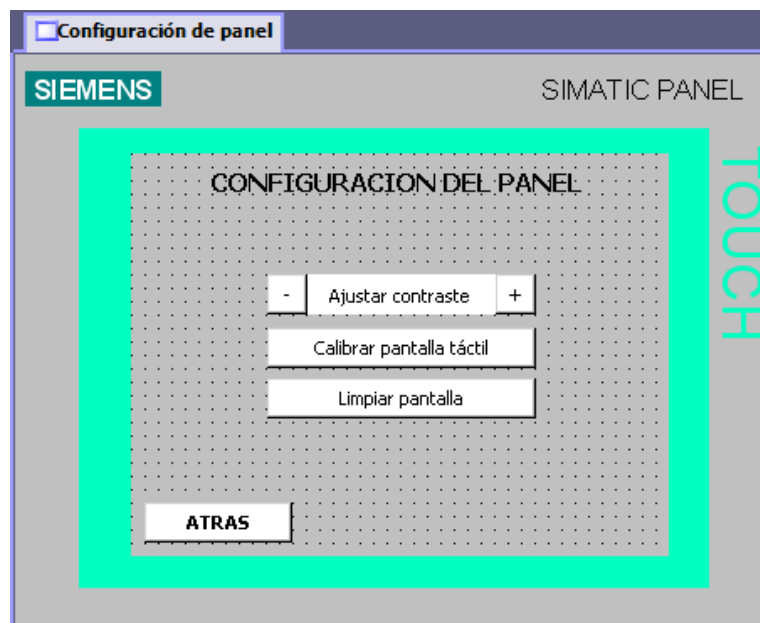


Figura 2. 70 Configuración del panel

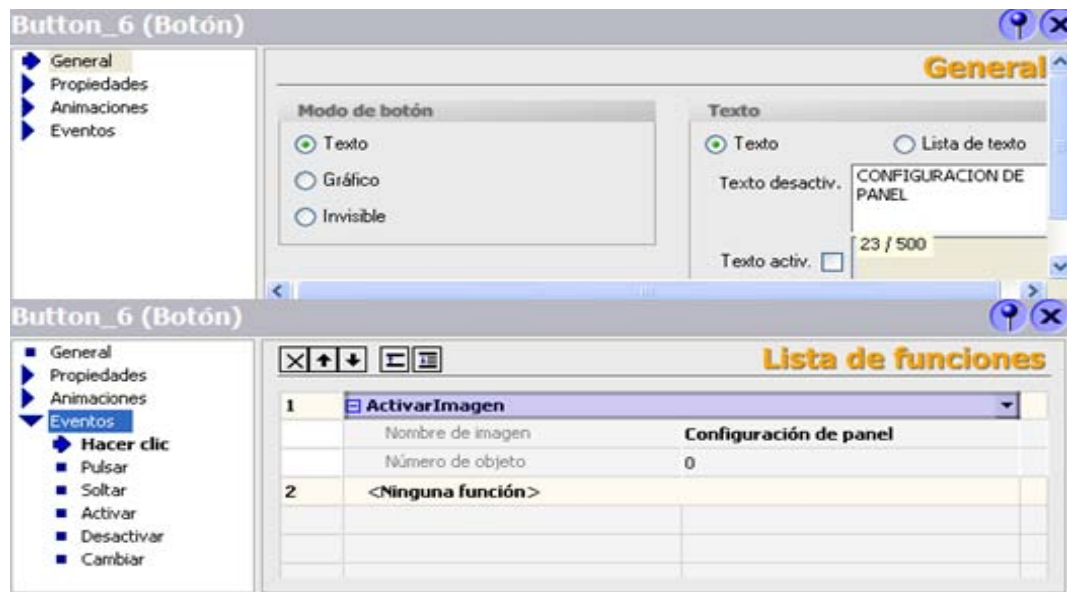


Figura 2. 71 Ventana de propiedades para asignar nombre y acción del botón configuración de panel

Monitoreo y sintonización al pulsar esta opción permite visualizar señales del proceso, parámetros de sintonización, muestra el estado de la bomba DETENIDO / EN FUNCIONAMIENTO, MANUAL / AUTOMÁTICO, FALLA DEL TRANSMISOR, y FALLA EN LA COMUNICACIÓN CON EL PLC como se muestra en la figura 2.72.

En caso de producirse una falla en el transmisor aparece un mensaje titilante en la parte superior la cual alerta al usuario que se ha producido una FALLA DE TX más el aviso de que el sistema se encuentra DETENIDO.

En caso de producirse falla de comunicación en la esquina superior aparecerá un mensaje titilante de “COM” siempre y cuando se ejecute un evento de cambio de pantalla. Este aviso de falla puede ser visto en todas las pantallas programadas en el Touch Panel.

Las alarmas pueden ser visualizadas cuando estas hayan sido activadas previamente en configuración de alarmas.

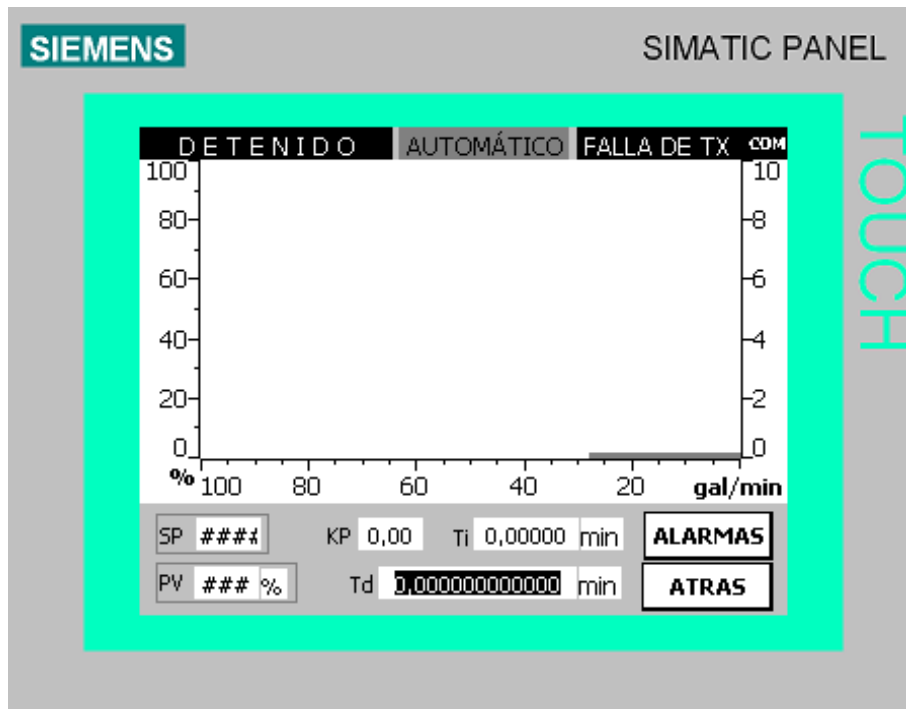


Figura 2. 72 Pantalla de monitoreo

La pantalla de monitoreo es diferente según el usuario que inicie sesión gracias a que se ha configurado unas variables “usuario” y “acceso” que toma un valor según el usuario que inició sesión y de esa manera habilitar o deshabilitar opciones.

2.8 Comunicación entre Touch Screen y PLC.

Al realizar la comunicación entre la Touch Screen y PLC se lo hace por medio de variables externas, estas variables se las configura de modo que apunten a una dirección específica en el autómata (Tabla 2.1) y así poder leer o escribir en ellas. Para el proyecto se tiene el siguiente listado de variables de la tabla 2.5 creadas en WinCC Flexible con el que se interactúa con el PLC para el correcto funcionamiento del sistema.

Tabla 2. 5 Variables internas y externas en WinCC Flexible

Nombre	Conexión	Tipo de datos	Dirección
ver kp	<Variable interna>	Bool	<Ninguna dirección>
ver td	<Variable interna>	Bool	<Ninguna dirección>
ver ti	<Variable interna>	Bool	<Ninguna dirección>
alarmas	<Variable interna>	Bool	<Ninguna dirección>
falla de comunicación	<Variable interna>	Bool	<Ninguna dirección>
acceso	<Variable interna>	Byte	<Ninguna dirección>
usuario	<Variable interna>	String	<Ninguna dirección>
CANAL	<Variable interna>	String	<Ninguna dirección>
ack HH	S7-200	Bool	V106.0
ack H	S7-200	Bool	V 106.1
ack L	S7-200	Bool	V 106.2
ack LL	S7-200	Bool	V 106.3
elimina_ti	S7-200	Bool	V 106.4
elimina_td	S7-200	Bool	V 106.5
FALLA	S7-200	Bool	V 106.6
MANUAL_AUTOM	S7-200	Bool	V 106.7
activa alarma HH	S7-200	Bool	V 107.0
activa alarma H	S7-200	Bool	V 107.1
activa alarma L	S7-200	Bool	V 107.2
activa alarma LL	S7-200	Bool	V 107.3
MARCHA_PARO	S7-200	Bool	V 107.4
EN_A	S7-200	Bool	V 140,0
EN_B	S7-200	Bool	V 140,1
EN_C	S7-200	Bool	V 140,2
EN_D	S7-200	Bool	V 140,3
consigna	S7-200	Real	VD 100
kp	S7-200	Real	VD 108
ti	S7-200	Real	VD 120
td	S7-200	Real	VD 124
pv	S7-200	Word	VW 104
alarma HH	S7-200	Word	VW 128
alarma H	S7-200	Word	VW 130
alarma L	S7-200	Word	VW 132
alarma LL	S7-200	Word	VW 134
PV_ALM	S7-200	Word	VW 138
Cnexion_OK	S7-201	Word	VW 142

El medio para conexión que utilizan tanto la pantalla táctil como el PLC para ser programados es un cable PC/PPI (Interfaz punto a punto) el cual

permite la comunicación para la transferencia de datos ilustrado en la figura 2.73.



Figura 2. 73 Conexión física a través de cable PPI

La configuración del cable PPI se lo realiza mediante los interruptores DIL, estos interruptores sirven para configurar la velocidad de transferencia del cable PC/PPI, están ubicados a un lado del módulo integrado del cable como se muestra en la figura 2.74.

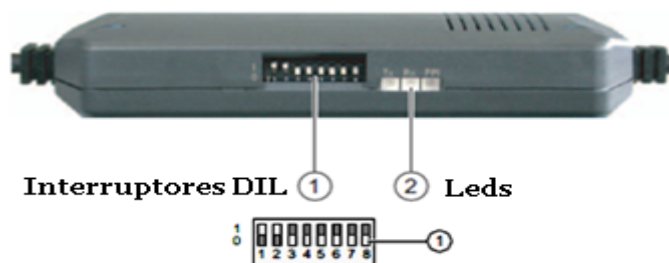


Figura 2. 74 Configuración de los interruptores DIL

Es posible ajustar las velocidades de transferencia de datos como se observa en la tabla 2.6.

Tabla 2. 6 Configuración de velocidad de transferencia

Velocidad de transferencia en Kbits/s	Interruptor DIL 1	Interruptor DIL 2	Interruptor DIL 3
115.2	1	1	0
57.6	1	1	1
38.4	0	0	0
19.2	0	0	1
9.6	0	1	0
4.8	0	1	1
2.4	1	0	0
1.2	1	0	1

Para poder comunicar el PLC con la Touch Screen desde WinCC en la ventana de proyecto debe seleccionarse comunicaciones, seguido de conexiones en donde aparecerá la pantalla como se ve en la figura 2.75, en ella se puede seleccionar driver de comunicación SIMATIC S7-200, la velocidad de transferencia 9600, dirección 1, red Estándar y número de maestros 1.

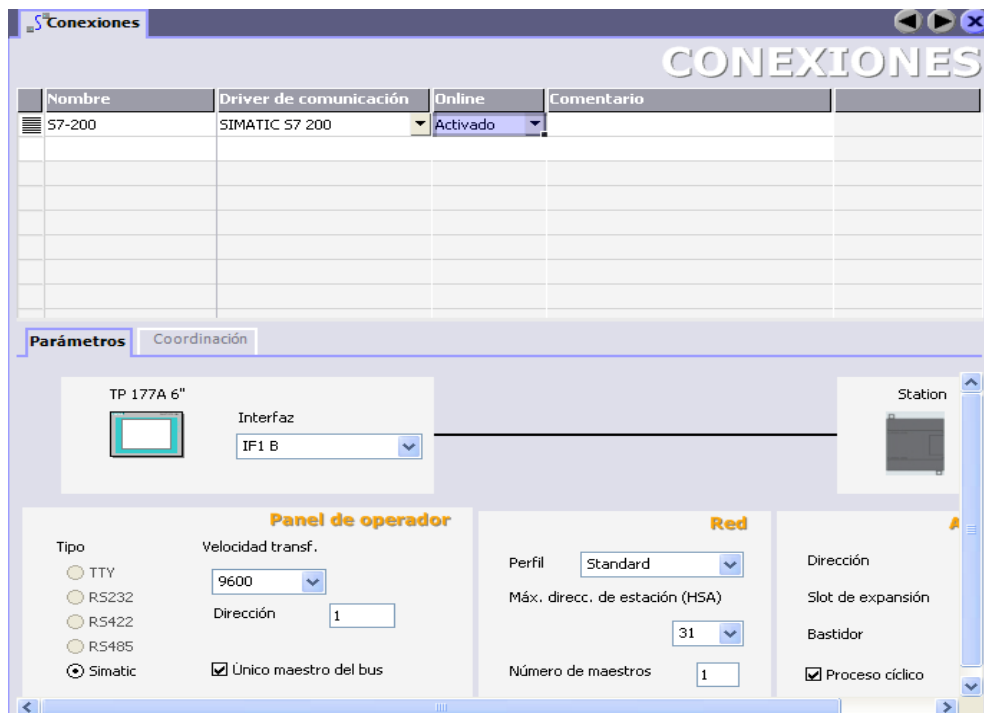


Figura 2. 75 Pantalla de comunicaciones

En el PLC también se debe configurar desde el bloque del sistema la dirección de la CPU, esta debe coincidir con la indicada en la dirección del PLC de la pantalla, en este caso 2, además la velocidad de transferencia debe ser la misma como se observa en la figura 2.76.

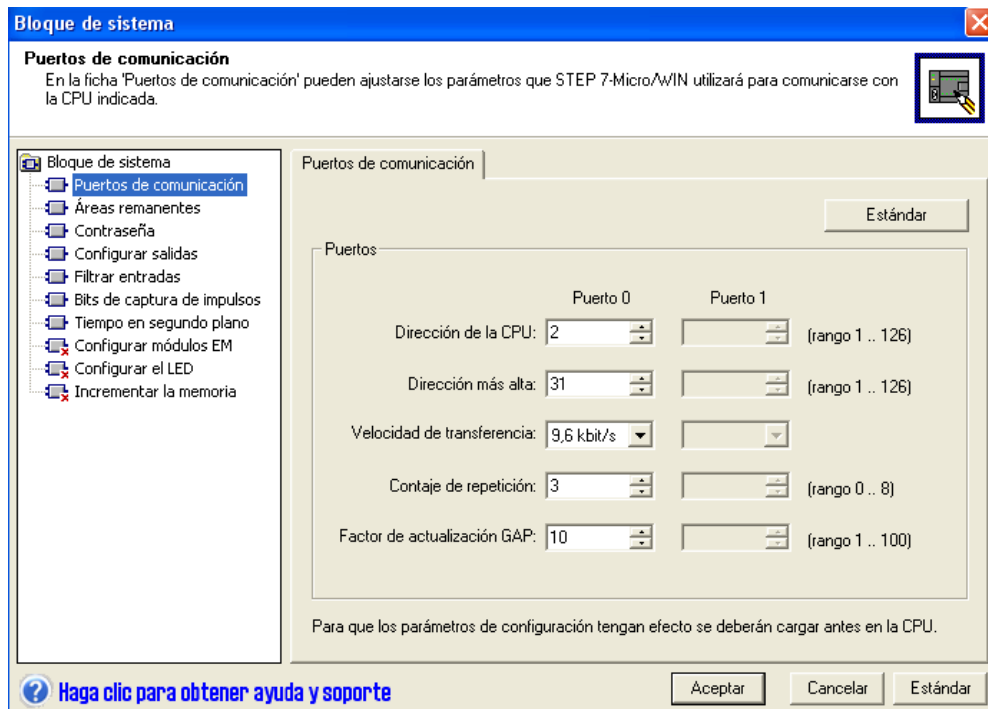


Figura 2. 76 Pantalla de configuración de la dirección del autómata

Para la transferencia del programa desde WinCC Flexible a la Touch Screen (TP177A), hay que seleccionar en la barra de menú la opción proyecto-transferir-transferencia como se muestra en la figura 2.77.

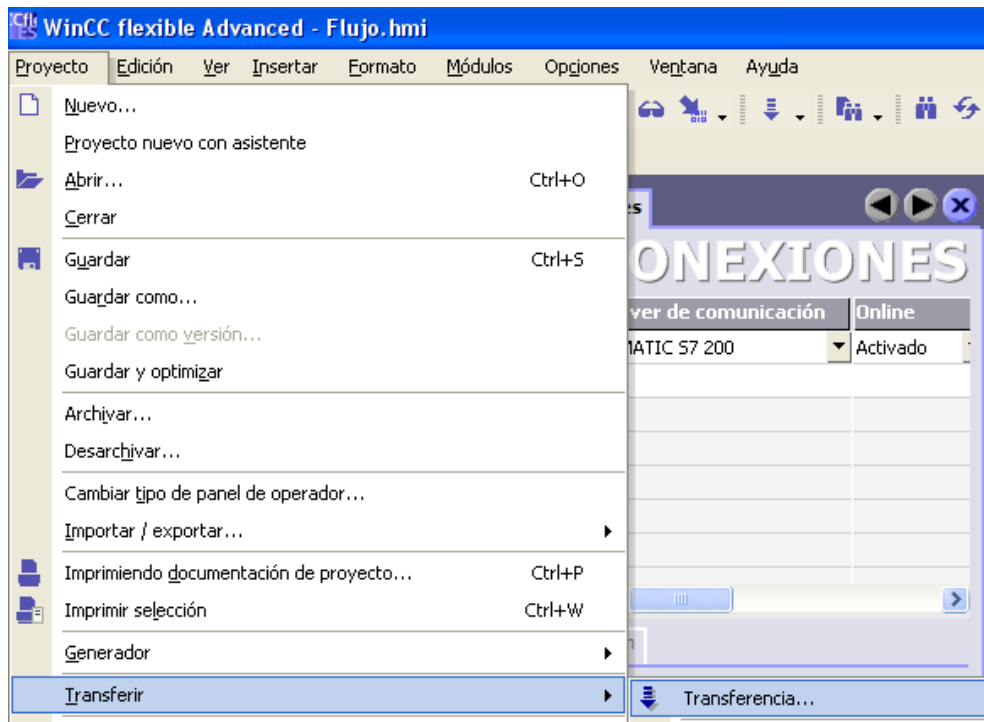


Figura 2. 77 Opción de transferencia del programa hacia la pantalla TP177A

Al ingresar a transferencia permite configurar el modo de transferir, puerto y velocidad de transferencia mostrada en la figura 2.78.

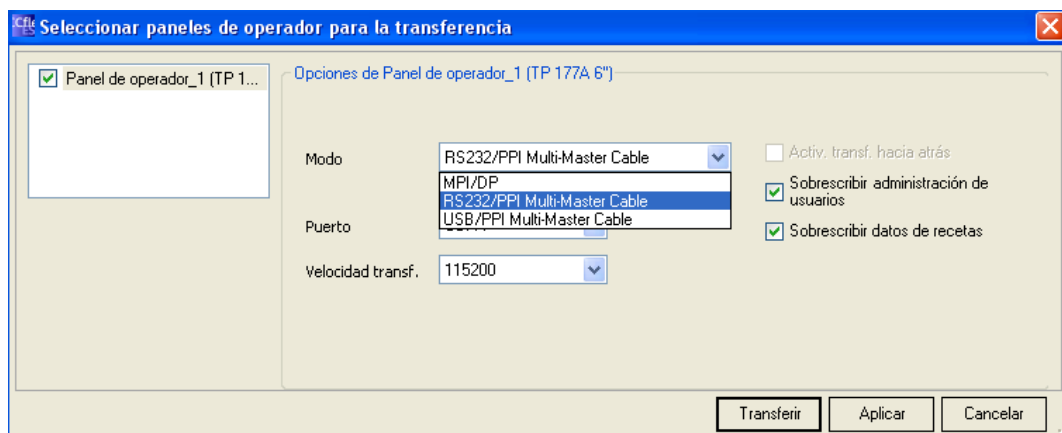


Figura 2. 78 Ventana de configurar transferencia

Al terminar la configuración seleccionar la opción transferir para que el proyecto se cargue en el panel de operador como se observa en la figura

2.79, y queda así cargada la programación en la Touch Screen (pantalla táctil TP177A).



Figura 2. 79 Ventana de transferencia cargando la programación

Finalmente la comunicación entre la Touch Screen y el automático (PLC) se conecta en forma física por medio de la interfaz RS-485.

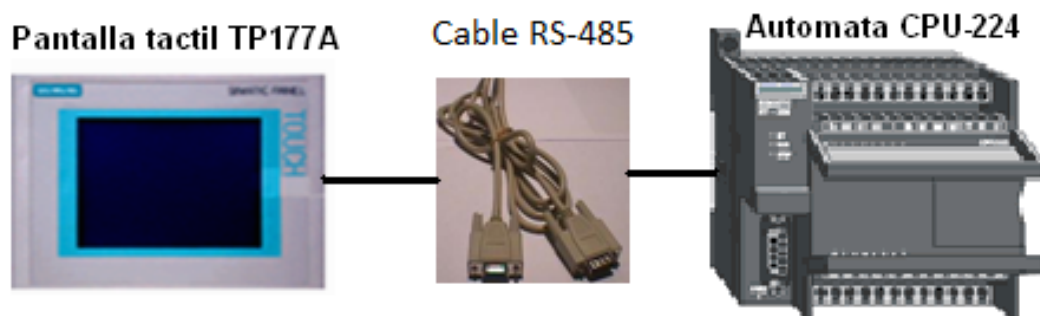


Figura 2. 80 Cable RS-485 para la comunicación entre la TP177A y el PLC

2.9 Diagramas de los circuitos de potencia y control.

Para el control de los elementos del proceso de flujo de agua se tienen los siguientes diagramas de conexiones:

- Diagrama de control y potencia del sistema.
- Diagrama de conexión del PLC.
- Diagrama de lazo de instrumentos 100 y 101.

Diagrama de control potencia del sistema.

La figura 2.81 muestra el diagrama del sistema, en donde se encuentra la alimentación de la fuente de 24 Vcc, conexiones del variador de frecuencia SINAMICS G110 y conexiones para el motor trifásico de la bomba, además se encuentran las conexiones que hacen posible el funcionamiento del sistema, es decir las señales para DETENIDO / EN FUNCIONAMIENTO, AUTOMÁTICO / MANUAL y la entrada analógica que es la que regula la velocidad del motor de una forma proporcional.

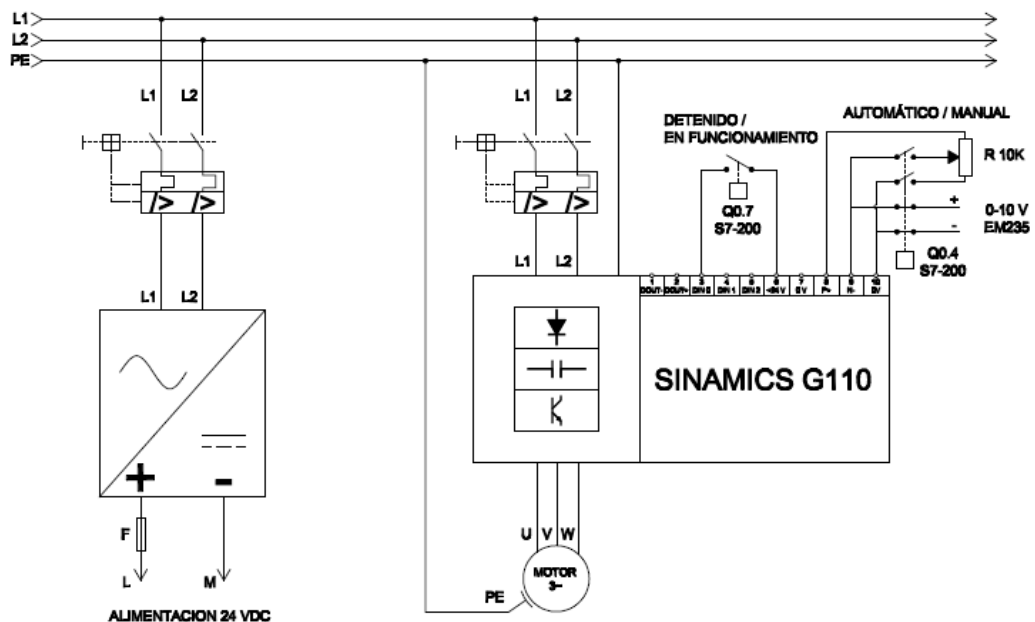


Figura 2. 81 Diagrama de potencia del sistema

Como se muestra en la figura 2.81 del circuito de potencia existen las protecciones eléctricas adecuadas para salvaguardar la integridad del

módulo ya sea el fusible que protege en la salida de la fuente de 24 Vcc o la protección térmica para la protección del todo el módulo.

Diagrama de conexión del PLC.

La figura 2.82 muestra el diagrama de conexiones que se realiza en el PLC para el correcto funcionamiento del sistema, como se puede notar en el diagrama de la figura 2.81 éstas especificadas ciertas salidas del PLC ya que estas tienen control directo sobre el funcionamiento total del sistema.

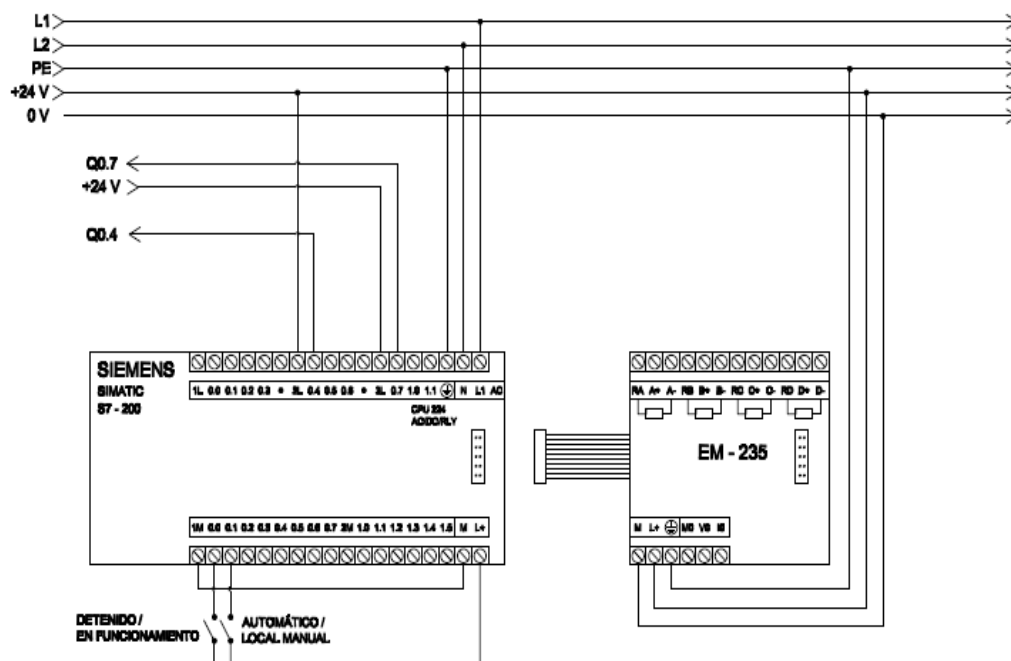


Figura 2. 82 Diagrama de conexión del PLC

Diagrama de lazo de instrumentos 100 y 101.

En los diagramas que se muestran en las figuras 2.83 y 2.84 se ilustra las conexiones de para con cada uno de los transmisores instalados en el sistema, ya sea de presión diferencial y flujo de paletas respectivamente.

Estas conexiones están representadas con el canal de entrada analógica A por lo que si se quiere realizar en los otros canales de entrada es prácticamente lo mismo.

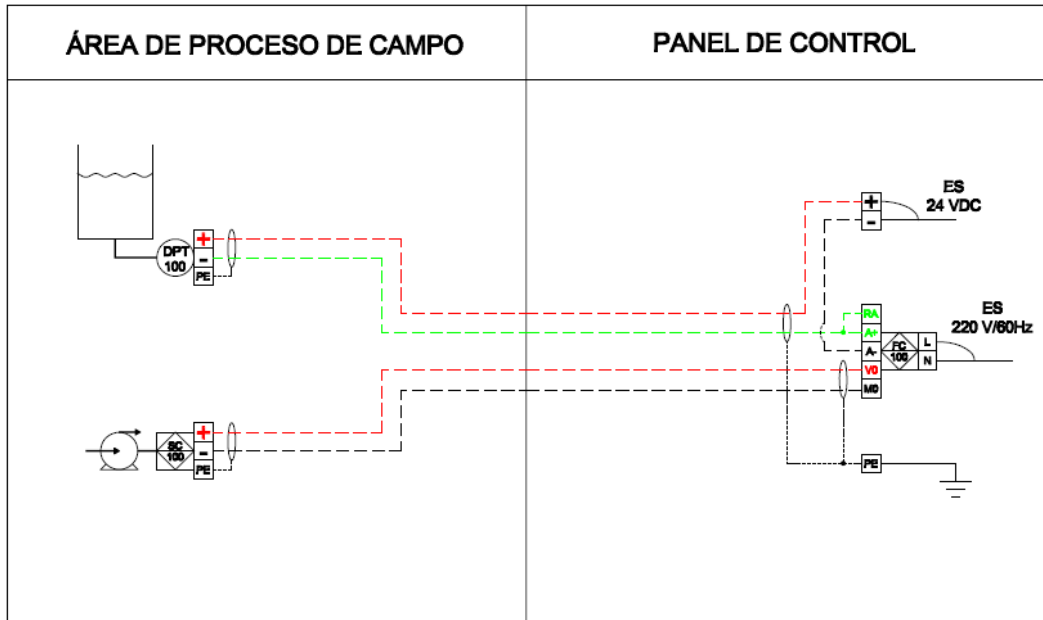


Figura 2. 83 Diagrama de lazo de instrumentos 100

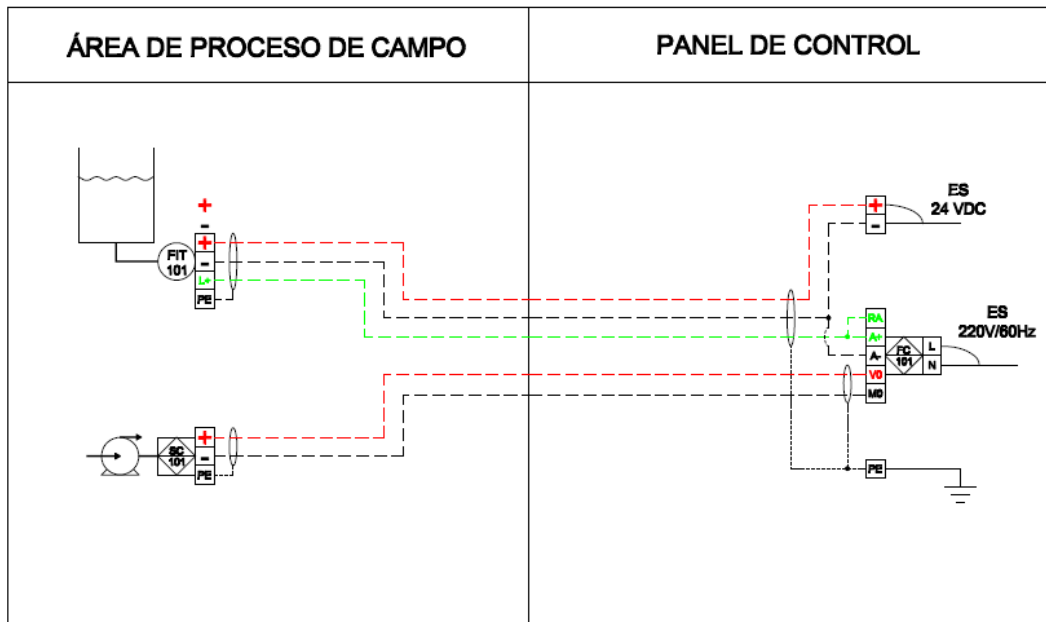


Figura 2. 84 Diagrama de lazo de instrumentos 101

2.10 Panel de control.

La figura 2.85 muestra el panel de control del módulo de control de flujo, en el cual se puede realizar las prácticas según sea el caso, este panel está diseñado de tal manera que cuando se requiera hacerlo funcionar hay que realizar las conexiones que indican los diagramas de lazo de instrumentos, para poder observar mejor los diagramas expuestos en este texto éstos también se encuentran en el manual de usuario, el cual debe ser leído antes de empezar a utilizar este módulo y así hacer un correcto uso de este.

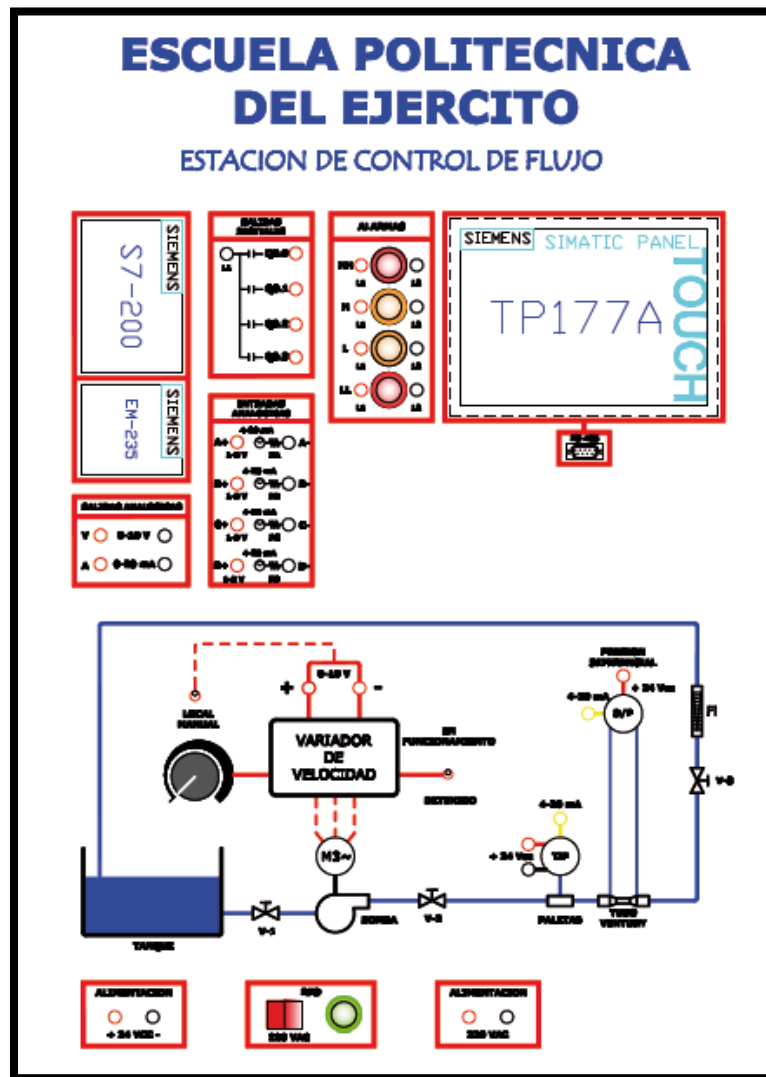


Figura 2. 85 Panel de control

2.11 Ajuste del transmisor de flujo de paletas.

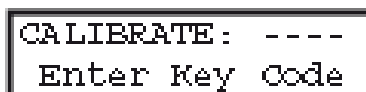
Para realizar algún cambio en el transmisor de flujo de paletas se debe hacerlo a través del menú de funciones, el cual se muestra en la pantalla integrada del transmisor al acceder mediante el teclado integrado del existente. A continuación se describe las funciones del menú:

Menú de INFORMACIÓN: presentado durante la operación regular.

- Al apretar los botones ARRIBA O ABAJO, se muestran los parámetros del proceso.
- Para salir de cualquier otra pantalla y regresar al menú de INFORMACIÓN, apretar simultáneamente los botones ARRIBA y ABAJO.
- La pantalla regresará el menú de INFORMACIÓN en 10 minutos a menos que se presione una tecla.

Menú de CALIBRACIÓN: contiene los parámetros de configuración y salida de la pantalla. Tiene un código de seguridad que previene la manipulación por personas no autorizadas. Para acceder al menú de calibración:

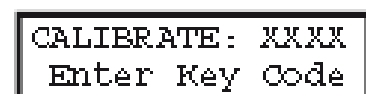
- Apretar el botón "ENTER" por 2 segundos para ver la figura 2.86.



```
CALIBRATE: ----  
Enter Key Code
```

Figura 2. 86 Entrar al menú CALIBRACIÓN

- Apretar consecutivamente los botones ARRIBA, ARRIBA, ARRIBA, ABAJO para ver la figura 2.87.



```
CALIBRATE: XXXX  
Enter Key Code
```

Figura 2. 87 Ingreso de clave

Menú de OPCIONES: contiene características de configuración y presentación a fin de poder realizar ajustes pequeños de presentación o salida. Para acceder al menú de opciones:

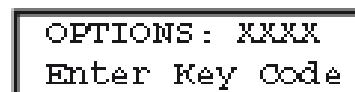
- Apretar el botón “ENTER” por 5 segundos para ver la figura 2.88.



```
OPTIONS: ----
Enter Key Code
```

Figura 2. 88 Entrar al menú OPCIONES

- Apretar consecutivamente los botones ARRIBA, ARRIBA, ARRIBA, ABAJO para ver la figura 2.89.



```
OPTIONS: XXXX
Enter Key Code
```

Figura 2. 89 Ingreso de clave

FUNCIÓN DE LOS BOTONES.

DERECHA. Permite el desplazamiento hacia la derecha para hacer cambios cuando aparece el símbolo “>”.

ARRIBA. Permite el desplazamiento entre opciones del menú hacia arriba y permite además el incremento de valores en un dígito específico.

ABAJO. Permite el desplazamiento entre opciones del menú hacia abajo y permite además el decremento de valores en un dígito específico.

ENTER. Permite el acceso un menú de los antes mencionados y además permite guardar los cambios que se realizan.

Nota: Para salir de cualquier menú es necesario apretar simultáneamente los botones ARRIBA y ABAJO, esta acción también permite cancelar un cambio de valor en caso de cometer un error. Así se recobrará el último valor guardado del elemento que se esté modificando.

Ejemplo: Para cambiar el rango de medición, primero hay que entrar al menú de calibración como se explicó anteriormente, al entrar al menú

desplazarse arriba o abajo hasta llegar a la opción de “Loop Range”, en donde se encuentra los valores del rango actual, presionar el botón hacia la derecha ubicándose en el dígito que se quiere cambiar y entrar el nuevo valor deseado en cada uno de los límites. Una vez realizado los cambios presionar ENTER para guardar.

Para un mejor conocimiento y manejo del transmisor de flujo de paletas el estudiante deberá revisar el manual de usuario del mismo (ANEXO B).

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 Descripción física del sistema.

El sistema consta de los siguientes materiales, dispositivos e instrumentos para poder controlar un proceso de flujo de agua en un lazo de control:

Tanque de 10 galones (figura 3.1) es el recipiente el cual permite almacenar y recircular el líquido (agua) del sistema.



Figura 3. 1 Tanque de almacenamiento de agua

Tubo de ¾ de pulgada PVC canal o conducto por donde circula el agua en el proceso.

Bomba trifásica de ¾ de HP (figura 3.2) es una bomba de tipo centrifuga, funciona con un motor trifásico que permite succionar el agua para hacer circular por la tubería del sistema.



Figura 3. 2 Bomba centrifuga

Variador de frecuencia Sinamics G110 (figura 3.3) dispositivo que permite variar la velocidad del motor trifásico mediante la variación de la

frecuencia suministrada al motor, variando así el flujo de agua del sistema, prácticamente es el actuador en el proceso siendo el elemento que gobierna el funcionamiento de la bomba.



Figura 3. 3 Variador de frecuencia

Para la operación del variador es necesario ingresar los parámetros del motor a controlar y esto se logra gracias a un panel básico de operador (BOP) mostrado en la figura 3.4.



Figura 3. 4 BOP (Basic Operator Panel)

Válvulas de tipo bola (figura 3.5) conocida también como de "esfera", es un mecanismo que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado del sistema y se caracteriza porque el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada.

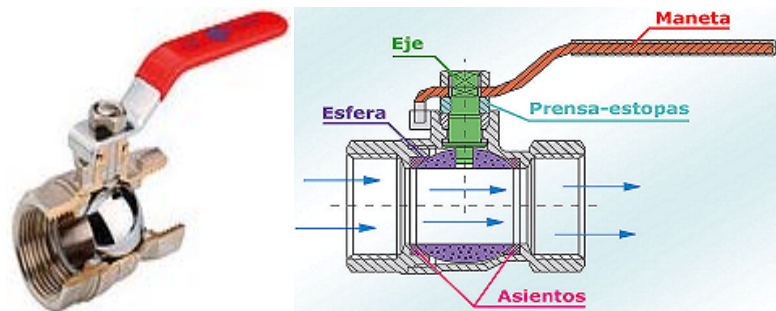


Figura 3. 5 Válvula tipo bola

Transmisores inteligentes: entregan una lectura real del flujo de agua del sistema en una magnitud eléctrica normalizada sea en voltaje o corriente para su posterior procesamiento. En el sistema implementado se consta de dos transmisores, uno de flujo de paletas y otro de presión diferencial.

Transmisor de Flujo de paletas (figura 3.6) es un dispositivo el cual toma la medida del flujo de agua mediante una rueda de paletas instalada en la línea de flujo de agua.



Figura 3. 6 Transmisor de flujo de paletas

Transmisor de Presión diferencial IDP50 (figura 3.7) instrumento que mide el flujo de agua del sistema de una manera indirecta ya que es necesario provocar una diferencia de presión a través de un tubo Venturi, tobera, o una placa orificio.



Figura 3. 7 Transmisor de presión diferencial IDP50

Tubo Venturi (figura 3.9) dispositivo que se encuentra en la línea de proceso y provoca una diferencia de presión gracias al efecto venturi mostrado en la figura 3.8 (**presión diferencial**), que es medida por un transmisor de presión diferencial y así calcular el flujo de una manera indirecta.

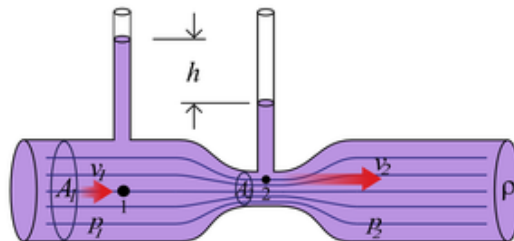


Figura 3. 8 Esquema del efecto Venturi



Figura 3. 9 Tubo Venturi

Flujómetro o Rotámetro (figura 3.10) es un medidor de área variable para flujo de agua, el cual entrega una medida física y visible del flujo instantáneo de agua en el sistema.



Figura 3. 10 Rotámetro

PLC (Autómata CPU-224) controlador lógico programable de la marca Siemens mostrado en la figura 3.11, este autómata controla todo el sistema y a la vez se comunica con la pantalla táctil, para que en ella se pueda supervisar y monitorear el proceso.



Figura 3. 11 Autómata CPU 224

Módulo de expansión (EM-235) es el dispositivo que permite el vínculo entre el autómata y cada uno de los dispositivos de campo a través de este módulo mostrado en la figura 3.12 se origina el intercambio de información en lectura y escritura de señales analógicas de corriente o voltaje.



Figura 3. 12 Módulo de expansión

Touch Screen (Pantalla táctil TP177A figura 3.13) instrumento que contiene una HMI de configuración y monitoreo de tal forma que sea un vínculo entre el operador y el proceso controlado, la cual permite

centralizar la información del sistema, entregando al operador valores de setpoint, parámetros de sintonización, curvas de proceso y alarmas.



Figura 3. 13 Pantalla táctil TP177A

3.2 Pruebas experimentales al sistema.

Una vez que se tiene todo el sistema programado, configurado y ensamblado correctamente se procede a realizar las respectivas pruebas del sistema funcionando completamente.

Dentro de estas pruebas se debe comprobar la adquisición de señales de los transmisores, que se encuentran configurados para trabajar en un rango de 0 a 10 gal/min y entregar una corriente de 4 a 20 mA en forma completamente proporcional.

TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL IDP50

Este transmisor entrega como resultado de su ajuste una señal de corriente muy aceptable e instantánea de acuerdo al valor que se puede ver mostrado en su HMI incorporado.

TRANSMISOR DE FLUJO DE PALETAS

En este caso el transmisor entrega como resultado de su ajuste una señal de corriente aceptable pero inestable para el valor que puede ver mostrado en su HMI incorporado, esta inestabilidad se debe a que este

transmisor realiza un promedio de las muestras que toma en 8 segundos de medición continua.

PLC S7-200, MÓDULO DE I/O EM235 Y TOUCH PANEL TP177A

Se analiza estos tres instrumentos en conjunto debido a que su funcionamiento lo requiere, es decir se toma la señal proveniente de uno de los transmisores y este se transmite hacia el PLC el cual procesa la señal y este a su vez la transmite hacia la pantalla táctil que muestra los valores tomados y la configuración para el controlador.

VARIADOR DE FRECUENCIA SINAMICS G110

Este dispositivo es comandado de forma manual o automática y es el encargado de hacer variar la velocidad del motor trifásico con lo que se ve reflejado en la variación del flujo de agua del sistema.

3.3 Funcionamiento en los distintos modos de control.

Antes de configurar cualquier modo de control primero se debe realizar las conexiones adecuadas para el funcionamiento del sistema.

Una vez realizadas las conexiones, hay que ingresar al sistema con derechos de ADMINISTRADOR donde el nombre de usuario es "Admin" y su contraseña es "labinst" en donde se puede acceder a la configuración completa del sistema, entre estas la configuración del modo de control.

Control proporcional

Al intentar realizar un control proporcional se debe ingresar en el HMI de configuración del modo de control y seleccionar CONTROL PROPORCIONAL, saltando así a otra pantalla en donde se puede fijar parámetros configurables como son: el setpoint y ganancia proporcional.

Funcionamiento

El modo de control proporcional, está basado en un algoritmo lineal y proporcional, que tiene como objetivo reducir la magnitud del error, así dará estabilidad al proceso.

El modo proporcional trabaja para dar estabilidad al proceso, tiene como desventaja que produce un error en estado estacionario; el modo proporcional depende de:

- El valor del error (diferencia entre el Setpoint y la Medición).
- El porcentaje de Banda Proporcional (inverso de la ganancia proporcional).

Control proporcional integral

Seleccionar en el HMI el modo de control, CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL, saltando a otra pantalla en donde podemos fijar sus parámetros como: setpoint, ganancia proporcional y tiempo integral.

Funcionamiento

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional.

El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un periodo de tiempo determinado; Luego es multiplicado por una constante I, la misma que representa la constante de integración. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

Control proporcional derivativo

En el HMI de configuración seleccionar CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO, saltando a otra pantalla para fijar parámetros como: el setpoint, ganancia proporcional y tiempo derivativo.

Funcionamiento

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral). Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica

por una constante derivativa y luego se suma a la señal anterior para formar el control P + D.

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la velocidad misma que se produce, de esta manera evita que el error se incremente.

Control proporcional integral derivativo

Ingresar en el HMI de configuración del modo de control y seleccionar CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO, esta opción salta a otra pantalla en donde se puede fijar parámetros como: el setpoint, ganancia proporcional, tiempo integral, tiempo derivativo.

Funcionamiento

Su funcionamiento se basa en las acciones mencionadas anteriormente en donde valor Proporcional determina la reacción del error actual, el Integral elimina el error en estado estable, el derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce, la suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control.

3.4 Análisis de las curvas de proceso.

Para el análisis de las curvas de respuesta de cada uno de los modos de control que se pueden implementar en el sistema se utilizó el panel de sintonía PID incorporado en STEP 7- Micro/WIN ya que se puede tomar las graficas claramente y directamente en el computador en donde cada línea de la figura muestra una variable según el color de la misma y pueden ser PV: variable de proceso, SP: Setpoint y OUT: Salida, que se puede notar en la figura3.14.

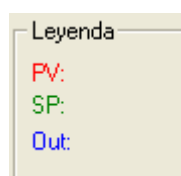


Figura 3. 14 Identificación de colores para curvas de proceso

3.4.1 Control Proporcional (P)

Análisis de curvas de respuesta de un control Proporcional P configurando los parámetros que se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Sintonización de control P

SP[GPM]	KP	PV[GPM]
7.0	1.2	Inestable
7.0	1.1	Inestable
7.0	1.0	6.2
7.0	0.9	6.2

La curva de respuesta del control proporcional mostrada en la figura 3.15 es estable y siempre tiene error en estado estacionario ya que esta es la característica principal de este modo de control, debido a que la variable a controlar no se estabilizara en el valor deseado (S_p).

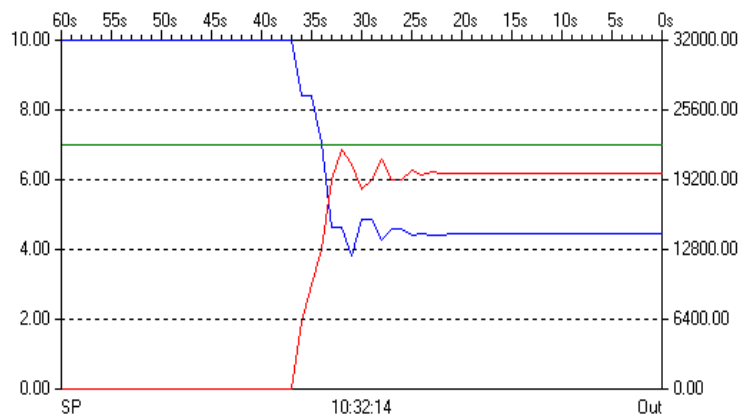


Figura 3. 15 Curva de respuesta para un control proporcional

La Respuesta cuando se aplica una perturbación por medio del cierre a apertura de una válvula en el proceso se ilustra en la figura 3.16, el

controlador hace que se estabilice la señal nuevamente y mantiene su error en estado estable.

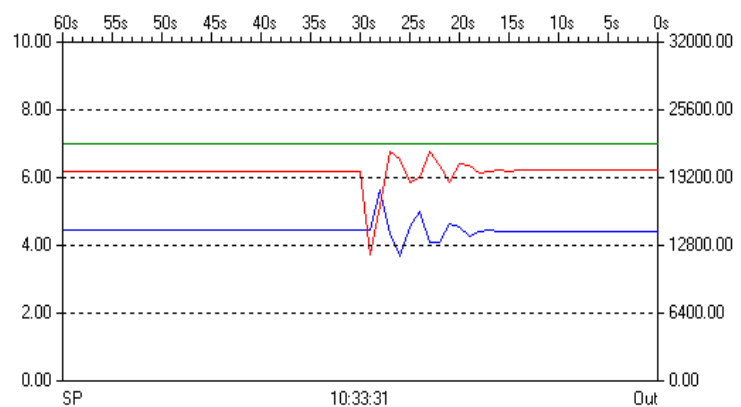


Figura 3. 16 Curva de respuesta a una perturbación

3.4.2 Control Proporcional Integral (PI)

Análisis de curvas de respuesta de un control Proporcional Integral PI configurando los parámetros que se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2 Sintonización de control PI

SP [GPM]	KP	Ti [min]	PV[GPM]
7.0	0.9	0.1	7.0
7.0	0.9	0.15	7.0
7.0	0.88	0.15	7.0
7.0	0.87	0.2	7.0

La curva que muestra el comportamiento del controlador representada por la figura 3.17 se estabiliza rápidamente de acuerdo al tiempo integral (Ti) ingresado, ésta acción elimina el error en estado estable, dependiendo del tiempo configurado éste proceso lento o rápido, pero se debe tener en cuenta que al inyectar más acción integral ($T_i \rightarrow 0$ min) en el proceso, se hace más inestable.

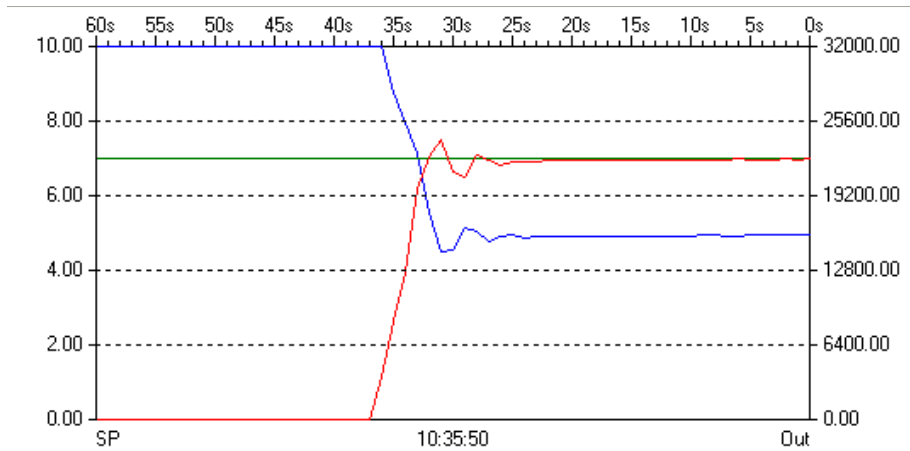


Figura 3. 17 Curva de respuesta para un control PI

De igual manera que el caso anterior, se produce una perturbación con el cierre apertura de una válvula mostrado en la figura 3.18 y como resultado tenemos al controlador le resulta un poco más difícil estabilizarse, pero regresa al punto de consigna.

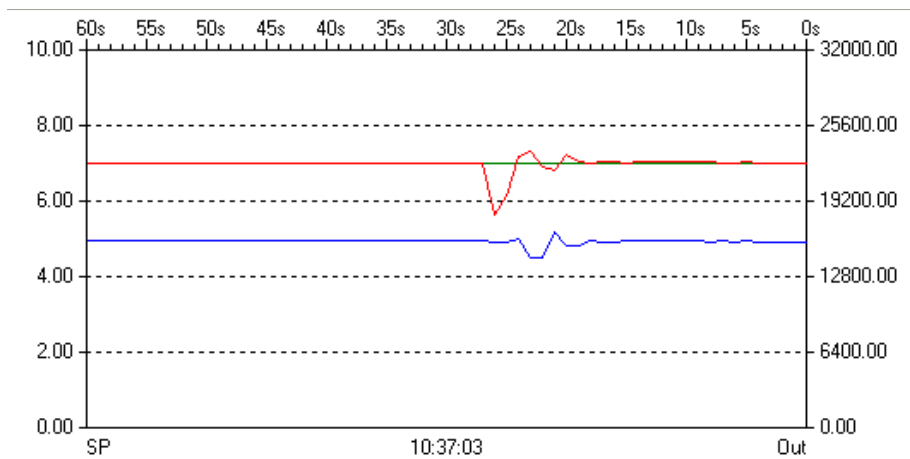


Figura 3. 18 Curva de respuesta PI a una perturbación

3.4.3 Control Proporcional Derivativo (PD)

Análisis de curvas de respuesta de un control Proporcional Derivativo PD configurando los parámetros que se indica en la tabla 3.3.

Tabla 3. 3 Sintonización de control PD

SP [GPM]	KP	Td [min]	PV[GPM]
7.0	0.97	1×10^{-3}	5.9
7.0	0.95	1×10^{-5}	6.0
7.0	0.95	1×10^{-4}	6.0
7.0	0.93	1×10^{-5}	6.1
7.0	0.90	1×10^{-5}	6.2
7.0	0.87	2×10^{-4}	6.3

La curva para el modo de control proporcional derivativo (PD) ilustrado en la figura 3.19 tiene un comportamiento estable pero por su naturaleza de control, este no corrige el error en estado estable producido por la acción proporcional, como se puede observar al sumarle esta acción derivativa, permite aumentar el Kp con lo que se disminuye en algo el error con respecto al setpoint.

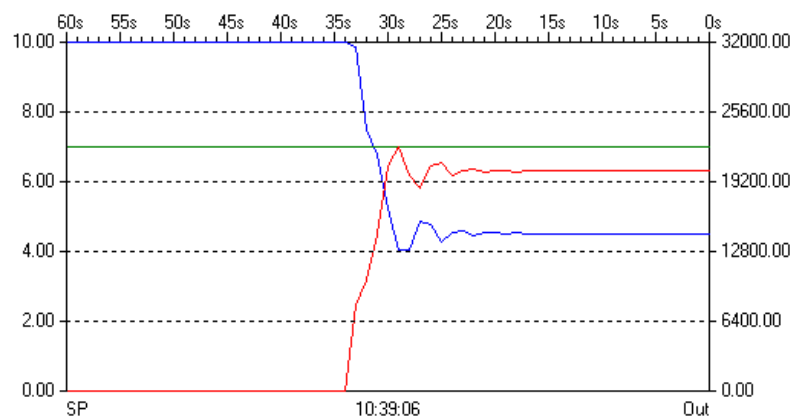


Figura 3. 19 Curva de respuesta para un control PD

Al Realizar una perturbación de cierre apertura de una válvula mostrada en la figura 3.20 este controlador reacciona con la misma rapidez que se

produce el error, haciendo que este no sea tan grande y permitiendo que se estabilice el proceso de forma rápida.

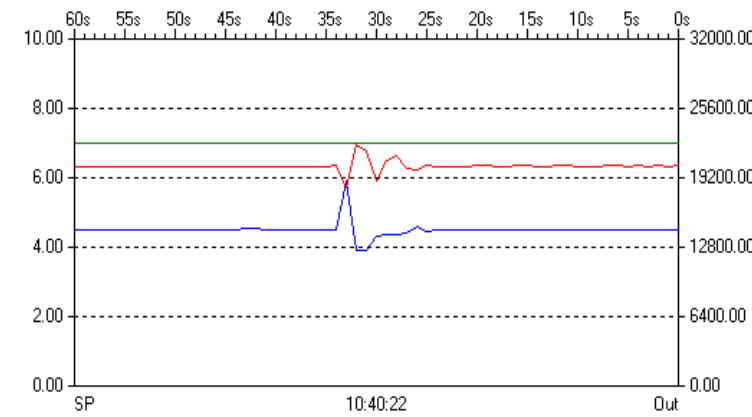


Figura 3. 20 Curva de respuesta a una perturbación

3.4.4 Control Proporcional Integral Derivativo (PID)

Este es el modo de control que reúne las características de los modos de control mencionados anteriormente haciéndolo más eficiente y rápido según sea la aplicación en la que se lo utilice. En donde, por medio de las constantes K_p , T_i , y T_d , el controlador puede ser manipulado en su comportamiento como se puede ver en la tabla 3.4.

Tabla 3. 4 Sintonización de control PID

SP [GPM]	KP	Ti [min]	Td [min]	PV[GPM]
7.0	0.98	0.01	1×10^{-4}	7.0
7.0	0.95	0.03	1×10^{-4}	7.0
7.0	0.90	0.03	5×10^{-4}	7.0
7.0	0.90	0.033	5×10^{-4}	7.0
7.0	0.88	0.05	3×10^{-4}	7.0
7.0	0.87	0.05	2×10^{-4}	7.0

La curva para el modo de control PID de la figura 3.21 tiene un comportamiento rápido y estable que es lo que busca en muchos de los procesos industriales, así la combinación de los controladores P + I + D se complementan mutuamente para dar una respuesta eficiente.

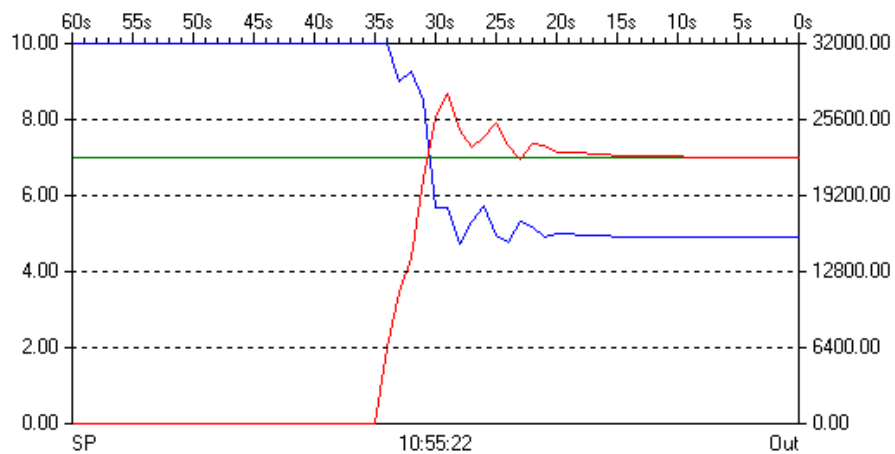


Figura 3. 21 Curva de respuesta para un control PID

La reacción de este controlador a una perturbación de cierre apertura de una válvula mostrada en la figura 3.22 es regulada rápidamente evitando así que el error suceda por mucho tiempo, todo esto dependiendo del tipo de proceso y de las características de comportamiento para el controlador.

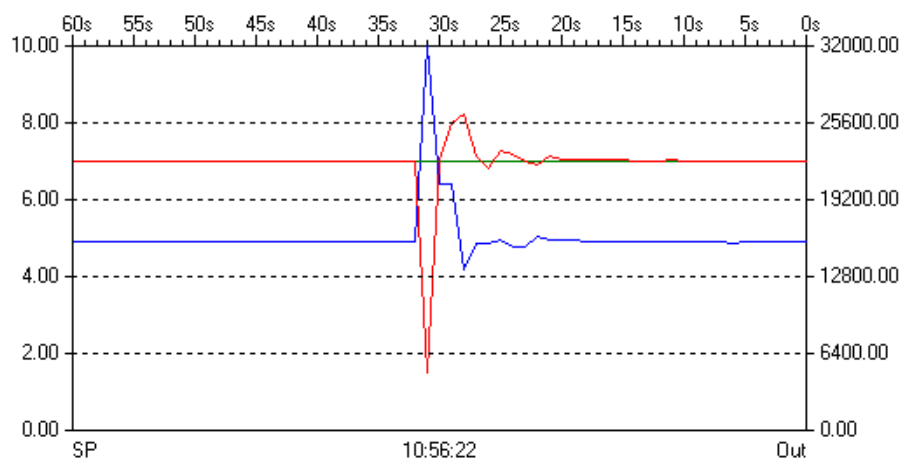


Figura 3. 22 Curva de respuesta a una perturbación

Para poder hacer una comparación de funcionamiento y ver el comportamiento de la señal entregada se realizó la misma práctica con el transmisor de flujo de paletas obteniendo las curvas de respuesta de las figuras 3.23 y 3.24.

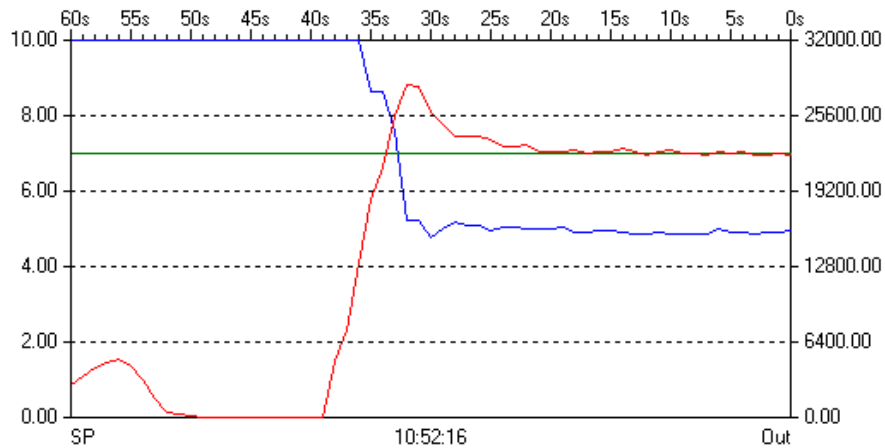


Figura 3. 23 Curva de respuesta para un control PID

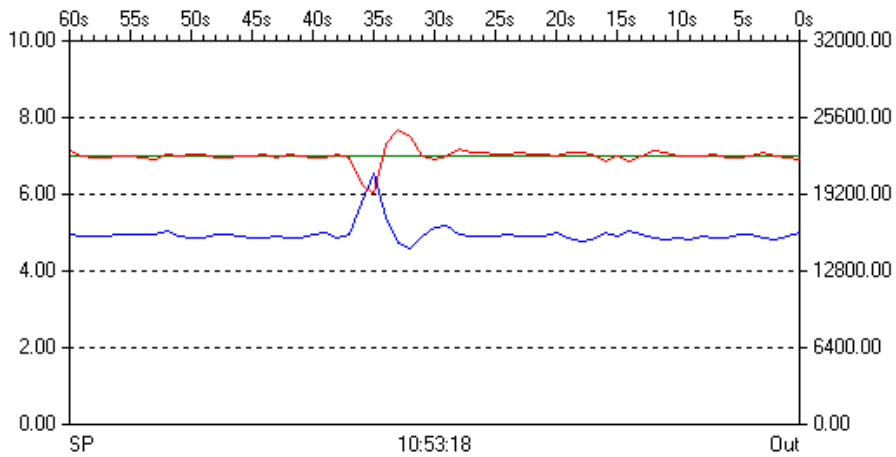


Figura 3. 24 Curva de respuesta a una perturbación

Para poder apreciar la estabilidad del controlador se lo expone a tres perturbaciones seguidas obteniendo el resultado que muestra la figura 3.25.

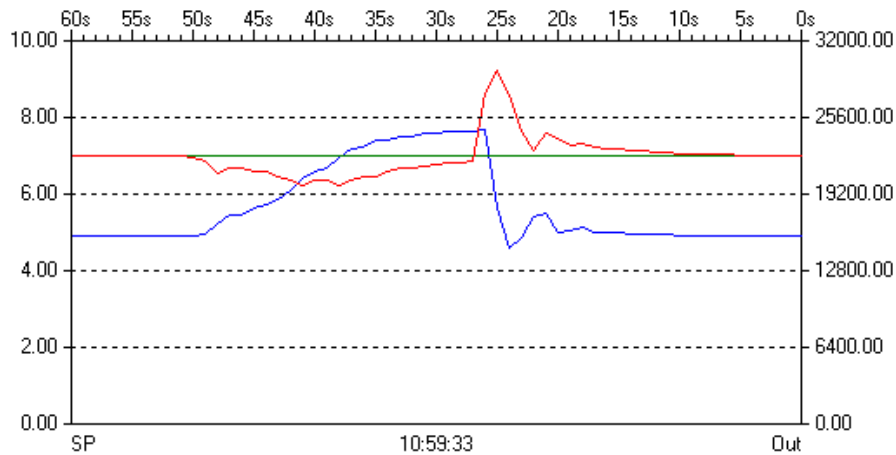


Figura 3. 25 Curva de respuesta a tres perturbaciones seguidas

Como se puede observar el comportamiento de las señales es muy parecido a las respuestas obtenidas con el otro transmisor, por lo que no fue necesario mostrar más prácticas con el transmisor de paletas.

3.4.5 Control Proporcional Integral Derivativo (PID) + Alarmas

Esta práctica se la realizó en el proceso sintonizado con los parámetros escogidos en el paso anterior, con el fin de notar el funcionamiento de las alarmas se hace variar el flujo del agua de forma manual con el potenciómetro que se tiene en el panel frontal del módulo y provocar que se activen la o las alarmas deseadas, y si en un momento dado lo cambiamos al modo automático el proceso retoma la regulación hasta alcanzar el setpoint y estabilizarse en éste, en la figura 3.26 se puede apreciar la variación de la curva de proceso.

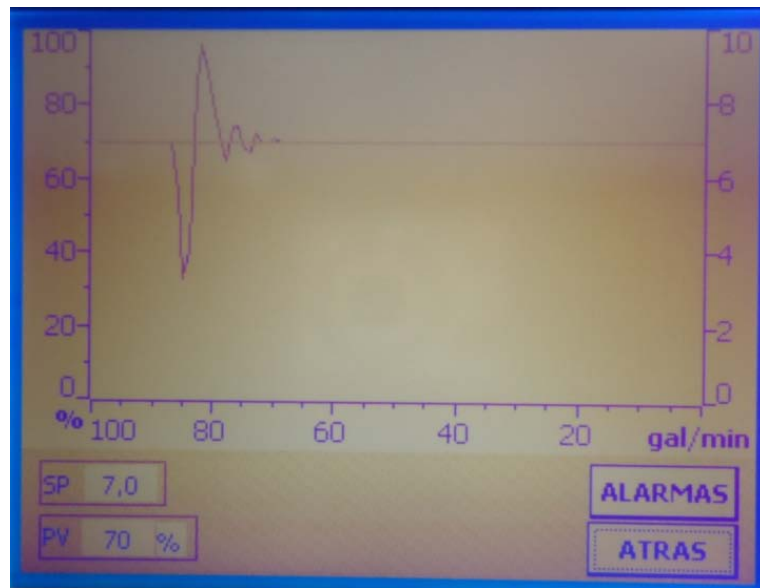


Figura 3. 26 Curva de respuesta en prueba con alarmas.

La figura 3.27 muestra como las luces piloto se encienden cuando existe un estado de alarma.



Figura 3. 27 Luces piloto y pantalla de registro de alarmas

En la pantalla de alarmas se puede ver la ventana de avisos, en donde se va registrando las alarmas que han aparecido hasta entonces, en la parte inferior de la ventana de avisos se tiene un botón para el reconocimiento de las alarmas, el mismo que hace que se apaguen las lámparas del

panel frontal indicando que el operador tuvo conocimiento del suceso, pero no desaparece el mensaje sino hasta que salga del estado de alarma, la figura 3.28 se puede apreciar la ventana de avisos de mejor manera.

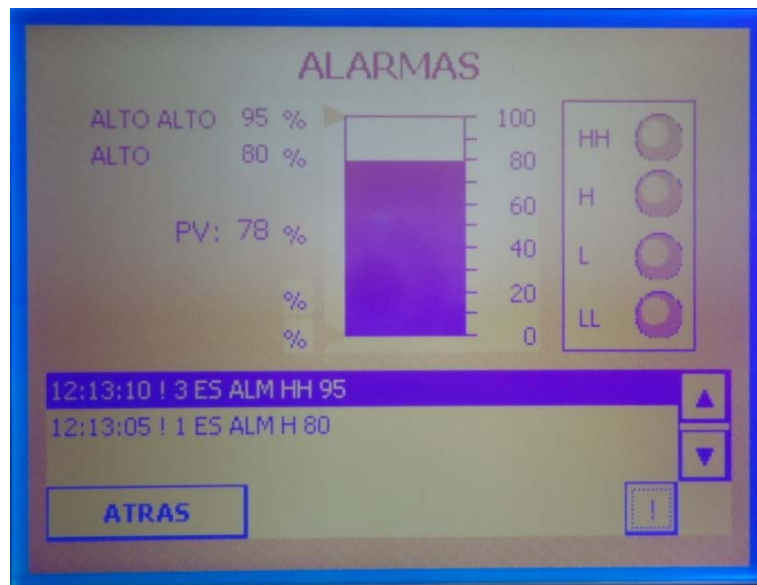


Figura 3. 28 Pantalla de alarmas y ventana de avisos

3.5 Alcances y limitaciones.

Alcances

En el transcurso de desarrollo del proyecto se pudo notar los siguientes alcances, los cuales se pone a consideración.

- Es posible visualizar el comportamiento de la variable de proceso en tiempo real y en el momento deseado sin necesidad de recurrir a un registrador de papel.
- Centraliza la información (Configuración y supervisión) en un mismo punto provocando así una menor pérdida de concentración y tiempo en el manejo del proceso.
- Brinda la posibilidad de manejar cuatro estados de alarmas.
- Flexibilidad para realizar cambios de programación ya sea en el PLC o en la TOUCH SCREEN.

Limitaciones

Así mismo durante el desarrollo del proyecto se notaron las siguientes limitaciones.

- El sistema no puede trabajar con una alimentación eléctrica monofásica de (110 Vac) ya que no le suministraría la suficiente energía para el funcionamiento del sistema.
- Por cuestiones de instalación en espacio reducido, el funcionamiento del tubo venturi no es el adecuado para que el transmisor de presión diferencial logre medir todo el rango propuesto, pues este entrega una lectura correcta a partir de los 2 GPM.
- Para la instalación del transmisor de flujo de paletas se realizó adaptaciones de diámetros de tubería ya que la tubería del sistema es de $\frac{3}{4}$ " y para la instalación del sensor se necesita un diámetro de $1 \frac{1}{2}$ ", por lo que se tuvo que utilizar reductores producto de lo cual el transmisor entrega una lectura con una cierta desviación.
- El módulo en cuestión no se puede poner en red directamente a menos que se haga una adición de programación en el programa principal del PLC, por ejemplo adicionando la librería de MODBUS se puede lograr la capacidad de colgarse a una red.

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se ha implementado un sistema de control de flujo de agua, aplicando los conocimientos adquiridos durante la formación como profesionales de la carrera permitiendo tener una visión general de la estructura y etapas de un proceso.
- En el proyecto realizado se puede notar que intervienen algunos campos de la ingeniería como son: Control de Procesos, Sistemas SCADA, Instrumentación Industrial e Interfaces.
- El proyecto implementado, ensamblado y desarrollado aporta un sistema flexible y moderno que incrementa el conocimiento a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Electrónica e Instrumentación permitiendo realizar el control y monitoreo de los diferentes modos de control a nivel industrial en un proceso de flujo de agua.
- El sistema presentado significa una buena inversión en conocimiento y a la vez un gran ahorro ya que un módulo de las mismas condiciones tiene un costo muy elevado.
- Se realizó una programación satisfactoria del HMI con la ayuda del software WinCC Flexible donde se presenta un entorno eficiente y amigable para la configuración del sistema, facilitando además la comunicación entre la pantalla táctil y el Autómata Siemens S7-200 CPU-224.
- Se integró al módulo dos transmisores (de presión diferencial y de flujo de paletas) los cuales entregan una lectura en su HMI integrada en GPM que se ajustan muy bien para realizar cualquier tipo de control con uno de ellos, y se puede notar que el transmisor de flujo de paletas da una desviación en su medición por estar instalado en un espacio muy reducido y además cercano a la descarga de la bomba de agua.

- El elemento de control final es un variador de frecuencia SINAMICS G110 el cual se gobierna por medio del PLC y presenta un resultado satisfactorio de operación garantizando así el buen funcionamiento del proceso.
- Se pudo notar que el método de control de flujo de agua por variación de velocidad es eficiente, que el método por estrangulación de válvulas ya que el motor trifásico cuando se varía la velocidad se reduce también el consumo energético y disminuyendo así el costo de operación, mientras que cuando se controla válvulas el motor siempre trabaja en toda su capacidad sin reducir el consumo energético.
- El PLC Siemens S7-200 CPU-224 se ajustó perfectamente al proceso controlado ya que se tuvo la posibilidad de configurar y manipular un lazo de control PID de tal manera que se pueda comportar de un modo de control específico, con solo anular las acciones reguladoras de determinados términos en su algoritmo de control.
- La Touch Screen TP177A fue la designación correcta al ser utilizada en este proyecto porque posee características esenciales que se acoplan a las necesidades del sistema, consintiendo una acción directa con el operador simplemente con pulsar su pantalla e ingresar a los parámetros en el HMI, además este dispositivo es totalmente automático ya que solo se necesita cargar una sola vez el programa en su memoria interna.
- Se pudo comprobar que para el proceso de flujo de agua implementado en este proyecto se obtiene un control muy satisfactorio solamente aplicado un control Proporcional-Integral, ya que al ingresar el tiempo derivativo (T_d) el sistema requiere de un valor muy pequeño que puede fácilmente obviarse si el proceso no está muy expuesto a perturbaciones.

4.2 Recomendaciones

- Antes de empezar a manipular el módulo en la práctica de laboratorio, se debe leer y consultar el manual de usuario con el fin de manejar todos los recursos de proyecto implementado y evitar daños graves o de difícil solución.
- Si por algún motivo se obtiene una medición errónea lo primero que se debe revisar son las conexiones realizadas y verificar si los cables de conexiones se encuentran en buenas condiciones de uso.
- En caso de querer hacer algún cambio de programación, se recomienda tomar en cuenta que los símbolos utilizados están relacionados con el HMI de la touch screen y estos deben mantenerse para el buen funcionamiento del sistema.
- Se recomienda realizar cambios ocasionales del agua que circula por el sistema ya que por no ser un ambiente estéril esta podría llenarse de impurezas que a su vez puedan ocasionar malas lecturas de medición.
- Es necesario verificar el correcto funcionamiento de los transmisores instalados en el sistema comparando el valor medido con la medida de flujo que muestra el rotámetro que para este caso sería el patrón de medición, y si el caso lo requiere ajustar el transmisor defectuoso.
- La apertura para la investigación e inversión en nueva tecnología es importante para la Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación ya que se la industria de hoy en día se encuentra en constante evolución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ENLACES

- MORRIS Alan S “Principios de medición e instrumentación” primera edición, Pearson Educación, México, 2002.
- CREUS Solé Antonio, “Instrumentación Industrial”, sexta edición, Alfaomega, México, 1998.
- Manual transmisor de presión diferencial FOXBORO IDP50
- Instrucciones y especificaciones del transmisor de flujo +GF+ SIGNET 8550-1
- Manual del sistema de automatización S7-200
- http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1_trasp.pdf
- <http://www.slideshare.net/gdetecno/el-control-de-fluidos>
- http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico_2.htm#el_control_si_no
- http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo#Proporcional
- http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad
- <http://rincondelvago.com>
- <http://www.xuletas.es/ficha/transmisores-neumaticos-electronico-inteligentes-y-convertidores/>
- <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>
- <http://www.automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/PLC%20GUIA%203.pdf>
- <http://www.mailxmail.com/curso-controladores-logicos-programables/estructura-basica-plc>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla_t%C3%A1ctil
- <http://www.foxboro.com/us/eng/products/instrumentation/downloads/ecpressuresafety/ecpressuresafety.htm>
- <http://www.siemens.com/sinamics-g110>
- www.siemens.com/panels

Latacunga, abril de 2011

ELABORADO POR:

Eduardo Amaya O.
050242976-4

Wilson Chicaiza L.
050286965-4

APROBADO POR:

Ing. Armando Álvarez S.
DIRECTOR LA CARRERA DE ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO POR:

Ing. Eduardo Vásquez A.
SECRETARIO ACADÉMICO

ANEXO A
GLOSARIO DE TÉRMINOS.

A

ACTUADOR. Es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

ANALÓGICO Se refiere a las magnitudes o valores que "varían con el tiempo en forma continua" como la distancia y la temperatura, la velocidad, que podrían variar muy lento o muy rápido como un sistema de audio.

AUTOMATIZACIÓN. Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

AUTÓMATA. Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado.

AUTÓMATA PROGRAMABLE. Equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales.

API. (Application Programming Interface) Una interfaz de programación de aplicaciones es el conjunto de funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

B

BASE DE DATOS. Es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente en formato digital que ofrece

un amplio rango de soluciones al problema de almacenar datos para su posterior uso.

BUSES DE CAMPO. Es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

C

CAUDAL. En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa por el río en una unidad de tiempo.

CONFIGURAR. Adaptar una aplicación software o un elemento hardware al resto de los elementos del entorno y a las necesidades específicas del usuario. Es una tarea esencial antes de trabajar con cualquier nuevo elemento.

CAMPO MAGNÉTICO. Es una región del espacio en la cual una carga eléctrica puntual de valor q que se desplaza a una velocidad \mathbf{v} , sufre los efectos de una fuerza que es perpendicular y proporcional tanto a la velocidad como al campo.

D

DB9. Es un conector estándar para comunicación serial.

DISPOSITIVOS DE ESTADO SÓLIDO. Son pequeños componentes electrónicos activos que están que están contruidos por materiales semiconductores, por los cuales e conduce corriente eléctrica y son utilizados en la fabricación de circuitos integrados.

DIAFRAGMA. Elemento sensible formado por una membrana colocada entre dos volúmenes, la membrana es deformada por la presión diferencial que le es aplicada.

E

ELEMENTOS FINALES DE CONTROL. Es el instrumento que recibe las señales del sistema tomadas por el controlador y las ejecuta directamente sobre la variable controlada.

ESTADO ESTACIONARIO. Es aquel punto donde todas las variables en términos per cápita efectivo permanecen constantes.

ERROR. Es la diferencia entre el valor leído del instrumento y el valor real de la variable.

G

GRAFICADORES. Son programas informáticos que gracias a dibujos vectoriales o mapa de bits, representación de una imagen por pequeños puntos o píxeles con un color y luminosidad determinada, nos ayudan a crear ilustraciones desde un logotipo o cualquier otra ilustración profesional.

H

HMI. (Human Machine Interface) Interfaz Hombre Máquina.

HISTÉRESIS. Diferencia máxima entre los valores de salida del instrumento para el mismo valor cualquiera del campo de medida cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos ascendente y descendente, viene expresada en tanto por ciento de alcance.

I

INSTRUMENTO. Es un dispositivo que se encarga de interpretar señales proporcionales a la magnitud de la variable.

INTERFAZ DE USUARIO es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, un equipo o una computadora, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo, normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de accionar.

INFRARROJO. Es un tipo de luz que no podemos ver con nuestros ojos. Nuestros ojos pueden solamente ver lo que llamamos luz visible. La luz infrarroja nos brinda información especial que no podemos obtener de la luz visible.

K

KOP. Lenguaje de programación a contactos de Siemens.

M

MICROPROCESADOR. Es el circuito integrado central y más complejo de una computadora u ordenador; a modo de ilustración, se le suele asociar por analogía como el "cerebro" de una computadora.

MECANISMO. Es un conjunto de sólidos resistentes, móviles unos respecto de otros, unidos entre sí mediante diferentes tipos de uniones, llamadas pares cinemáticos (pernos, uniones de contacto, pasadores, etc.), cuyo propósito es la transmisión de movimientos y fuerzas.

P

PERTURBACIONES. Señal que afecta la respuesta real del sistema produciendo un error en la medida, ejemplo los campos magnéticos, la inductancia etc. según la sensibilidad individual.

PROCESOS. Es un desarrollo que es realizado por un conjunto de elementos cada uno con ciertas funciones que gradual y progresivamente producen un resultado final.

PID. Acción de control Proporcional-Integral-Derivativo.

PLC. Programmable Logic Controller .Controlador Lógico Programable.

PPI. Point-to-Point Interface. Interfaz punto a punto, es una interfaz integrada.

R

RETROALIMENTADO. Es un proceso por el que una cierta proporción de la señal de salida de un sistema se redirige de nuevo a la entrada. Esto es frecuente en el control del comportamiento dinámico del sistema.

RS-485. Recommended Standard 485. Interfaz de comunicación serial de la EIA/TIA.

RS-232. Consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DE-9).

ROTOR DEVANADO. El rotor devanado o bobinado, como su nombre lo indica, lleva unas bobinas que se conectan a unos anillos deslizantes colocados en el eje, por medio de unas escobillas se conecta el rotor a unas resistencias que se pueden variar hasta poner el rotor en corto circuito al igual que el eje de jaula de ardilla.

S

SEÑAL. Salida que emana del instrumento. Información representativa de un valor cuantificado.

SET POINT. Punto en que una señal se establece bajo ciertos parámetros deseados. Es un punto de consigna para valor de la señal de la variable.

SENSOR. Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

SOFTWARE. Conjunto de programas que ejecuta un computador o PLC.

S7-200. PLC de Siemens de la línea SIMATIC.

SQL. (Lenguaje de Consulta Estructurado) es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en éstas.

SCRIPTS. Es un programa usualmente simple, que por lo regular se almacena en un archivo de texto plano.

T

TRANSDUCTOR. Dispositivo que recibe una o varias señales provenientes de la variable medida y pueden modificarla o no en otra señal.

TIEMPO MUERTO. Intervalo de tiempo desde el momento en que la señal aparece en la entrada de un componente, y el momento en que la respuesta correspondiente, aparece en la salida.

TIA. (Telecommunications Industry Association) Asociación de Industrias de Telecomunicaciones

V

VARIABLE. Es cualquier elemento que posee características dinámicas, estáticas, química y físicas bajo ciertas condiciones, que constantemente se pueden medir.

VARIABLE CONTROLADA. Es la variable directa a regular, sobre la que constantemente estamos pendientes ya que afecta directamente al sistema del proceso, es decir, es la que dentro del bucle de control es captada por el transmisor para originar una señal de retroalimentación.

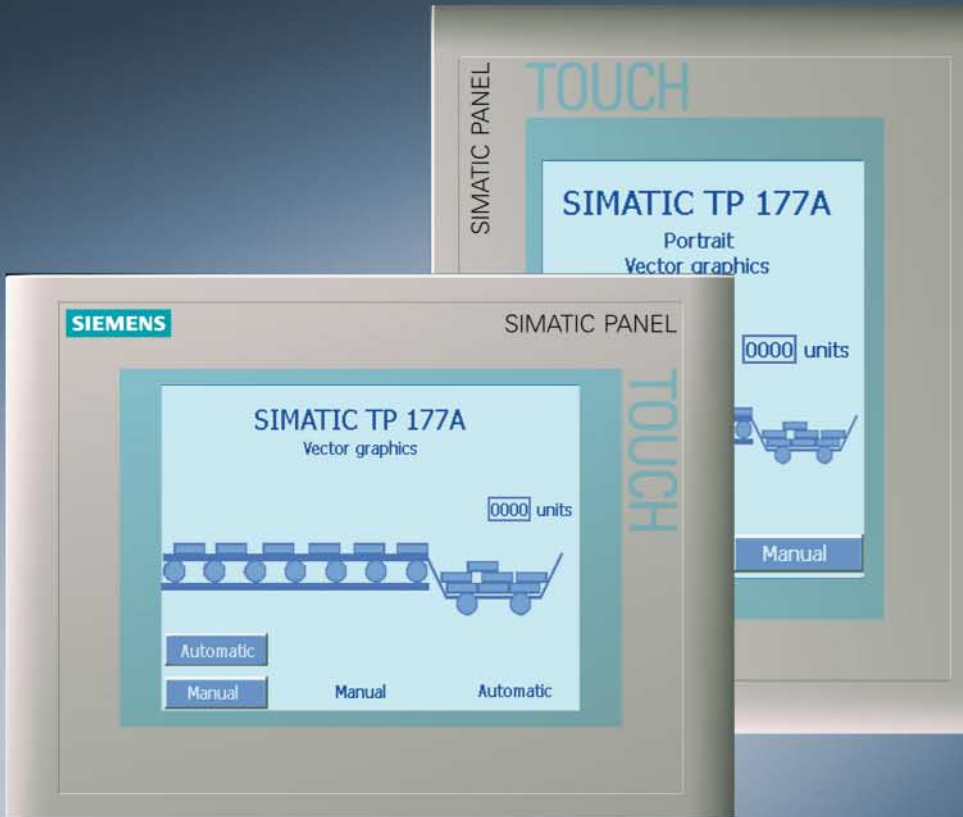
ANEXO B

HOJAS DE ESPECIFICACIONES

TÉCNICAS

SIMATIC TP 177A

Nuevas perspectivas de aplicación



Powered by
WinCC flexible

A destacar

- Display 5,7" STN totalmente gráfico, bluemode (4 niveles de azul)
- Nuevas perspectivas de aplicación: uso posible en disposición "retrato" (resolución 240 x 320 píxeles)
- Sistema de alarmas con historial y clases de avisos de libre definición
- Mayor funcionalidad gráfica: gráficos vectoriales
- Aplicabilidad mundial: hasta 5 idiomas online incl. alfabetos asiático y cirílico, hasta 32 idiomas utilizables en un proyecto
- Conectable a PLCs SIMATIC S7 y a PLCs en software/slot-PLCs SIMATIC WinAC
- Todos los puertos (p.ej. MPI y PROFIBUS DP) on board
- Configuración con SIMATIC WinCC flexible Compact o superior
- Sencillo servicio técnico gracias a su construcción exenta de mantenimiento y a la larga vida útil de la retroiluminación

simatic hmi PANELS

El panel táctil TP 177A seduce por su inmejorable relación calidad-precio. Permite emplear equipos con capacidad gráfica incluso en ampliaciones menores y con escasos recursos financieros.

La configuración se realiza con el novedoso software de ingeniería SIMATIC WinCC® flexible.

SIEMENS

SIMATIC TP 177A

Nuevas perspectivas de aplicación

Configuración, muy sencilla con SIMATIC WinCCflexible

El SIMATIC TP 177A forma parte de una línea de paneles completa y homogénea de SIMATIC HMI, que se configura con el software de ingeniería SIMATIC WinCC flexible. Se está utilizando ya el económico paquete WinCC flexible Compact.

Funcionalidad conviente

El TP 177A ofrece al usuario una funcionalidad a precio justo para todas las tareas que se le plantean.

Hay más funciones disponibles para pulsadores táctiles, lámparas de señalización, protección de contraseñas, imágenes, campos de entradas y salidas, textos fijos y muchos elementos más.

El sistema de alarmas ofrece clases de avisos de libre definición (p. ej. avisos operativos y fallo) para determinar los tipos de confirmación y la presentación de los eventos de aviso.

La función de gráficos vectoriales facilita aún más la creación de gráficos. El software de ingeniería permite generar formas geométricas sencillas como líneas, circunferencias y rectángulos.

El TP 177A ofrece nuevas perspectivas gracias a la configurabilidad en disposición "retrato".

Manejo táctil intuitivo

La pantalla sensible al tacto permite disfrutar de un manejo y una visualización intuitivos. No es necesario utilizar teclas mecánicas. Los botones táctiles que no dependen de la variante lingüística seleccionada permiten crear pantallas de mando claras y sencillas reduciendo considerablemente la fase de aprendizaje de los usuarios y, por supuesto, los errores de manejo.

Parte integrante de SIMATIC

Huelga decir que el TP 177A permite aprovechar las ventajas de la Totally Integrated Automation® (TIA) para reducir los costes de ingeniería. Por ejemplo, el acceso a la base de datos de STEP®7 evita introducciones repetidas de datos.

Especificaciones técnicas	TP 177A
Display	de cristal líquido STN 5,7" (LCD), bluemode (4 niveles de azul)
▪ Resolución (A x A en píxeles)	320 x 240 (240 x 320 en disposición "retrato")
▪ MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	aprox. 50.000 horas
Elementos de mando	Pantalla táctil
▪ Teclado numérico/alfanumérico	sí / sí ¹⁾
Procesador	ARM CPU
Memoria (útil para datos de usuario)	512 kbytes flash / RAM
Interfases (puertos)	1 x RS 422, 1 x RS 485
Conexión al PLC	S7-200, S7-300/400, WinAC
Tensión de alimentación / Intensidad nominal	24 V DC (+18 a + 30 V DC) / 0,24 A
Reloj	Reloj de software, sin respaldo
Grado de protección (frontal / parte posterior)	IP65 (panel ya montado), NEMA 4x, NEMA 4/ IP20
Certificación	en prep. FM, cULus, CE, C-Tick, zona Ex 2/22
Dimensiones	
▪ Panel frontal A x A (mm)	212 x 156
▪ Recorte en panel frontal A x A (mm)	198 x 142
Peso	0,7 kg
Condiciones ambientales	
▪ Posición de montaje	vertical
▪ máx. ángulo de inclinación sin ventilación externa	+/- 35°
▪ Temperatura	
– En servicio (montaje vertical máx. ángulo de inclinación)	0 °C a +50 °C / 0 °C a + 40 °C
– En transporte, almacenamiento	-20 °C a +60 °C
▪ Máx. humedad relativa	85%
Funcionalidad	
Sistema de alarmas	
▪ Número de avisos	1000
▪ Búfer de avisos	Búfer en anillo, 256 entradas ²⁾
Imágenes del proceso	250
▪ Objetos gráficos	Bitmaps, iconos, fondos de pantalla
▪ Objetos dinámicos	Barra
▪ Objetos textuales	1000 elementos de texto
▪ Variables por imagen / campos por imagen	30 / 30
Variables	500
Administración de usuarios (seguridad)	Derechos específicos de grupos de usuarios (hasta 32 derechos)
Idiomas online	5
Juego de caracteres (fuentes)	WinCC flexible, ideogramas
Sistema de ayuda	sí
Planificador de tareas	sí
Herramienta de configuración	WinCC flexible 2004 Compact HSP o sup. (se adquiere por separado)
▪ Transferencia de la configuración	Serial mediante RS 485/ MPI / PROFIBUS DP

1) Presentación sólo con fuente inglesa

2) Sin respaldo por pila

Nota: Todos los valores indicados son máximos.

La suma de todos los elementos configurados está limitada por el tamaño de la memoria.

producto. Por ello, la presencia de las prestaciones deseadas sólo será vinculante si se ha estipulado expresamente al concluir el contrato. Reservada la posibilidad de suministro y modificaciones técnicas.

Este prospecto incluye únicamente descripciones o prestaciones que en el caso concreto de aplicación concreto pueden no coincidir exactamente con lo descrito, o bien haber sido modificadas como consecuencia de un ulterior desarrollo del

SIMATIC

Manual del sistema de automatización S7-200

Prólogo, contenido	
Gama de productos S7-200	1
Getting Started	2
Montar el S7-200	3
Generalidades del S7-200	4
Conceptos de programación, convenciones y funciones	5
Juego de operaciones del S7-200	6
Comunicación en redes	7
Eliminar errores de hardware y comprobar el software	8
Controlar el movimiento en lazo abierto con el S7-200	9
Crear un programa para el módulo Módem	10
Utilizar la librería del protocolo USS para controlar un accionamiento MicroMaster	11
Utilizar la librería del protocolo Modbus	12
Utilizar recetas	13
Utilizar registros de datos	14
Autosintonizar el PID y Panel de sintonía PID	15
Anexos	

Número de referencia del manual:
6ES7298-8FA24-8DH0

Índice alfabético

Edición 09/2007

A5E00307989-03

Novedades

A continuación se indican las nuevas funciones de los sistemas de automatización SIMATIC S7-200:

- ❑ CPU S7-200: Nueva CPU S7-200 224XPsi DC/DC/DC, 14 entradas/10 salidas
- ❑ Nuevos módulos de ampliación S7-200:
 - Nuevos módulos de ampliación digitales: EM 223 24 VDC 32 entradas/32 salidas digitales y EM 223 24 VDC 32 entradas digitales/32 salidas de relé
 - Nuevos módulos de ampliación de alta densidad: EM 232, 4 salidas analógicas y EM 231, 8 entradas analógicas
- ❑ STEP 7-Micro/WIN, versión 4.0, paquete de software de programación para el S7-200. Herramientas nuevas y mejoradas, incluyendo:
 - Sistema operativo: Microsoft Vista se soporta ahora
 - Mejoras en los editores KOP y FUP: Complementación automática de nombres simbólicos, posibilidad de arrastrar y soltar nombres simbólicos, teclas de método abreviado para nombres simbólicos
 - Configuración de la comunicación: Si se detecta un cable USB al iniciar STEP 7-Micro/WIN por primera vez, se selecciona automáticamente la comunicación USB.
 - Librerías:
 - Con las librerías del maestro Modbus RTU es posible crear una red Modbus RTU utilizando los puertos 0 ó 1. El S7-200 actúa de maestro o de esclavo en una red Modbus RTU.
 - A partir de ahora está disponible una librería USS para los puertos 0 ó 1 (de las CPUs 22XP y 226). Ello permite utilizar la comunicación USS en el puerto 1 y reservar el puerto 0 para la comunicación PPI o Freepport.
 - Protección por contraseña: Se ha agregado el nivel 4 de protección por contraseña para ofrecer más seguridad a la propiedad intelectual del autor del programa.
 - Asistente del visualizador de textos: El asistente del visualizador de textos soporta ahora el TD400C.

CPU S7-200

La CPU S7-200 incorpora en una carcasa compacta un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y de salida que conforman un potente Micro-PLC (v. fig. 1-1). Tras haber cargado el programa en el S7-200, éste contendrá la lógica necesaria para supervisar y controlar los aparatos de entrada y salida de la aplicación.

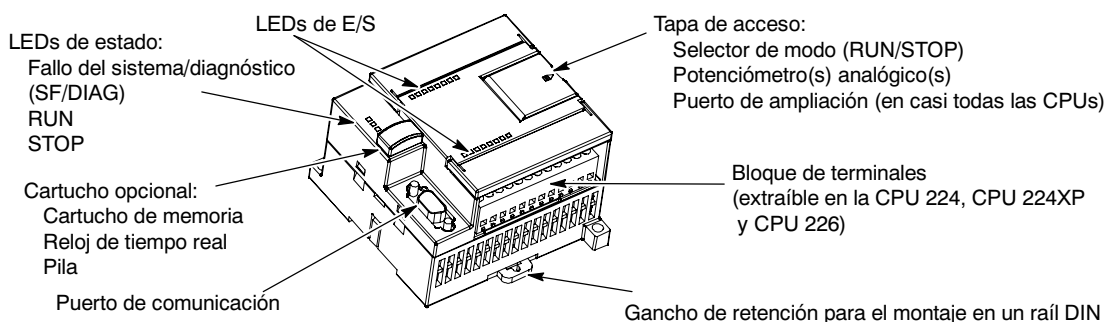


Figura 1-1 Micro-PLC S7-200

Siemens ofrece diferentes modelos de CPUs S7-200 que ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones para crear soluciones efectivas de automatización destinadas a numerosas aplicaciones. En la tabla 1-1 se comparan de forma resumida algunas de las funciones de la CPU. Para más información sobre una CPU en particular, consulte el anexo A.

Tabla 1-1 Comparativa de las CPUs S7-200

Función	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP, CPU 224XPsi	CPU 226
Dimensiones físicas (mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	190 x 80 x 62
Memoria del programa: con edición en runtime sin edición en runtime	4096 bytes 4096 bytes	4096 bytes 4096 bytes	8192 bytes 12288 bytes	12288 bytes 16384 bytes	16384 bytes 24576 bytes
Memoria de datos	2048 bytes	2048 bytes	8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Memoria de backup	50 horas (típ.)	50 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)
E/S integradas Digitales Analógicas	6 E/4 S	8 E/6 S	14 E/10 S	14 E/10 S 2 E/1 S	24 E/16 S
Módulos de ampliación	0 módulos	2 módulos ¹	7 módulos ¹	7 módulos ¹	7 módulos ¹
Contadores rápidos Fase simple	4 a 30 kHz	4 a 30 kHz	6 a 30 kHz	4 a 30 kHz 2 a 200 kHz	6 a 30 kHz
Dos fases	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	4 a 20 kHz	3 a 20 kHz 1 a 100 kHz	4 a 20 kHz
Salidas de impulsos (DC)	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 100 kHz	2 a 20 kHz
Potenciómetros analógicos	1	1	2	2	2
Reloj de tiempo real	Cartucho	Cartucho	Incorporado	Incorporado	Incorporado
Puertos de comunicación	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
Aritmética en coma flotante	Sí				
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E / 128 S)				
Velocidad de ejecución booleana	0.22 microsegundos/operación				

¹ Es preciso calcular la corriente necesaria para determinar cuánta energía puede suministrar la CPU S7-200 a la configuración deseada. Si se excede la corriente necesaria para la CPU, es posible que no se pueda conectar el número máximo de módulos. Consulte el anexo A para más información acerca de los requisitos de alimentación de la CPU y de los módulos de ampliación, así como el anexo B para calcular la corriente necesaria.

Módulos de ampliación S7-200

La gama S7-200 incluye una gran variedad de módulos de ampliación para poder satisfacer aún mejor los requisitos de la aplicación. Estos módulos se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU S7-200. En la tabla 1-2 figura una lista de los módulos de ampliación disponibles en la actualidad. Para más información sobre un módulo en particular, consulte el anexo A.

Tabla 1-2 Módulos de ampliación S7-200

Módulos de ampliación	Tipo de datos			
Módulos digitales				
Entrada	8 entradas DC	8 entradas AC	16 entradas DC	
Salida	4 salidas DC	4 salidas de relé	8 salidas de relé	
	8 salidas DC	8 salidas AC		
Combinación	4 entradas DC / 4 salidas DC	8 entradas DC / 8 salidas DC	16 entradas DC / 16 salidas DC	32 entradas DC / 32 salidas DC
	4 entradas DC / 4 salidas de relé	8 entradas DC / 8 salidas de relé	16 entradas DC / 16 salidas de relé	32 entradas DC / 32 salidas de relé
Módulos analógicos				
Entrada	4 entradas analógicas	8 entradas analógicas	4 entradas termopar	
	2 entradas RTD	2 entradas RTD		
Salida	2 salidas analógicas	4 salidas analógicas		
Combinación	4 entradas analógicas 4 salidas analógicas			
Módulos inteligentes				
	Posición	Módem	PROFIBUS-DP	
	Ethernet	Ethernet IT		
Otros módulos				
	ASInterface	SIWAREX MS ¹		

¹ Información detallada no incluida en el anexo A. Consulte la documentación del módulo.

Paquete de programación STEP 7-Micro/WIN

El paquete de programación STEP 7-Micro/WIN constituye un entorno de fácil manejo para desarrollar, editar y observar el programa necesario con objeto de controlar la aplicación. STEP 7-Micro/WIN provee tres editores que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control. Para encontrar fácilmente la información necesaria, STEP 7-Micro/WIN ofrece una completa Ayuda en pantalla y un CD de documentación que incluye una versión electrónica del presente manual, ejemplos de aplicación y otras informaciones de gran utilidad.

Requisitos del sistema

STEP 7-Micro/WIN se puede ejecutar en un ordenador (PC), o bien en una programadora de Siemens (p. ej. en una PG 760). El PC o la PG debe cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- Sistema operativo:
Windows 2000, Windows XP, Vista
- 350 Mbytes libres en el disco duro
(como mínimo)
- Ratón (recomendado)

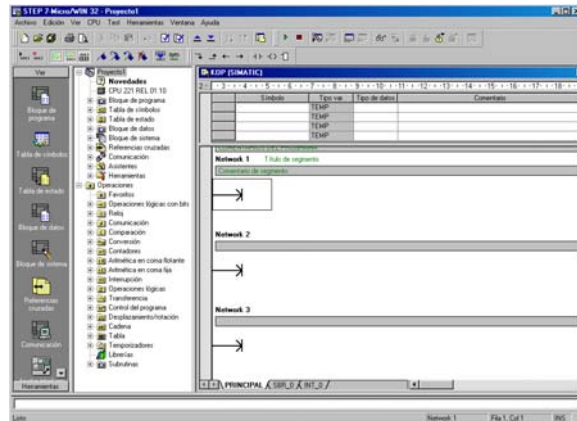


Figura 1-2 STEP 7-Micro/WIN

Instalar STEP 7-Micro/WIN

Inserte el CD de STEP 7-Micro/WIN en la unidad de CD-ROM. El asistente de instalación arrancará automáticamente y le conducirá por el proceso de instalación. Para más información sobre cómo instalar STEP 7-Micro/WIN, consulte el archivo Léame.



Consejo

Para instalar STEP 7-Micro/WIN en el sistema operativo Windows 2000, Windows XP o Windows Vista, deberá iniciar la sesión con derechos de administrador.

Opciones de comunicación

Siemens ofrece dos opciones de programación para conectar el PC al S7-200, a saber: una conexión directa vía un cable PPI multimaestro, o bien un procesador de comunicaciones (CP) con un cable MPI.

El cable de programación PPI multimaestro es el método más usual y más económico de conectar el PC al S7-200. Este cable une el puerto de comunicación del S7-200 con el puerto serie del PC. El cable de programación PPI multimaestro también se puede utilizar para conectar otros dispositivos de comunicación al S7-200.

Datos técnicos de las CPUs

Tabla A-2 Números de referencia de las CPUs

Nº de referencia	Modelo de CPU	Alimentación (nominal)	Entradas digitales	Salidas digitales	Puertos COM	Entradas analógicas	Salidas analógicas	Conector extraíble
6ES7 211-0AA23-0XB0	CPU 221	24 VDC	6 x 24 VDC	4 x 24 VDC	1	No	No	No
6ES7 211-0BA23-0XB0	CPU 221	120 a 240 VAC	6 x 24 VDC	4 salidas de relé	1	No	No	No
6ES7 212-1AB23-0XB0	CPU 222	24 VDC	8 x 24 VDC	6 x 24 VDC	1	No	No	No
6ES7 212-1BB23-0XB0	CPU 222	120 a 240 VAC	8 x 24 VDC	6 salidas de relé	1	No	No	No
6ES7 214-1AD23-0XB0	CPU 224	24 VDC	14 x 24 VDC	10 x 24 VDC	1	No	No	Sí
6ES7 214-1BD23-0XB0	CPU 224	120 a 240 VAC	14 x 24 VDC	10 salidas de relé	1	No	No	Sí
6ES7 214-2AD23-0XB0	CPU 224XP	24 VDC	14 x 24 VDC	10 x 24 VDC	2	2	1	Sí
6ES7 214-2AS23-0XB0	CPU 224XPsi	24 VDC	14 x 24 VDC	10 x 24 VDC	2	2	1	Sí
6ES7 214-2BD23-0XB0	CPU 224XP	120 a 240 VAC	14 x 24 VDC	10 salidas de relé	2	2	1	Sí
6ES7 216-2AD23-0XB0	CPU 226	24 VDC	24 x 24 VDC	16 x 24 VDC	2	No	No	Sí
6ES7 216-2BD23-0XB0	CPU 226	120 a 240 VAC	24 x 24 VDC	16 salidas de relé	2	No	No	Sí

Tabla A-3 Datos técnicos generales de las CPUs

Nº de referencia	Nombre y descripción de la CPU	Dimensiones en mm (l x a x p)	Peso	Disipación	VDC disponible	
					+5 VDC	+24 VDC ¹
6ES7 211-0AA23-0XB0	CPU 221 DC/DC/DC 6 entradas/4 salidas	90 x 80 x 62	270 g	3 W	0 mA	180 mA
6ES7 211-0BA23-0XB0	CPU 221 AC/DC/relé 6 entradas/4 salidas de relé	90 x 80 x 62	310 g	6 W	0 mA	180 mA
6ES7 212-1AB23-0XB0	CPU 222 DC/DC/DC 8 entradas/6 salidas	90 x 80 x 62	270 g	5 W	340 mA	180 mA
6ES7 212-1BB23-0XB0	CPU 222 AC/DC/relé 8 entradas/6 salidas de relé	90 x 80 x 62	310 g	7 W	340 mA	180 mA
6ES7 214-1AD23-0XB0	CPU 224 DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	120,5 x 80 x 62	360 g	7 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-1BD23-0XB0	CPU 224 AC/DC/relé 14 entradas/10 salidas de relé	120,5 x 80 x 62	410 g	10 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2AD23-0XB0	CPU 224XP DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	140 x 80 x 62	390 g	8 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2AS23-0XB0	CPU 224XPsi DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	140 x 80 x 62	390 g	8 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2BD23-0XB0	CPU 224XP AC/DC/relé 14 entradas/10 salidas de relé	140 x 80 x 62	440 g	11 W	660 mA	280 mA
6ES7 216-2AD23-0XB0	CPU 226 DC/DC/DC 24 entradas/16 salidas	196 x 80 x 62	550 g	11 W	1000 mA	400 mA
6ES7 216-2BD23-0XB0	CPU 226 AC/DC/relé 24 entradas/16 salidas de relé	196 x 80 x 62	660 g	17 W	1000 mA	400 mA

¹ Ésta es la alimentación de sensores de 24 VDC disponible tras tenerse en cuenta la alimentación interna de bobinas de relé y los requisitos de corriente de 24 VDC del puerto de comunicación.

Tabla A-4 Datos técnicos de las CPUs

	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP CPU 224XPSi	CPU 226
Memoria					
Tamaño del programa de usuario con edición en runtime sin edición en runtime	4096 bytes 4096 bytes		8192 bytes 12288 bytes	12288 bytes 16384 bytes	16384 bytes 24576 bytes
Datos de usuario	2048 bytes		8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Respaldo (condensador de alto rendimiento)	Típ. 50 h (mín. 8 h a 40°C)		Típ. 100 h (mín. 70 h a 40°C)	Típ. 100 h (mín. 70 h a 40°C)	
(pila opcional)	Típ. 200 días		Típ. 200 días	Típ. 200 días	
E/S					
E/S digitales	6 E/4 S	8 E/6 S	14 E/10 S	14 E/10 S	24 E/16 S
E/S analógicas	Ninguna			2 E/1 S	Ninguna
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E/128 S)				
Tamaño de la imagen de E/S analógicas	Ninguno	32 (16 E/16 S)	64 (32 E/32 S)		
Nº máx. de módulos de ampliación	Ninguno	2 módulos ¹	7 módulos ¹		
Nº máx. de módulos inteligentes	Ninguno	2 módulos ¹	7 módulos ¹		
Entradas de captura de impulsos	6	8	14		24
Contadores rápidos	4 contadores en total 4 a 30 kHz		6 contadores en total 6 a 30 kHz		6 contadores en total 6 a 30 kHz
Fase simple					4 a 30 kHz
Dos fases	2 a 20 kHz		4 a 20 kHz		2 a 200 kHz 3 a 20 kHz 1 a 100 kHz
Salidas de impulsos	2 a 20 kHz (sólo en salidas DC)			2 a 100 kHz (sólo en salidas DC)	2 a 20 kHz (sólo en salidas DC)
Datos generales					
Temporizadores	256 temporizadores en total: 4 temporizadores de 1 ms, 16 temporizadores de 10 ms y 236 temporizadores de 100 ms				
Contadores	256 (respaldo por condensador de alto rendimiento o pila)				
Marcas internas almacenadas al desconectar la CPU	256 (respaldo por condensador de alto rendimiento o pila) 112 (almacenamiento en EEPROM)				
Interrupciones temporizadas	2 con resolución de 1 ms				
Interrupciones de flanco	4 flancos positivos y/o 4 flancos negativos				
Potenciómetros analógicos	1 con resolución de 8 bits		2 con resolución de 8 bits		
Velocidad de ejecución booleana	0.22 µs por operación				
Reloj de tiempo real	Cartucho opcional		Incorporado		
Cartuchos opcionales	Memoria, pila y reloj de tiempo real		Memoria y pila		
Comunicación integrada					
Puertos (potencia limitada)	1 puerto RS-485			2 puertos RS-485	
Velocidades de transferencia PPI, DP/T	9,6, 19,2 y 187,5 kbit/s				
Velocidades de transferencia Freeport	1.2 kbit/s a 115.2 kbit/s				
Longitud máx. del cable por segmento	Con repetidor aislado: 1000 m hasta 187,5 kbit/s, 1200 m hasta 38,4 kbit/s Sin repetidor aislado: 50 m				
Nº máximo de estaciones	32 por segmento, 126 por red				
Nº máximo de maestros	32				
Punto a punto (modo maestro PPI)	Sí (NETR/NETW)				
Enlaces MPI	4 en total, 2 reservados (1 para una PG y 1 para un OP)				

¹ Es preciso calcular la corriente necesaria para determinar cuánta energía puede suministrar la CPU S7-200 a la configuración deseada. Si se excede la corriente necesaria para la CPU, es posible que no se pueda conectar el número máximo de módulos. Consulte el anexo A para más información acerca de los requisitos de alimentación de la CPU y de los módulos de ampliación, así como el anexo B para calcular la corriente necesaria.

Tabla A-5 Datos de alimentación de las CPUs

DC			AC	
Potencia de entrada				
Tensión de entrada	20,4 a 28,8 VDC		85 V a 264 VAC (47 a 63 Hz)	
Intensidad de entrada	CPU sólo a 24 VDC	Carga máx. a 24 VDC	sólo CPU	Carga máx.
CPU 221	80 mA	450 mA	30/15 mA a 120/240 VAC	120/60 mA a 120/240 VAC
CPU 222	85 mA	500 mA	40/20 mA a 120/240 VAC	140/70 mA a 120/240 VAC
CPU 224	110 mA	700 mA	60/30 mA a 120/240 VAC	200/100 mA a 120/240 VAC
CPU 224XP	120 mA	900 mA	70/35 mA a 120/240 VAC	220/100 mA a 120/240 VAC
CPU 224XPsi	120 mA	900 mA	-	-
CPU 226	150 mA	1050 mA	80/40 mA a 120/240 VAC	320/160 mA a 120/240 VAC
Corriente de irrupción	12 A a 28,8 VDC		20 A a 264 VAC	
Aislamiento (campo a circuito lógico)	Sin aislamiento		1500 VAC	
Tiempo de retardo (desde la pérdida de corriente)	10 ms a 24 VDC		20/80 ms a 120/240 VAC	
Fusible (no reemplazable)	3 A, 250 V, de acción lenta		2 A, 250 V, de acción lenta	
Alimentación de sensores 24 VDC				
Tensión de sensores (potencia limitada)	L+ menos 5 V		20,4 a 28,8 VDC	
Intensidad límite	1,5 A pico, límite térmico no destructivo (v. tabla A-3, carga nominal)			
Rizado/corriente parásita	Derivado de potencia de entrada		Menos de 1 V pico a pico	
Aislamiento (sensor a circuito lógico)	Sin aislamiento			

Tabla A-6 Datos de las entradas digitales de las CPUs

Datos generales	Entrada de 24 VDC (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)	Entrada de 24 VDC (CPU 224XP, CPU 224XPsi)
Tipo de datos	Sumidero de corriente/fuente (tipo 1 IEC con sumidero de corriente)	Sumidero de corriente/fuente (tipo 1 IEC, excepto I0.3 a I0.5)
Tensión nominal	Típ. 24 VDC a 4 mA	
Tensión continua máx. admisible	30 VDC	
Sobretensión	35 VDC, 0,5 s	
Señal 1 lógica (mín.)	15 VDC a 2,5 mA	15 VDC a 2,5 mA (I0.0 a I0.2 y I0.6 a I1.5) 4 VDC a 8 mA (I0.3 a I0.5)
Señal 0 lógica (máx.)	5 VDC a 1 mA	5 VDC a 1 mA (I0.0 a I0.2 e I0.6 a I1.5) 1 VDC a 1 mA (I0.3 a I0.5)
Retardo de entrada	Seleccionable (0,2 a 12,8 ms)	
Conexión de sensor de proximidad de 2 hilos (Bero) Corriente de fuga admisible (máx.)	1 mA	
Aislamiento (campo a circuito lógico) Aislamiento galvánico Grupos de aislamiento	Sí 500 VAC, 1 minuto Consulte el diagrama de cableado	
Frecuencia de entrada de los contadores rápidos (HSC) Entradas HSC	Señal 1 lógica	Fase simple
Todos los HSC	15 a 30 VDC	20 kHz
Todos los HSC	15 a 26 VDC	30 kHz
HC4, HC5 (sólo CPU 224XP y CPU 224XPsi)	> 4 VDC	200 kHz
Entradas ON simultáneamente	Todas	Todas Sólo CPU 224XP AC/DC/relé: Todas a 55° C con entradas DC a 26 VDC máx. Todas a 50° C con entradas DC a 30 VDC máx.
Longitud del cable (máx.) Apantallado No apantallado	500 m entradas normales, 50 m entradas HSC ¹ 300 m entradas normales	

¹ Para las entradas HSC se recomienda utilizar cables apantallados de par trenzado.

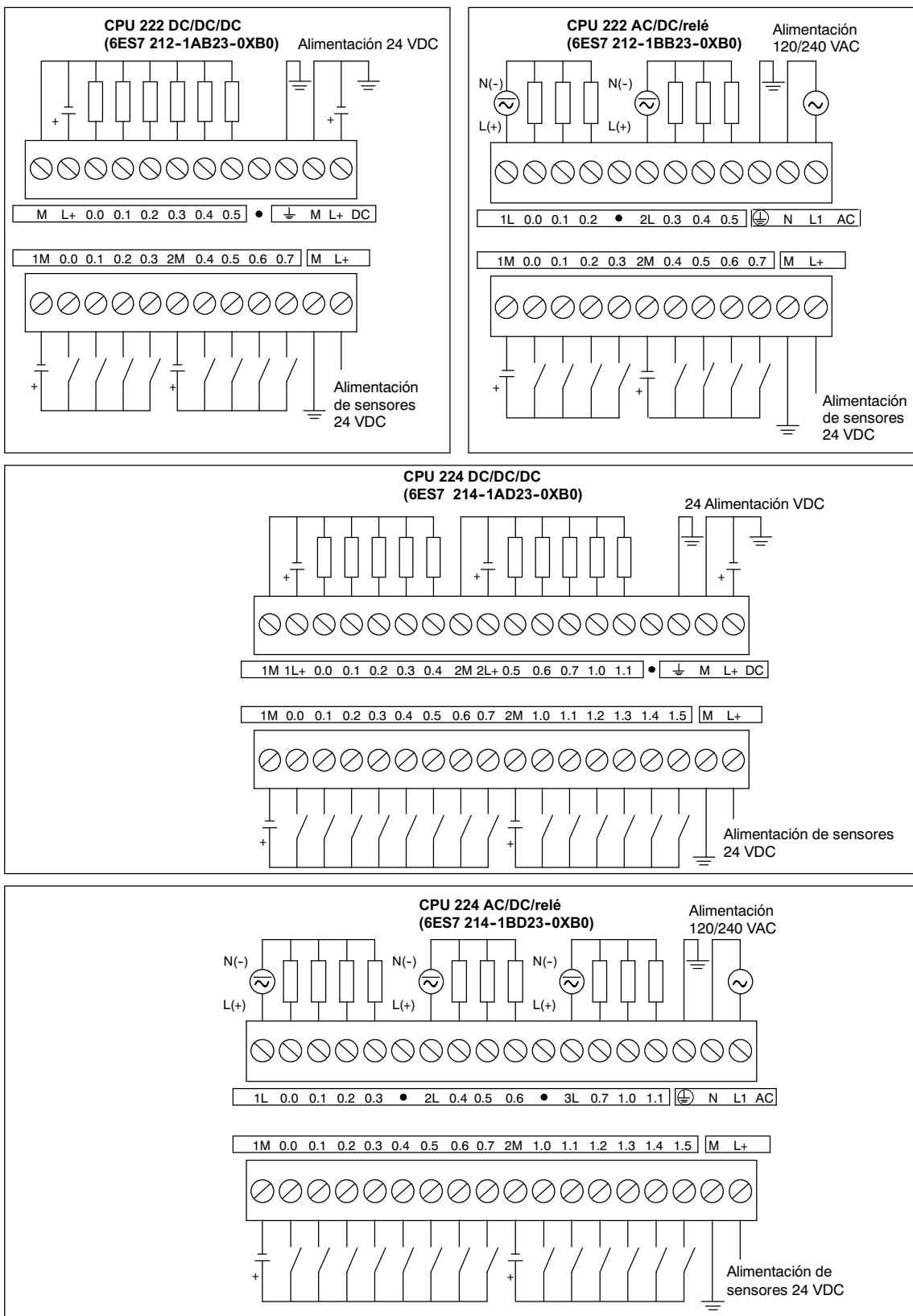


Figura A-4 Diagramas de cableado de las CPUs 222 y 224

Datos técnicos de los módulos de ampliación analógicos

Tabla A-15 Números de referencia de los módulos de ampliación analógicos

Nº de referencia	Módulo de ampliación	Entradas del módulo	Salidas del módulo	Conector extraíble
6ES7 231-0HC22-0XA0	EM 231, 4 entradas analógicas	4	-	No
6ES7 231-0HF22-0XA0	EM 231, 8 entradas analógicas	8	-	No
6ES7 232-0HB22-0XA0	EM 232, 2 salidas analógicas	-	2	No
6ES7 232-0HD22-0XA0	EM 232, 4 salidas analógicas	-	4	No
6ES7 235-0KD22-0XA0	EM 235, 4 entradas analógicas/1 salida analógica	4	1 ¹	No

¹ La CPU reserva 2 salidas analógicas para este módulo.

Tabla A-16 Datos técnicos generales de los módulos de ampliación analógicos

Nº de referencia	Nombre y descripción de la CPU	Dimensiones en mm (l x a x p)	Peso	Disipación	Tensión DC disponible	
					+5 VDC	+24 VDC
6ES7 231-0HC22-0XA0	EM 231, 4 entradas analógicas	71,2 x 80 x 62	183 g	2 W	20 mA	60 mA
6ES7 231-0HF22-0XA0	EM 231, 8 entradas analógicas	71,2 x 80 x 62	190 g	2 W	20 mA	60 mA
6ES7 232-0HB22-0XA0	EM 232, 2 salidas analógicas, 2 salidas	46 x 80 x 62	148 g	2 W	20 mA	70 mA (ambas salidas a 20 mA)
6ES7 232-0HD22-0XA0	EM 232, 4 salidas analógicas	71,2 x 80 x 62	190 g	2 W	20 mA	100 mA (todas las salidas a 20 mA)
6ES7 235-0KD22-0XA0	EM 235, 4 entradas analógicas/1 salida analógica	71,2 x 80 x 62	186 g	2 W	30 mA	60 mA (salida a 20 mA)

Tabla A-17 Datos de las entradas de los módulos de ampliación analógicos

Datos generales	6ES7 231-0HC22-0XA0 6ES7 235-0KD22-0XA0	6ES7 231-0HF22-0XA0
Formato palabra de datos	(v. fig. A-16)	
Bipolar, rango máx.	-32000 a +32000	
Unipolar, rango máx.	0 a 32000	
Impedancia de entrada DC	≥2 MΩ entrada de tensión 250 Ω entrada de intensidad	> 2 MΩ entrada de tensión 250 Ω entrada de intensidad
Atenuación del filtro de entrada	3 db a 3,1 kHz	
Tensión de entrada máxima	30 VDC	
Intensidad de entrada máx.	32 mA	
Resolución	11 bits más 1 bit de signo 12 bits	
Aislamiento (campo a circuito lógico)	Ninguno	
Tipo de entrada	Diferencial	Tensión diferencial, dos canales seleccionables para intensidad
Rangos de entradas	Tensión: Seleccionable; v. tabla A-20 para los rangos disponibles Intensidad: 0 a 20 mA	Tensión: Canales 0 a 7 0 a +10V, 0 a +5V y +/-2,5 Intensidad: Canales 6 y 7 0 a 20mA
Resolución de las entradas	V. tabla A-20	V. tabla A-22
Tiempo de conversión analógica/digital	< 250 μs	
Respuesta de salto de la entrada analógica	1,5 ms a 95%	
Rechazo en modo común	40 dB, DC a 60 Hz	
Tensión en modo común	Tensión de señal más tensión en modo común (debe ser ≤ ±12 V)	
Rango de tensión de alimentación 24 VDC	20,4 a 28,8 VDC (clase 2, potencia limitada o alimentación de sensores de la CPU)	

Tabla A-18 Datos de las salidas de los módulos de ampliación analógicos

Datos generales	6ES7 232-0HB22-0XA0 6ES7 232-0HD22-0XA0 6ES7 235-0KD22-0XA0
Aislamiento (campo a circuito lógico)	Ninguno
Rango de señales	
Salida de tensión	±10 V
Salida de intensidad	0 a 20 mA
Resolución, rango máx.	
Tensión	11 bits
Intensidad	11 bits
Formato palabra de datos	
Tensión	-32000 a +32000
Intensidad	0 a +32000
Precisión	
Caso más desfavorable, 0° a 55° C	
Salida de tensión	± 2% de rango máx.
Salida de intensidad	± 2% de rango máx.
Típico, 25° C	
Salida de tensión	±0,5% de rango máx.
Salida de intensidad	±0,5% de rango máx.
Tiempo de ajuste	
Salida de tensión	100 µS
Salida de intensidad	2 mS
Accionamiento máx.	
Salida de tensión	5000 Ω mín.
Salida de intensidad	500 Ω máx.
Rango de tensión de alimentación 24 VDC	20,4 a 28,8 VDC (clase 2, potencia limitada o alimentación de sensores de la CPU)

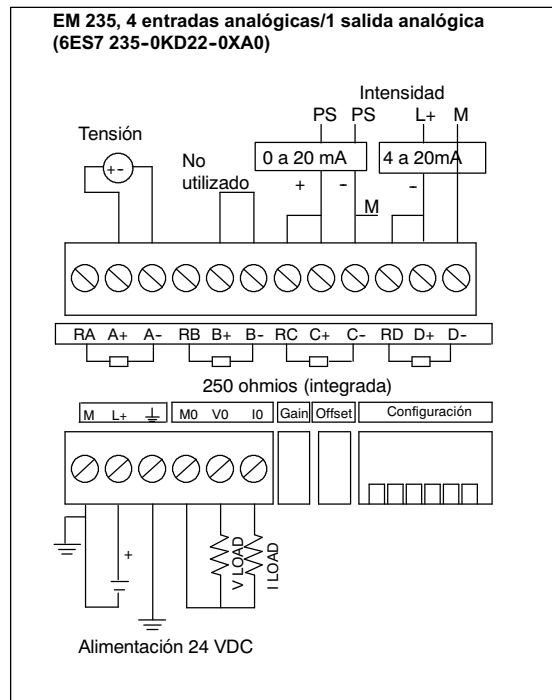


Figura A-14 Diagramas de cableado de los módulos de ampliación analógicos

LEDs analógicos

Los LEDs de los módulos analógicos figuran en la tabla A-19.

Tabla A-19 LEDs analógicos

Indicador LED	ON	OFF
Alimentación 24 VDC	Sin fallos	Sin corriente 24 VDC



Consejo

El estado de la alimentación externa se indica también en marcas especiales (SM). Para más información al respecto, consulte el anexo D (SMB8 a SMB21: Identificadores y registros de errores de los módulos de ampliación).



sinamics

G110

SIEMENS

SINAMICS G110

2 Instalación eléctrica

2.1 Datos técnicos

1 AC 200 - 240 V ± 10 %, 47 - 63 Hz

Referencia 6SL3211-	0AB	11-2xy0*	12-5xy0*	13xy0*	15xy0*	17xy0*	21-1xy0*	21-5xy0*	22-2xy0*	23-0xy0*
	0KB	11-2xy0*	12-5xy0*	13xy0*	15xy0*	17xy0*	-	-	-	-
Tamaño constructivo		A					B		C	
Potencia nominal	kW	0,12	0,25	0,37	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	3,0
	hp	0,16	0,33	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
Corriente de salida (temp. ambiente ad.)	A	0.9 (50 °C)	1.7 (50 °C)	2.3 (50 °C)	3.2 (50 °C)	3.9 (40 °C)	6.0 (50 °C)	7.8 (40 °C)	11.0 (50 °C)	13.6 (40 °C)
Corriente de entrada (230 V)	A	2.3	4.5	6.2	7.7	10.0	14.7	19.7	27.2	32.0
Fusible recomendado	A	10	10	10	10	16	20	25	35	50
	3NA	3803	3803	3803	3803	3805	3807	3810	3814	3820
Cable de entrada	mm ²	1,0 - 2,5	1,0 - 2,5	1,0 - 2,5	1,0 - 2,5	1,5 - 2,5	2,5 - 6,0	2,5 - 6,0	4,0 - 10	6,0 - 10
	AWG	16 - 12	16 - 12	16 - 12	16 - 12	14 - 12	12 - 10	12 - 10	11 - 8	10 - 8
Cable de salida	mm ²	1,0 - 2,5	1,0 - 2,5	1,0 - 2,5	1,0 - 2,5	1,0 - 2,5	1,5 - 6,0	1,5 - 6,0	2,5 - 10	2,5 - 10
	AWG	16 - 12	16 - 12	16 - 12	16 - 12	16 - 12	14 - 10	14 - 10	12 - 8	12 - 8
Para de apriete conexiones de potencia	Nm (lbf.in)	0.96 (8.50)					1.50 (13.30)		2.25 (19.91)	

*→La última cifra de la referencia depende de cambios en el software y hardware

x = A/B → Con filtro integrado
x = U → Sin filtro

y = A → Variante analógica
y = B → Variante USS

2.2 Conexiones de red y del motor

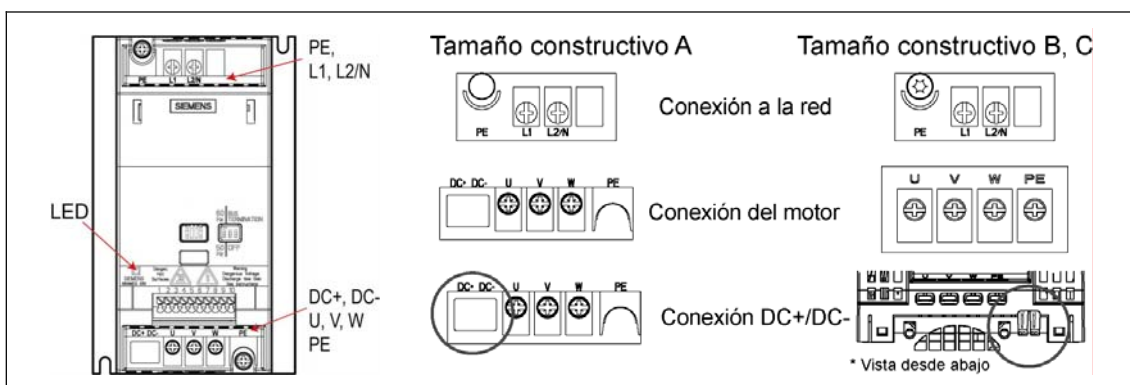


Figura 2-1 Bornes de red y del motor

2.3 Bornes

Borne	Significado	Funciones
1	DOUT-	Salida digital (-)
2	DOUT+	Salida digital (+)
3	DIN0	Entrada digital 0
4	DIN1	Entrada digital 1
5	DIN2	Entrada digital 2
6	-	Salida +24 V / máx. 50 mA
7	-	Salida 0 V
	Variante	Analógica USS
8	-	Salida +10 V RS485 P+
9	ADC1	Entrada analógica RS485 N-
10	-	Salida 0 V

2.4 Esquema de bloques

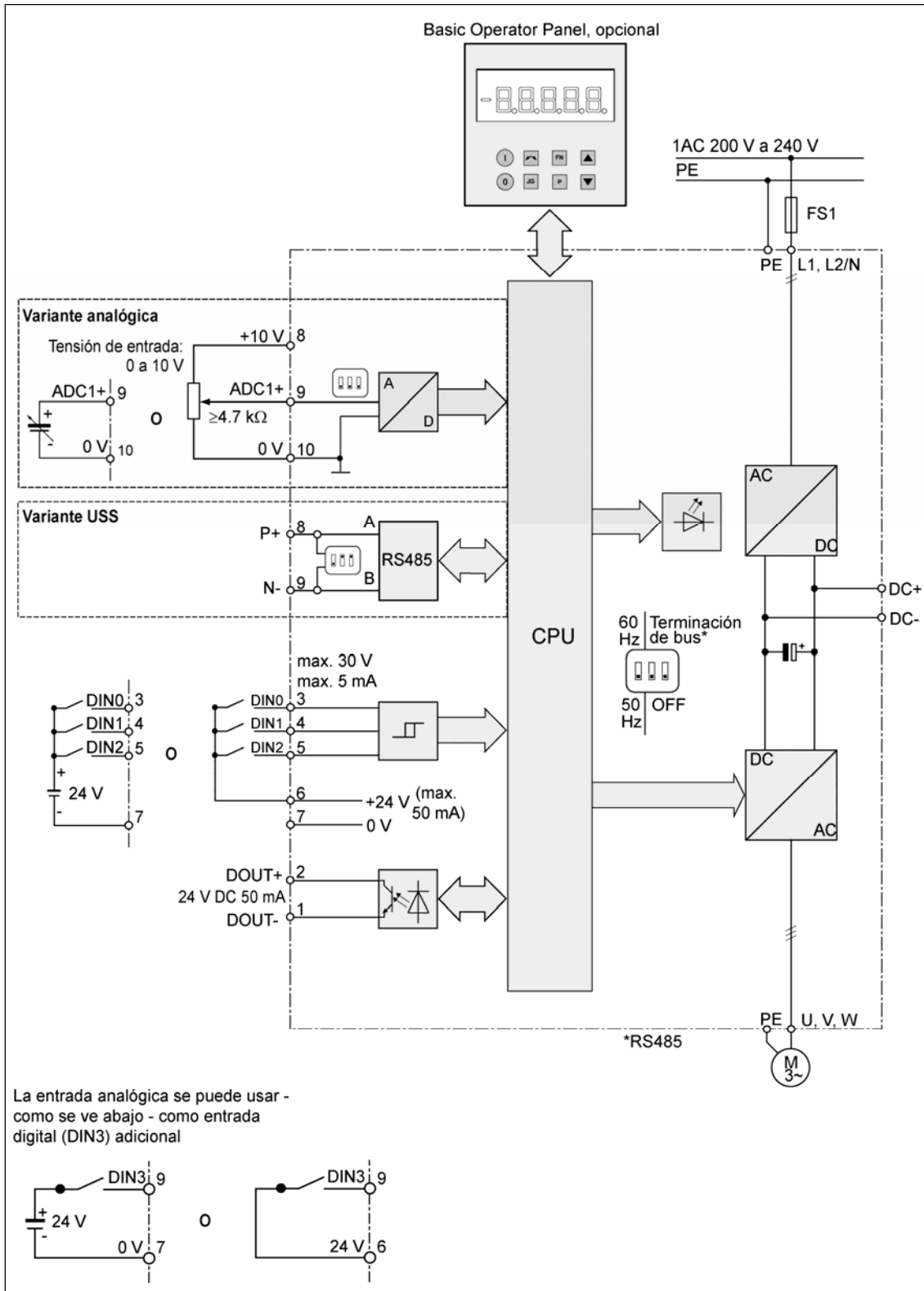


Figura 2-2 Esquema de bloques del convertidor



LR 38324



070551850

MOD. 1BTOOCBNXJ3/402E

DATA: 08MAR07

- KW(HP-cv)

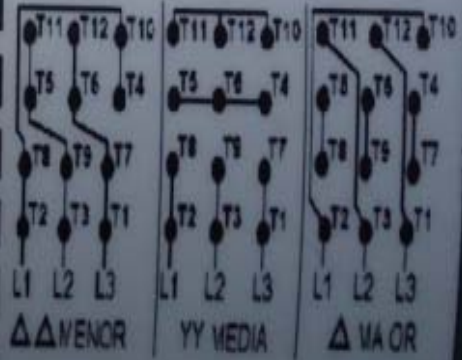
V IP Hz

A RPM

AFS ISOL ΔT

FS REND COS ϕ Ip/n

REG AMB °C



ATENÇÃO O MOTOR DEVE SER ATERRADO DE ACORDO COM AS NORMAS NACIONAIS PARA PREVENIR CHOQUE ELÉTRICO





¡PRECAUCIÓN!



- Desenchufar la unidad antes de instalar el cableado de las conexiones de entrada y salida.
- Seguir estrictamente las instrucciones de seguridad para evitar lesiones personales.

Contenido

1. Instalación
2. Especificaciones
3. Conexiones eléctricas
4. Funciones del menú

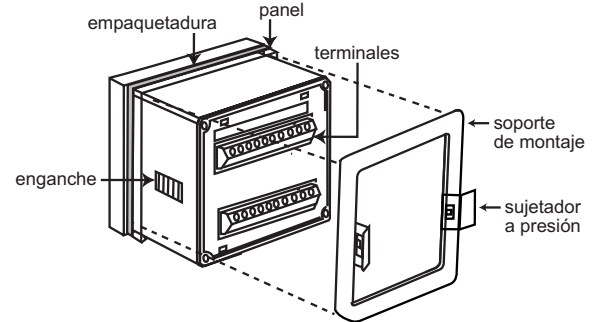
1. Instalación

Se ofrecen tres versiones del transmisor: un modelo de montaje en panel, un modelo integral (montaje en tubería), y un ensamblaje universal para la instalación cerca del sensor.

1.1 Instalación del panel

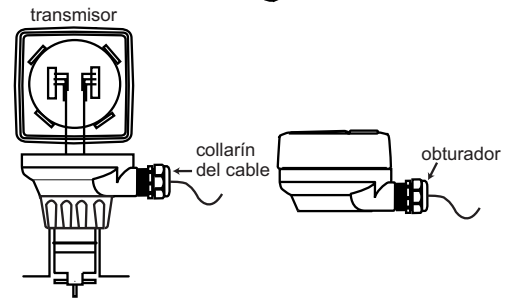
Los juegos de montaje en panel constan de los accesorios necesarios para instalar los instrumentos en paneles y mantener un sello hermético NEMA 4X.

1. Punzonar el panel y quitar las rebabas de los bordes. Se recomienda dejar una distancia de separación entre instrumentos (para todos los lados) de 2,5 cm (1 pulgada).
2. Colocar la empaquetadura en el instrumento, e instalar en el panel.
3. Deslizar el soporte de montaje en la parte posterior del instrumento hasta que los sujetadores a presión encajen en los enganches situados a los lados del instrumento.
4. Conectar los conductores a los terminales.
5. Para desmontar, afianzar el instrumento temporalmente con una cinta al frente o sujetarlo por la parte posterior. NO AFLOJAR. Presionar los sujetadores a presión hacia afuera y retirar la unidad.



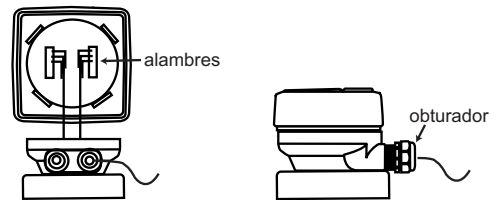
1.2 Ensamblaje integral (3-8051)

1. Si es necesario, punzonar los orificios del conducto.
2. Conectar el sensor al adaptador integral. Empujar el adaptador integral y sujetarlo con una traba de empuje-giro a la base del conducto. Atornillar el anillo de fijación.
3. Instalar la unidad en la tubería. Hacer pasar el cable a través del collarín del cable y conectarlo al transmisor.
4. Cerrar la unidad y trabarla. Obturar la entrada del cable.



1.3 Ensamblaje universal (3-8050)

1. Instalar la base del transmisor.
2. Conectar los cables al transmisor.
3. Cerrar la unidad. Sujetarla con una traba de empuje-giro. Obturar la entrada del cable.



2. Especificaciones

Generales

Sensores compatibles: sensores de flujo +GF+ SIGNET

Exactitud: $\pm 0,5$ Hz

Cubierta:

- Clasificación: NEMA 4X/IP65 (frontal)
- Caja: PBT
- Ventana: policarbonato revestido con poliuretano
- Teclado: caucho de silicona, 4 teclas, obturado
- Peso: aproximadamente 325 g (12 onzas)

Pantalla:

- Pantalla de cristal líquido, caracteres alfanuméricos 2 x 16
- Tasa de actualización: 1 segundo
- Contraste: a selección del usuario, cinco niveles

Ambientales

Temperatura de funcionamiento: -10 a 70 °C (14 a 158 °F)

Temperatura de almacenamiento: -15 a 80 °C (5 a 176 °F)

Humedad relativa: 0 a 95 %, sin condensación

Normas y certificados de aprobación

- Certificaciones CSA, CE, UL
- Fabricado de acuerdo con la norma ISO 9001

Eléctricas

Entrada del sensor:

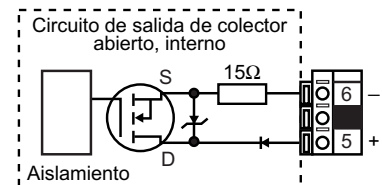
- Límites: 0,5 – 1500 Hz
- Energía del sensor: 2 alambres: 1,5 mA a 5 V CC ± 1 %
3 ó 4 alambres: 20 mA a 5 V CC ± 1 %
- Aislamiento óptico de la corriente del lazo
- Protección contra cortocircuitos

Salida de corriente:

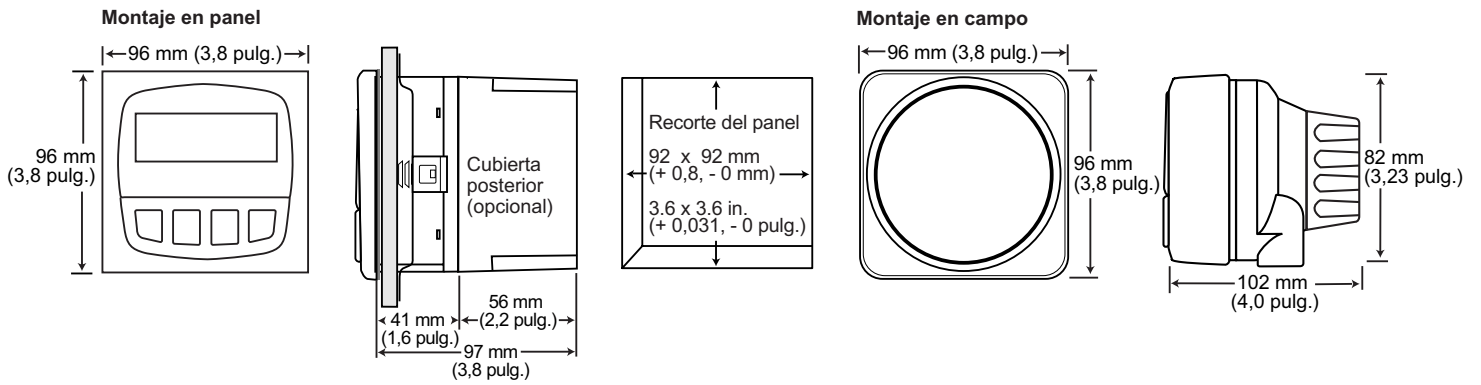
- 4 - 20 mA, aislada, totalmente ajustable y reversible
- Energía: 12 a 24 V CC ± 10 %, regulada
- Máxima impedancia de lazo: 50 Ω máx. a 12 V, 325 Ω máx. a 18 V, 600 Ω máx. a 24 V
- Tasa de actualización: 100 ms
- Exactitud: $\pm 0,03$ mA

Salida de colector abierto: alto, bajo, frecuencia, programable por pulso

- Aislamiento óptico, máx. 50 mA (colector), voltaje de elevación: 30 V CC (máx.)



Dimensiones



3. Conexiones eléctricas



Precaución: es necesario abrir completamente las mordazas de los terminales antes de sacar los alambres. El no hacerlo puede causar daños permanentes al instrumento.

Procedimiento de cableado

1. Pelar aproximadamente de 13 a 16 mm (0,5 a 0,625 pulg.) de aislamiento del extremo del alambre.
2. Con un destornillador pequeño, empujar hacia abajo la palanca del terminal naranja para abrir las mordazas del terminal.
3. Introducir el extremo del alambre expuesto (no aislado) en el agujero del terminal hasta que llegue al tope.
4. Aflojar la palanca del terminal naranja para fijar el alambre. Tirar cuidadosamente de cada alambre para garantizar una buena conexión.



Procedimiento de desmontaje del cableado

1. Con un destornillador pequeño, empujar hacia abajo la palanca del terminal naranja para abrir las mordazas del terminal.
2. Una vez abiertas las mordazas totalmente, sacar el alambre del terminal.

Terminales

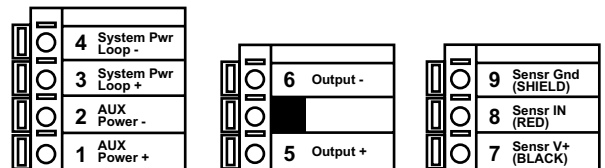
1. Energía AUX + 12 – 24 V CC
2. Energía AUX – Nota: No se requieren conexiones de energía aux. para los siguientes sensores de flujo +GF+ SIGNET: 515, 525, 2536, 2517, 2540 (a partir de enero de 1999), 8510-XX, 8512-XX, todos los sensores de salida de frecuencia Vortex.

Energía del sistema/Lazo

- 3 (+) 12 – 24 V CC de energía del sistema y conexiones de corriente del lazo.
- 4 (-) Máxima impedancia de lazo: 50 Ω máx. a 12 V, 325 Ω máx. a 18 V, 600 Ω máx. a 24 V.

Salida de colector abierto

- 5 (+) Transistor programable como:
 - Alarma alta/baja con histéresis ajustable
 - Selección de desactivación (apagado)
 - Pulso volumétrico
 - Frecuencia (división de 1 a 255)
- 6 (-)



Entrada del sensor

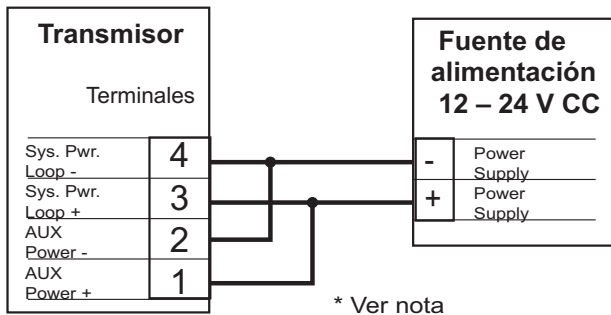
7. Negro (V+ del sensor)
8. Rojo (ENTRADA del sensor)
9. Blindaje (Tierra del sensor)

Sugerencias para instalar el cableado:

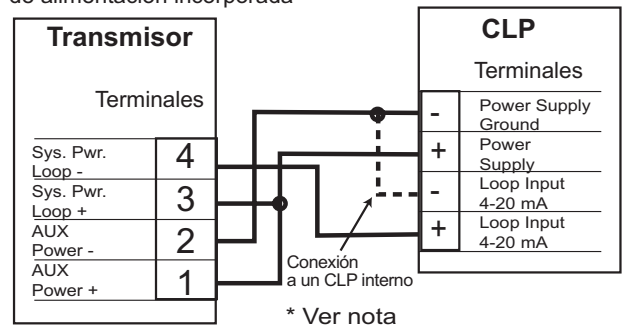
- No colocar el cable del sensor en tuberías o conductos que contengan cables de energía de CA, porque el ruido eléctrico podría interferir con la señal.
- Si se colocan los cables del sensor en conductos metálicos conectados a tierra, es posible que se prevengan daños por humedad, ruidos eléctricos y daños mecánicos.
- Obturar los puntos de entrada del cable para prevenir daños por humedad.
- Al colocar dos extremos de alambre en un terminal sencillo, juntar los extremos soldándolos o presionándolos.

3.1 Energía del sistema/Conexiones de lazo

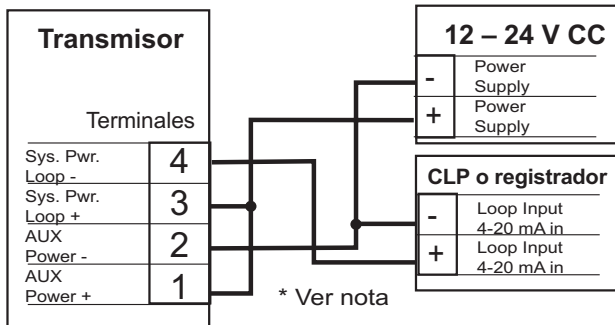
Aplicación independiente, sin lazo de corriente



Conexión a un controlador lógico programable (CLP) con fuente de alimentación incorporada

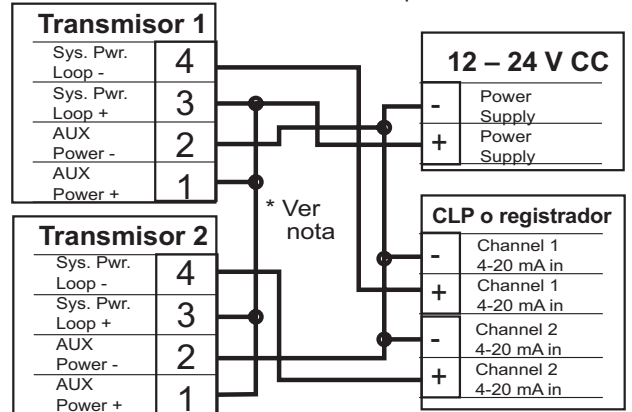


Conexión a un CLP/registrador, alimentación separada



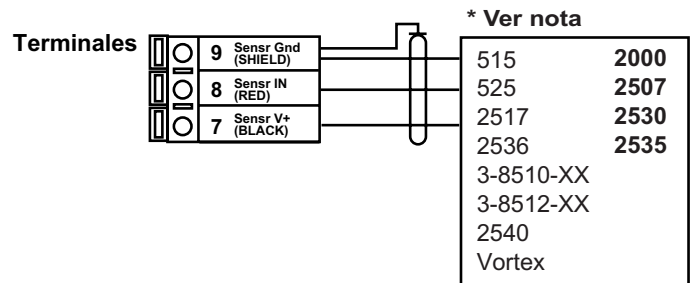
Nota: No se requieren conexiones de energía aux. para los siguientes sensores de flujo +GF+ SIGNET: 515, 525, 2536, 2517, 2540 (a partir de enero de 1999), 8510-XX, 8512-XX, todos los sensores de salida de frecuencia Vortex.

Ejemplo: dos transmisores conectados a un CLP/registrador con fuente de alimentación separada



3.2 Conexiones de la entrada del sensor

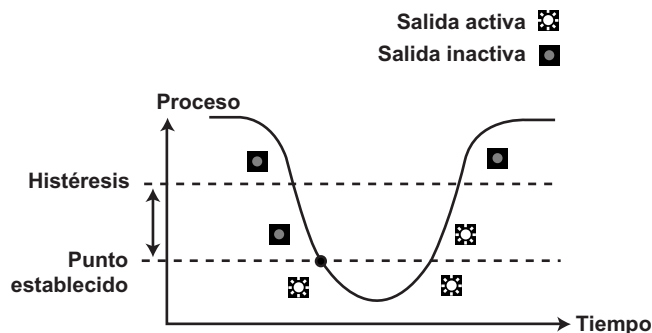
Sugerencias para instalar el cableado:
No colocar el cable del sensor en tuberías o conductos que contengan cables de energía de CA, porque el ruido eléctrico podría interferir con la señal.



3.3 Funciones del colector abierto

- **Baja:** la salida se activa cuando la variable del proceso es inferior al punto establecido.
- **Alta:** la salida se activa cuando la variable del proceso es superior al punto establecido.

Ejemplo: en el modo de alarma baja, la salida se activa cuando el proceso cae por debajo del punto establecido, y se inactiva cuando el proceso excede el punto establecido más histéresis (y viceversa para el modo de alarma alta).



- **Apagado:** desactiva la salida.
- **Pulso:** emite un pulso de salida al totalizarse cierta cantidad de volumen.
- **Frecuencia:** emite un pulso de salida al ingresar el número dividido de pulsos.

IDP50 I/A Series® Premium Performance Transmitters for Differential Pressure Measurement



This intelligent, premium performance two-wire d/p Cell transmitter provides precise, reliable measurement of differential pressure with extremely low total probable error (TPE).

For complete specifications refer to product specifications sheet PSS 2A-1C14 L

FUNCTIONAL SPECIFICATIONS

Span Limits

Span Limit Code	kPa	psi	mbar	mmHg	inH ₂ O
B	0.63 and 50	0.091 and 7.2	6.3 and 500	4.7 and 375	2.5 and 200
C	3.1 and 250	0.45 and 36	31.3 and 2500	23.4 and 2500	12.5 and 1000

Features:

- ✓ Wide measurement range from 0-0.63 to 0-250 kPa (0-2.5 to 0-1000 inH₂O) with just two sensor selections
- ✓ High accuracy and low total probable error
- ✓ Process wetted parts all 316 ss and 316L ss with ptfе gaskets
- ✓ Available with 4-20 mA output and FoxCom, HART, or Foundation Fieldbus digital communications

Benefits:

- ✓ High reliability
- ✓ Improved process control; ideal for wide rangeability flow applications
- ✓ Meets most high performance application requirements to 25 MPa (3625 psi)

Standard Warranty 5 Years

Performance Specifications

- ✓ Accuracy ±0.05% of span over full 80:1 turndown
- ✓ Long term drift is <±0.02% of URL per year over 5 year period
- ✓ Temperature effect ±(0.015% URL + 0.03% span)/28° C (50° F)

Electrical Classification:

- ✓ Various agency certifications for Zone and Division hazardous locations. Refer to Product Specification sheets for complete specifications.

Range Limits⁽¹⁾

Span Limit Code	kPa	psi	mbar	mmHg	inH ₂ O
B	-50 and +50	-7.2 and +7.2	-500 and +500	-375 and +375	-200 and +200
C	-250 and +250	-36 and +36	-2500 and +2500	-1870 and +1870	-1000 and +1000

Maximum Static and Overrange Pressures

Transmitter Configuration (See Model Code for Description of Options)	Overrange Pressure Rating		
	MPa	psi	bar or kg/cm ²
Standard or with Option -B2, -D3, or -D7	25	3625	250
With Option -B3	20	2900	200
With Option -D1	16	2320	160
With Option -B1 or -D5	15	2175	150
With Option -D2, -D4, -D6, or -D8	10	1500	100
With Structure Codes 78 and 79	2.1	300	21
With Option -D9 or -Y	40	5800	400

How to Order – Specify Model Number IDP50

Electronics Versions and Output Signal

4 to 20 mA/FoxCom .....	..D
4 to 20 mA/HART .....	..T
Foundation Fieldbus .....	..F

Structure Code - Select from one of the following groups:

Transmitter with Traditional Structure

Process Cover	Sensor Material	Fill Fluid	
316 ss	316L ss	Silicone .....	..22
316 ss	Hastelloy C	Silicone .....	..26
Hastelloy C	Hastelloy C	Silicone .....	..46

Transmitter with Low Profile Structure LP1 (Not available with Pressure Seals)

Process Cover	Sensor Material	Fill Fluid	
316 ss	316L ss	Silicone .....	..LL
316 ss	Hastelloy C	Silicone .....	..LC

Transmitter with Low Profile Structure LP2 (Not available with Pressure Seals)

Process Cover	Sensor Material	Fill Fluid	
316 ss	316L ss	Silicone .....	..52
316 ss	Hastelloy C	Silicone .....	..56

Structure code prepared for Foxboro Model Coded Seals –

requires specification of linked seal model codes (ref. PS2A-1Z11)

Direct Connect Seal on High Side (Flanged PSFLT or Sanitary PSSCT or PSSST) and 1/2 NPT Connector on Low Side; Silicone Fill in Sensor .....	..F1
Direct Connect Seal on High Side (Flanged PSFLT or Sanitary PSSCT or PSSST) and Remote Seal on Low Side; Silicone Fill in Sensor .....	..F3
Remote Seals on High & Low Sides; Silicone Fill in Sensor .....	..S1
Remote Seal on High Side & 1/2 NPT Connector on Low Side; Silicone Fill in Sensor .....	..S3
Remote Seal on Low Side & 1/2 NPT Connector on High Side; Silicone Fill in Sensor .....	..S5

Structure code prepared for Other Seals – Do not specify Foxboro Model Coded Seals

Remote Seals on High & Low Sides; Silicone Fill in Sensor .....	..SA
Remote Seal on High Side & 1/2 NPT Connector on Low Side; Silicone Fill in Sensor .....	..SC
Remote Seal on Low Side & 1/2 NPT Connector on High Side; Silicone Fill in Sensor .....	..SE

Span Limits – Differential Pressure Units:

kPa	inH2O	mbar	
0.63 and 50	2.5 and 200	6.3 and 500 .....	..B
3.1 and 250	12.5 and 1000	31.3 and 2500 .....	..C
MPa	psi	bar or kg/cm ²	
0.017 and 1.4	2.5 and 200	0.17 and 14 .....	..M
0.17 and 14	25 and 2000	1.7 and 140 .....	..D

Electrical Safety (See PSS for Description and Restrictions)

ATEX II 1 GD, EEx ia IIC .....	..E
ATEX II 2 GD, EEx d IIC .....	..D
ATEX II 3 GD, EEx nL IIC .....	..N
Multiple ATEX Certifications (Customer Marks Plate Data) .....	..M
CSA Certified .....	..C
CSA Certified (Including Flameproof Zone) .....	..B
FM Approved .....	..F
FM Approved (Including Flameproof Zone) .....	..G
IECEX Ex d IIC T6 .....	..V

Optional Selections

Mounting Bracket Set – Specify Only One

Mounting Bracket Set, Painted Steel Bracket with Plated Steel Bolts .....	..M1
Mounting Bracket Set, 304 ss Bracket with 316 ss Bolts .....	..M2
Mounting Bracket Set, Universal, ss Bracket with ss Bolts .....	..M3

Indicator Pushbuttons

Digital Indicator, Internal Pushbuttons and Window Cover .....	..L1
With Aluminum Housing – Conduit & Housing Material Codes 1, 2 & 5	
With 316 ss Housing – Conduit & Housing Material Codes 3, 4 & 6	



DIN 19213 Construction — Specify Only One and Specify Process Connector Code 0

Single Ended Process Cover with M10 Bolting	-D1
Double Ended Process Cover with M10 Bolting (Blind Kidney Range on Back)	-D2
Single Ended Process Cover with 7/16 inch Bolting	-D3
Double Ended Process Cover with 7/16 inch Bolting (Blind Kidney Flange on Back)	-D4
Single Ended Process Covers with 316 ss 7/16 inch Bolting	-D5
Double Ended Process Covers with 316 ss 7/16 inch Bolting (Blind Kidney Flange on Back)	-D6
Single Ended Process Covers with 17-4 ss 7/16-inch Bolting	-D7
Double Ended Process Covers with 17-4 ss 7/16-inch Bolting (Blind Kidney Flange on Back)	-D8
Single Ended Process Covers with 17-4 ss 7/16-inch Bolting an 40 mPa (400 bar or kg/cm2, 5800 psi) static pressure rating	-D9

Cleaning and Preparation

Unit Degreased — (Silicone Filled Sensors — Not for Oxygen, Chlorine, or Other Fluids that may react with Silicone)	-X1
---	-----

Bolting for Process Covers/Connectors — Specify Only One

316 ss Bolts and Nuts (Pressure Derated, to 15 MPa (2175 psi)	-B1
17-4 ss Bolts and Nuts	-B2
B7M Bolts and Nuts (NACE) (Pressure de-rated, refer to table)	-B3

Conduit Thread Adapters — Specify Only One

Hawk-Type 1/2 NPT Cable Gland for use with Conduit Connection Codes 1 & 3	-A1
Plastic PG 13.5 Connector for use with Conduit Connection Codes 2 & 4	-A2
M20 Connector for use with Conduit Connection Codes 1 & 3	-A3
Trumpet shaped PG 13.5 Cable Gland (Nickel Plated Brass) for use with Conduit Connection Codes 2 & 4	-A4

Electronics Housing Features — Specify Only One

External Zero Adjustment	-Z1
Custody Transfer Lock and Seal	-Z2
External Zero Adjustment and Custody Transfer Lock/Seal	-Z3

Custom Factory Configuration — Specify Only One

Digital Output (FoxCom Only)	-C1
Full Factory Configuration (Requires Configuration Form to be Filled Out)	-C2

Ermeto Connectors — Specify Only One

Steel, Connecting 6 mm Tubing to 1/4 NPT Process Connector	-E1
Steel, Connecting 12 mm Tubing to 1/2 NPT Process Connector	-E2
316 ss, Connecting 6 mm Tubing to 1/4 NPT Process Connector	-E3
316 ss, Connecting 12 mm Tubing to 1/2 NPT Process Connector	-E4

Instruction Books (Paper Instruction Book, Brochure plus Full Documentation Set on CD-ROM is Standard)

Without Instruction Book and CD	-K1
---	-----

Miscellaneous Optional Selections

Supplemental Customer Tag (Stainless Steel Tag wired onto Transmitter)	-T
Vent Screw in Side of Each Process Cover (Vent screws in cover ends are standard)	-V
Five Year Warranty	-W
High Static Pressure Rating (40 MPa, 5800 psi, 400 bar or kg/cm ²)	-Y
Low Temperature Operative Limit of -50°C (-58°F) for Entire Transmitter	-J

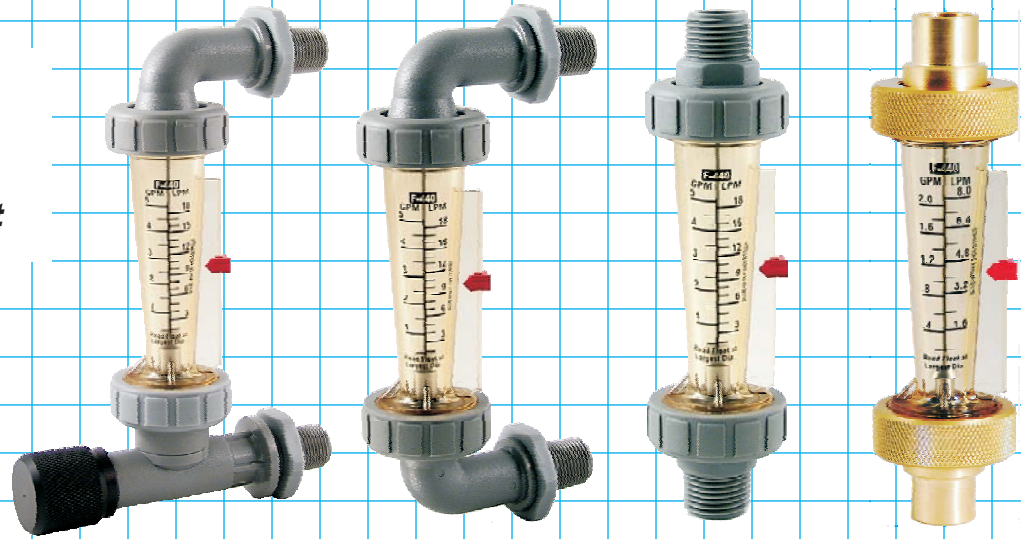
Note:

1 Upper Range Limit is the lower of the values in this table and in the Maximum static and Overrange Table, which lists the derated pressures associated with various options.

F-440

Compact Size

Rod Guided Float



Features:

- Polysulfone meter body resists high temperatures and pressures.
- Compact size for tight installation spaces.
- 316SS or Hastelloy rod guided float.
- Union connections for easy installation and maintenance.
- Adjustable flow rate setpoint indicator.
- Direct reading permanent scale.

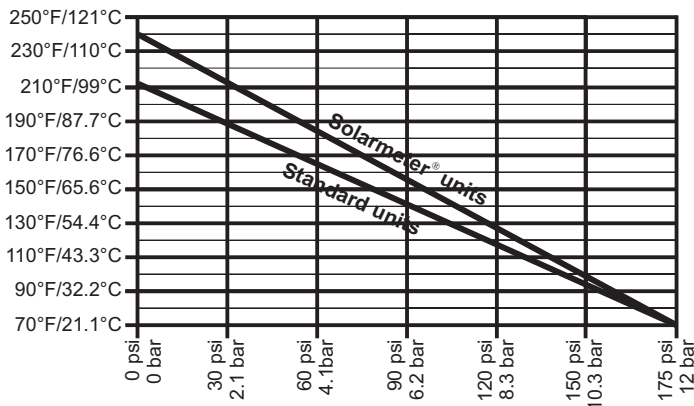
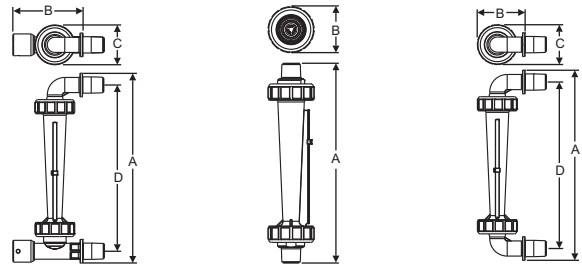
Materials of Construction:

- Meter Body:**Polysulfone
- Adapters:**
 Standard SeriesPolysulfone M/NPT (Optional F/NPT available)
 Solarmeter[®] SeriesBrass M/NPT, or Sweat
- Guide Rod Holder:**Polysulfone
- O-ring seals:**Viton[®] (optional EP)
- Union Nuts (non wetted):**
 Standard SeriesPolysulfone
 Solarmeter[®] SeriesAnodized Aluminum
- Float:**316SS, PVDF, Hastelloy or Teflon (per model)
- Guide Rod:**
 Standard Series316SS
 K- SeriesHastelloy

Specifications:

- Max. working pressure:**175 PSI (10.3 bar) @ 70° F (21° C)
- Max. fluid temperature:**
 Standard units212° F (100° C) @ 0 PSI
 Solarmeter[®] units240° F (115° C) @ 0 PSI
- Full scale accuracy:**+/- 4%
- Calibration fluid:**Water, specific gravity 1.0
- Scale length:**2" (50mm) approx.
- Environment:**Not for direct sunlight exposure.
- Approximate shipping wt:**0.5 lb. (.23 kg)

Dimensions:



	Model No.	Dim A	Dim B	Dim C	Dim D
Inline	F-44250	6-3/16" 157mm	1-11/16" 43mm	N/A	N/A
	F-44330				
	F-44375				
	F-44376				
	F-44500				
	F-44560				
F-44750	7-1/2" 191mm	2" 51mm	N/A	N/A	
Elbow	F-44250E	7" 178mm	3" 76mm	1-11/16" 43mm	5-15/16" 151mm
	F-44330E				
	F-44375E				
	F-44376E				
	F-44500E				
F-44560E	7" 178mm	3" 76mm	2" 51mm	6-13/16" 173mm	
F-44750E	8-1/8" 208mm	3" 76mm	2" 51mm	6-13/16" 173mm	
Adjustable	F-44250EA	7" 178mm	4-1/2" 114mm	1-11/16" 43mm	6" 152mm
	F-44330EA				
	F-44375EA				
	F-44376EA				
	F-44500EA				
F-44560EA	8" 203mm	4-1/2" 114mm	2" 51mm	6-13/16" 173mm	

Installation Requirements:

1. Misalignment will damage the meter!

Flowmeter must be installed in an exact vertical plane to ensure accuracy. Be certain of proper plumbing alignments. Misalignment may cause the o-ring seals to leak. The meterbody material can be damaged by UV rays. **Do not install in direct sunlight.**

2. Pipe dope and glue will damage the meter!

Use only Teflon[®] tape on the threaded adapters. The meter body and plastic fittings cannot tolerate PVC Glue and/or pipe dope. Even fumes can cause severe damage. If you are installing your flowmeter to a glued pipe configuration, install the flowmeter *after* all glued fittings are dried and lines are purged of all fumes. **Never** hold the meter body with pliers or like tools. Union nuts should be hand tightened only. **DO NOT OVER-TIGHTEN!**

3. Vibration and heavy loads will damage the meter!

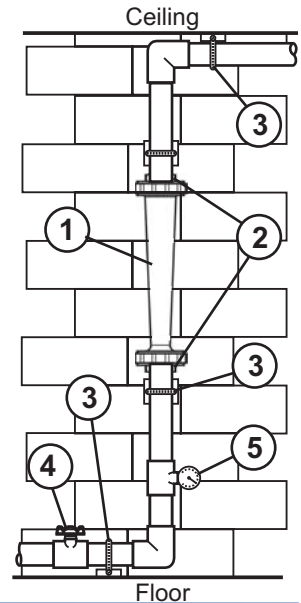
Wall, floor and ceiling mounts and supports must be carefully aligned with the meter body and sturdy enough to support the plumbing and prevent vibration. Never allow the flowmeter to support the weight of related piping.

4. Solenoid valves will damage the meter!

Avoid a system that will impose a sudden burst of flow to the meter. Such a burst will cause the float to impact the float stop with destructive force. Solenoid valves, or other quick opening valves cannot be used unless meter is protected against sudden bursts of flow.

5. High pressures and temperatures will damage the meter!

The maximum acceptable temperature and pressure is interdependent. The maximum acceptable working pressure is dependant on the actual fluid temperature. The maximum acceptable fluid temperature is dependant on the actual working pressure. (see Temperature Vs. Pressure chart).



Flow Range and Model Options:

Standard Series - Equipped with 316 SS guide rod

Models for Liquid

Pipe M/NPT	Dual Scale Range GPM	Range LPM	Float Material	IN-LINE MOUNT MODEL NUMBER	PANEL MOUNT MODEL NUMBER	PANEL MOUNT ADJUSTABLE MODEL NUMBER
3/8"	.025 to .250	0.1 to 1.0	PVDF	F-44250L-6	F-44250LE-6	F-44250LA-6
1/2"	.025 to .250	0.1 to 1.0	PVDF	F-44250L-8	F-44250LE-8	F-44250LA-8
3/8"	0.1 to 1.0	0.4 to 4.0	316 SS	F-44375L-6	F-44375LE-6	F-44375LA-6
1/2"	0.1 to 1.0	0.4 to 4.0	316 SS	F-44375L-8	F-44375LE-8	F-44375LA-8
3/8"	0.2 to 2.0	0.75 to 7.5	316 SS	F-44376L-6	F-44376LE-6	F-44376LA-6
1/2"	0.2 to 2.0	0.75 to 7.5	316 SS	F-44376L-8	F-44376LE-8	F-44376LA-8
3/8"	0.5 to 5.0	1.8 to 18.0	316 SS	F-44500L-6	F-44500LE-6	F-44500LA-6
1/2"	0.5 to 5.0	1.8 to 18.0	316 SS	F-44500L-8	F-44500LE-8	F-44500LA-8
1/2"	1.0 to 10.0	5.0 to 37.5	316 SS	F-44750L-8	F-44750LE-8	F-44750LA-8
3/4"	1.0 to 10.0	5.0 to 37.5	316 SS	F-44750L-12	F-44750LE-12	F-44750LA-12
	GPH	LPH				
3/8"	3.0 to 30.0	10 to 110	Teflon	F-44330L-6	F-44330LE-6	F-44330LA-6
1/2"	3.0 to 30.0	10 to 110	Teflon	F-44330L-8	F-44330LE-8	F-44330LA-8
3/8"	5.0 to 60.0	20 to 220	316 SS	F-44560L-6	F-44560LE-6	F-44560LA-6
1/2"	5.0 to 60.0	20 to 220	316 SS	F-44560L-8	F-44560LE-8	F-44560LA-8

K-Series - Equipped with Hastelloy guide rod

K-Series models are specially equipped for highly corrosive applications.

Models for Liquid

Float Material	IN-LINE MOUNT MODEL NUMBER	PANEL MOUNT MODEL NUMBER	PANEL MOUNT ADJUSTABLE MODEL NUMBER
PVDF	F-44250LK-6	F-44250LKE-6	F-44250LKA-6
PVDF	F-44250LK-8	F-44250LKE-8	F-44250LKA-8
Teflon	F-44375LK-6	F-44375LKE-6	F-44375LKA-6
Teflon	F-44375LK-8	F-44375LKE-8	F-44375LKA-8
Hastelloy	F-44376LK-6	F-44376LKE-6	F-44376LKA-6
Hastelloy	F-44376LK-8	F-44376LKE-8	F-44376LKA-8
Hastelloy	F-44500LK-6	F-44500LKE-6	F-44500LKA-6
Hastelloy	F-44500LK-8	F-44500LKE-8	F-44500LKA-8
Hastelloy	F-44750LK-8	F-44750LKE-8	F-44750LKA-8
Hastelloy	F-44750LK-12	F-44750LKE-12	F-44750LKA-12
Teflon	F-44330LK-6	F-44330LKE-6	F-44330LKA-6
Teflon	F-44330LK-8	F-44330LKE-8	F-44330LKA-8
Teflon	F-44560LK-6	F-44560LKE-6	F-44560LKA-6
Teflon	F-44560LK-8	F-44560LKE-8	F-44560LKA-8

Solarmeter[®] Series - Equipped with 316 SS guide rod

Solarmeter[®] models are available for in-line installations only.

Models with Brass Adapters

Models for Liquid

Pipe Size	GPM	LPM	Float Material	FEMALE NPT MODEL NUMBER	MALE NPT MODEL NUMBER	SWEAT MODEL NUMBER
3/8"	0.1 to 1.0	0.4 to 4.0	316 SS	F-44375LB-7	n/a	n/a
1/2"	0.1 to 1.0	0.4 to 4.0	316 SS	n/a	F-44375LB-9	F-44375LB-8
3/8"	0.2 to 2.0	0.75 to 7.5	316 SS	F-44376LB-7	n/a	n/a
1/2"	0.2 to 2.0	0.75 to 7.5	316 SS	n/a	F-44376LB-9	F-44376LB-8
3/8"	0.5 to 5.0	1.8 to 18.0	316 SS	F-44500LB-7	n/a	n/a
1/2"	0.5 to 5.0	1.8 to 18.0	316 SS	n/a	F-44500LB-9	F-44500LB-8
3/4"	1.0 to 10.0	5.0 to 37.5	316 SS	n/a	F-44750LB-13	F-44750LB-12
	GPH	LPH		n/a	n/a	n/a
3/8"	3.0 to 30.0	10 to 110	Teflon	F-44330LB-7	n/a	n/a
1/2"	3.0 to 30.0	10 to 110	Teflon	n/a	F-44330LB-9	F-44330LB-8
3/8"	5.0 to 60.0	20 to 220	316 SS	F-44560LB-7	n/a	n/a
1/2"	5.0 to 60.0	20 to 220	316 SS	n/a	F-44560LB-9	F-44560LB-8

Notes:

1) Liquid models calibrated with water, Sp.Gr. 1.0. Custom Sp.Gr. calibrations available. Contact the factory.

ANEXO C

MANUAL DE OPERACIÓN Y

MANTENIMIENTO

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL	2
1.1 DESCRIPCIÓN DEL MODULO	2
1.2 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.....	2
1.2.1 RENDIMIENTO	3
1.2.2 REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN.....	3
1.2.3 CONSTRUCCIÓN	4
2. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.....	4
2.1 REGLAS PARA LA OPERACIÓN SEGURA DEL MODULO.....	4
2.2 SEGURIDADES EN LA OPERACIÓN NORMAL DEL MODULO.....	4
3. COMPONENTES Y FUNCIONES	5
3.1 IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES UTILIZADOS Y FUNCIONES	5
3.2 FUNCIONES DE LOS COMPONENTES.....	6
3.3 COMPONENTES PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL PANEL DE OPERADOR	8
4. CONTROLES DEL OPERADOR	9
4.1 PANEL DE OPERADOR DEL SISTEMA.....	9
5. GABINETE ELÉCTRICO DE LA PARTE INTERNA DEL TABLERO	14
6. DIAGNÓSTICO Y CORRECCIÓN DE ERRORES	16
7. PLANOS ELÉCTRICOS Y DE INSTRUMENTACIÓN.....	17

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 DESCRIPCIÓN DEL MODULO

El sistema para el control de un proceso de flujo de agua está concebido para poder realizar los distintos modos de control estudiados, para lograr este propósito se cuenta con un PLC que toma la señal eléctrica de un transmisor de flujo para ser procesado de acuerdo al modo de control configurado gracias a una TOUCH SCREEN que intercambia información con el autómatas con el fin de lograr el control y monitoreo del proceso, el PLC envía una señal de regulación hacia un variador de frecuencia que provoca una variación de velocidad del motor trifásico de la bomba centrífuga, y por consiguiente varía el flujo del sistema llevándolo a un flujo de agua deseado según sea el comportamiento del modo de control configurado.

Para poder poner en práctica el proceso es necesario que se realice las conexiones respectivas en el panel frontal del módulo, tanto de alimentación del transmisor a utilizarse, el lazo de corriente a la entrada analógica del PLC para que pueda ser medida, la señal de regulación de la salida del PLC hacia el variador de frecuencia y por último la conexión para poder comunicarse con la touch screen. Para todo este tipo de conexiones existen los cables adecuados para este propósito que serán entregados para cada práctica.

1.2 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

El sistema de modulo de flujo de agua está diseñado para control y supervisión del flujo de agua y está conformado por los siguientes dispositivos:

- Un tanque de 10 galones.
- Una bomba de motor trifásico de $\frac{3}{4}$ HP.
- Transmisor de flujo de paletas
- Un tubo Venturi
- Un transmisor de presión diferencial
- Tres válvulas tipo bola
- Un rotámetro.

El sistema en el tablero eléctrico electrónico de control y en conjunto con los demás instrumentos está diseñado para activar alarmas, visualizar curvas del proceso y realizar conexiones, consta de los siguientes materiales y dispositivos:

- Pantalla táctil TP-177A.
- Un PLC Siemens S7-200 CPU-224.
- Un módulo de expansión de I/O análogas EM235.
- Luces piloto para dar aviso e cuatro alarmas que son: HH (alto alto), H (alto), L (bajo), LL (bajo bajo).
- Cuatro salidas digitales para activar las alarmas.
- Dos salidas analógicas de Voltaje (0-10V) y corriente (4-20mA).
- Cuatro entradas analógicas que permiten realizar la conexión para realizar el lazo de control PID (Depende que canal se tome en la programación, "CANAL A por defecto").
- Una salida para fuente de alimentación de 24 Vdc.
- Variador de frecuencia Siemens SINAMICS G110.

El sistema de control del modulo está diseñado para ser configurado por medio de una interfaz hombre maquina (HMI) contenida en una pantalla táctil, en donde se puede monitorear el sistema completo.

1.2.1 RENDIMIENTO

Velocidad de succión de la bomba:

3450 RPM, 40°C, 60Hz

Caudal:

Min: 0 GPM

Max: 10.5 GPM

Tubería:

¾ de pulgada PVC

1.2.2 REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN

Eléctrico

220 Vac (110Vac a 220Vac), bifásica, 60Hz, 2 líneas y 1 neutro.

1.2.3 CONSTRUCCIÓN

Las bases para el recipiente, la bomba, la tubería y el tablero están construidas de planchas de Acero y el marco para sostenerlos construido de hierro incluido un tubo de hierro para acoplar el transmisor de presión diferencial, las válvulas manuales están edificadas de acero inoxidable.

2. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

2.1 REGLAS PARA LA OPERACIÓN SEGURA DEL MODULO

A continuación se presenta una lista de precauciones de seguridad que deben ser observadas para la correcta operación y mantenimiento del sistema de control de flujo:

- Desconectar todas las fuentes de energía eléctrica y suministro de alta tensión para poder limpiar el equipo completo.
- Si se va hacer mantenimiento interno del equipo no exponer las manos directamente al variador de frecuencia ya que se que cargado de energía por uno segundos.
- Conocer la ubicación del botón de apagado total del modulo de control.
- Retirar todas la herramientas u objetos extraños que estén en el modulo.
- Si se va hacer manteamiento interno utilizar siempre una linterna para una completa visibilidad de todo el instrumento instalado.
- No subirse al modulo por que tiene ruedas para poder movilizarlo a otro lado y podría suceder accidentes.

2.2 SEGURIDADES EN LA OPERACIÓN NORMAL DEL MODULO

- El sistema del módulo está diseñado con un botón para apagado completo. Este botón se encuentra ubicado en la parte inferior del modulo con un switch de color rojo por si se genera una emergencia de mala conexión del proceso.
- El operador que manipule el sistema debe poseer el manual de instrucción para que pueda identificar cada una de las partes que se necesita poner en operación y poder controlar el proceso.

- Durante un mantenimiento de rutina al modulo, al volver a suministrar la energía apropiada el operador debe revisar que todos los trabajos de servicio y limpieza han sido terminados. Y revisar que las herramientas de trabajo utilizadas hayan sido retiradas del lugar de operación.

3. COMPONENTES Y FUNCIONES

3.1 IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES UTILIZADOS Y FUNCIONES

Cada uno de los componentes del sistema se encuentra en el modulo acoplados y en respectivo funcionamiento como se muestra en la figura 1.



Figura 1 Componentes de módulo de control de flujo

3.2 FUNCIONES DE LOS COMPONENTES

El sistema consta de los siguientes componentes para poder controlar un proceso de flujo de agua en un lazo de control como:

1. **Tanque de 10 galones** su función es almacenar y recircular el líquido (agua) del sistema.
2. **Tubo de $\frac{3}{4}$ de pulgada Pvc** conducto que permite unirse a los demás instrumentos por donde circula el agua en el proceso.
3. **Bomba trifásica de $\frac{3}{4}$ de HP** encargada de succionar el agua para todo el sistema por medio de su activación a través del variador de frecuencia.
4. **Válvulas de tipo bola** encargada de regular el flujo de agua canalizada del sistema y se caracteriza por regular y realizar perturbaciones en el sistema de control.
5. **Transmisor de Flujo de paletas** su ocupación es tomar la señal de flujo para mostrarla en unidades de galones por minuto y por medio de su conexión realizar un lazo de control PID.
6. **Transmisor de Presión diferencial IDP50** encargado de medir el flujo de agua del sistema de una manera indirecta ya que es necesario provocar una diferencia de presión a través de un tubo Venturi y también permite hacer el lazo de control al realizar su respectiva conexión para control.
7. **Tubo Venturi** su función en la línea de proceso es la de tomar dos tipos de presión alta y baja (**presión diferencial**), y va unido por medio de dos conductos al transmisor de presión diferencial para que tome su medida en galones por minuto.
8. **Flujómetro o Rotámetro** encargado de tomar medida física y visible del flujo instantáneo de agua en el sistema.
9. **PLC (Autómata CPU-224)** autómatas que controla todo el sistema y a la vez se comunica con la pantalla táctil, para que en ella se pueda supervisar y monitorear el proceso.
10. **Modulo de expansión (EM-235)** su función es vincular el autómatas y cada uno de los dispositivos de campo y se origina el intercambio de información en adquisición de datos o control de mando.

11.Touch Screen (Pantalla táctil TP177A) permite el vínculo entre el operador y el proceso controlado, la cual permite centralizar la información del sistema, entregando al operador valores de setpoint, parámetros de sintonización, curvas de proceso y alarmas.

12.Variador de frecuencia SINAMICS G110 permite variar la velocidad del motor trifásico mediante la variación de la frecuencia suministrada al motor, variando así el flujo de agua del sistema, la figura 2 muestra el aspecto original del variador.



Figura 2 Variador de frecuencia

3.3 COMPONENTES PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL PANEL DE OPERADOR

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO

ESTACION DE CONTROL DE FLUJO

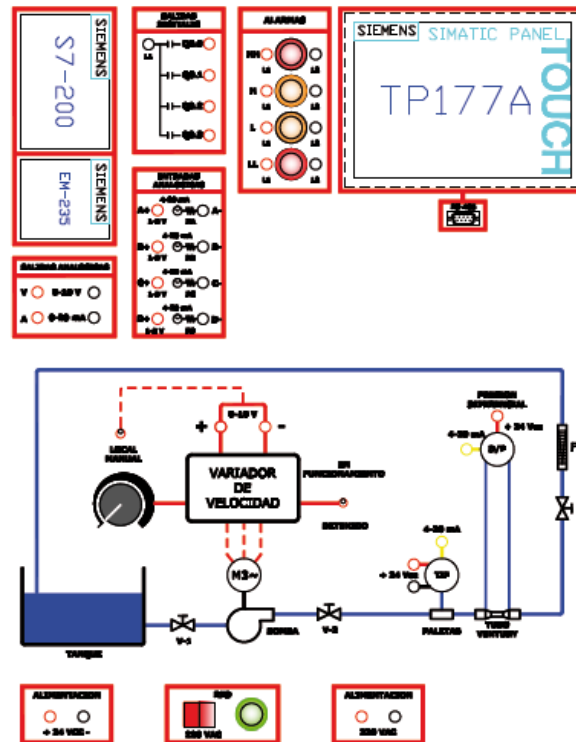


Figura 3 Panel frontal del modulo

Luz piloto su función es la de dar alerta al operador sobre el rebasamiento de un valor no deseado del proceso de control, y se encienden en el tablero dando alerta de color rojo y tomate de las distintas alarmas.

Switches encargados de encender y apagar todo el sistema, poner en modo manual y automático el proceso, y en funcionamiento y detenido al variador de frecuencia.

Conector RS485 su destino comunicación entre la pantalla táctil el controlador lógico programable.

Plugs su empleo interconectar E/S analógicas y digitales, alarmas, variador de velocidad, alimentación de transmisores.

4. CONTROLES DEL OPERADOR

4.1 PANEL DE OPERADOR DEL SISTEMA.

En la pantalla táctil se realiza la interfaz con el operador:

La pantalla inicial mostrada en la figura 4 es la representación de la estación de control de flujo del proyecto y tiene la opción de iniciar sesión.

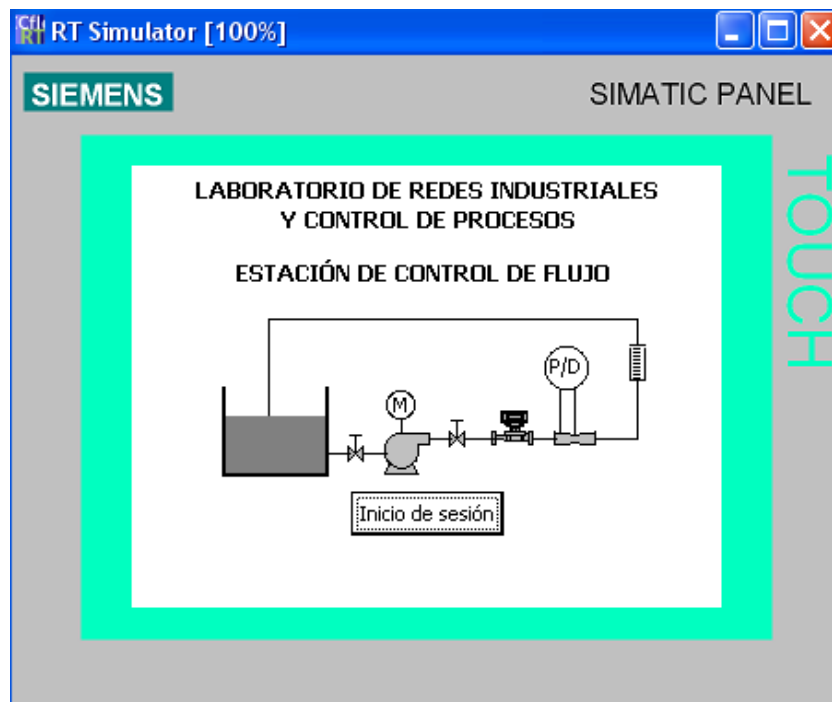


Figura 4 Pantalla de inicio

Para poder ingresar al sistema es necesario que los usuarios inicien sesión para lo cual existen dos opciones de usuarios y cada uno con sus respectivas contraseñas.

ADMINISTRADOR. Es el usuario de más jerarquía y tiene acceso ilimitado del sistema.

Usuario: Admin

Contraseña: labinst

OPERADOR. Es el usuario de menor jerarquía y tiene acceso limitado del sistema, es decir solo puede acceder al monitoreo del sistema en proceso.

Usuario: Operador

Contraseña: flujo

Para poder ingresar un usuario y contraseña al dar clic en al botón de inicio de sesión aparece la ventada que se aprecia en la figura 5.

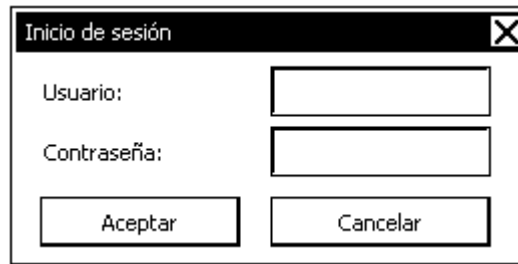


Figura 5 Ventana de inicio de sesión

Según el nombre de usuario y contraseña ya sea como administrador o como operador se tiene opción a configurar o monitorear respectivamente.

La figura 6 muestra las opciones que tiene el usuario luego de haber iniciado sesión.

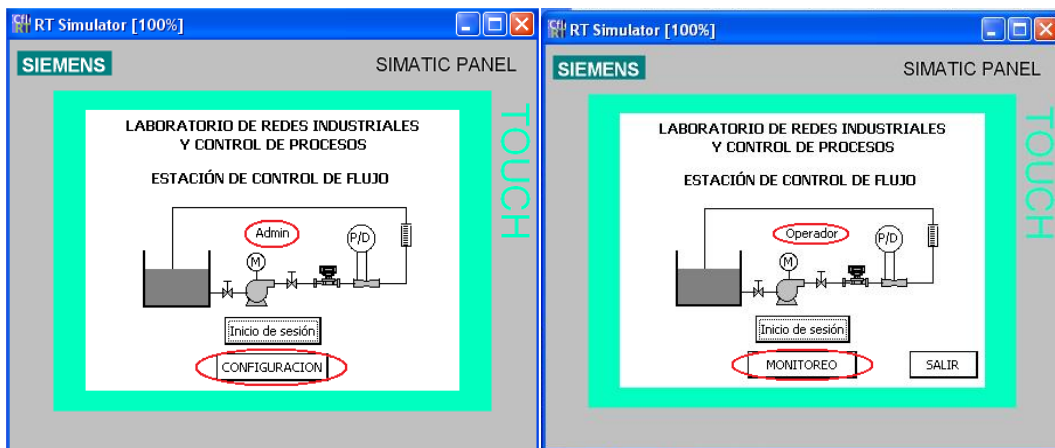


Figura 6 Inicio de sesión Admin/Operador

Menú principal

Al ingresar a la configuración se despliega el menú principal de la figura 7 para configurar o ingresar a los distintos parámetros del HMI en el sistema como:

- Configurar modos de control
- Configurar alarmas
- Administrador de usuarios
- Configurar panel
- Monitoreo y sintonización.

Por el contrario si se tiene opción solo a monitoreo, pues se pasa directamente a la venta de registro de la variable y reconocimiento de alarmas en caso de haberlas.

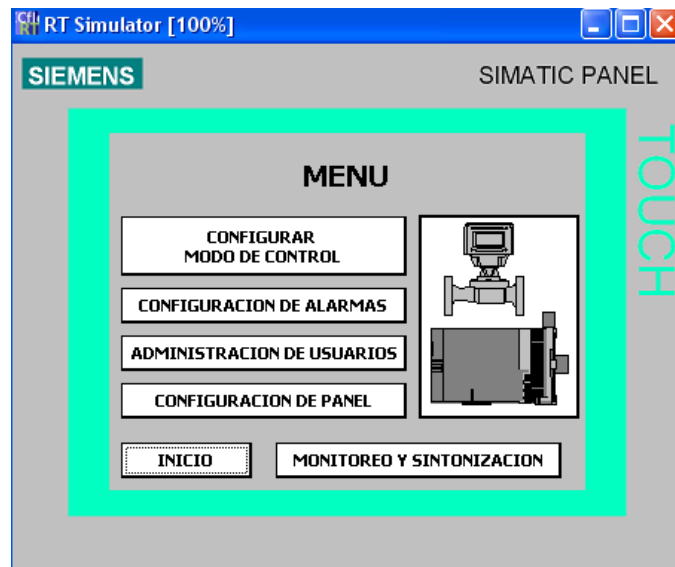


Figura 7 Pantalla de menú

Modos de control

Al ingresar a configurar modo de control se tiene la pantalla de la figura 8 donde se puede seleccionar el modo de control deseado y seguir con la configuración de uno de estos ingresando sus parámetros respectivos.

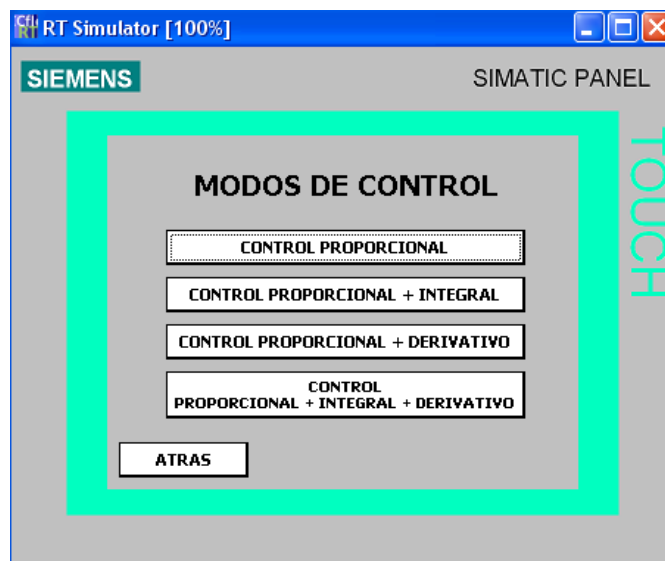


Figura 8 Pantalla con los distintos modos de control

En cada ventana de los modos de control se puede acceder directamente a la pantalla de sintonización y monitoreo pulsando la tecla “Aceptar”, pero si se quiere hacer alguna otra configuración como alarmas por ejemplo, se deberá regresar al menú principal.

Configuración de alarmas

En la pantalla de la figura 9 se pueden configurar cuatro niveles de alarmas, HH, H, L y LL para lo cual el usuario debe presionar el botón de activado e ir seleccionando y dando valores a los niveles de alarma que desee configurar.

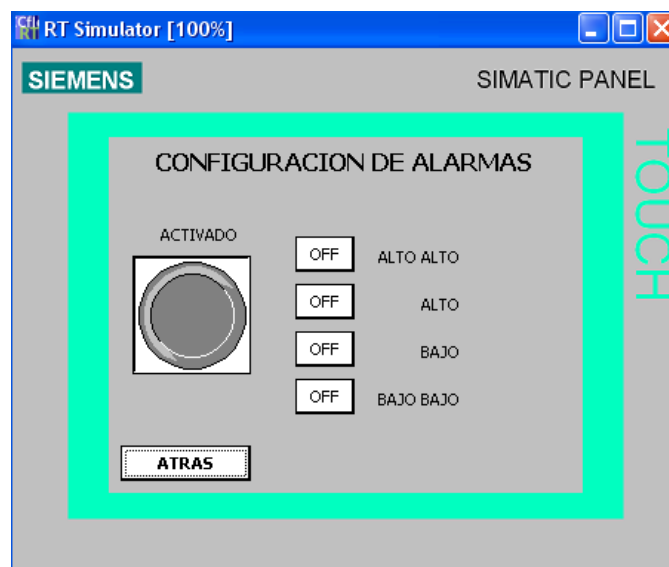


Figura 9 Pantalla para configurar alarmas del sistema

Administración de usuarios

En la pantalla de administración de usuarios de la figura 10 el ADMINISTRADOR puede crear nuevos usuarios, restringir acceso o también dar un tiempo de sesión a cada uno de ellos, es decir si un usuario activo no realiza ninguna interacción en la pantalla esta cierra sesión automáticamente después de un tiempo establecido.

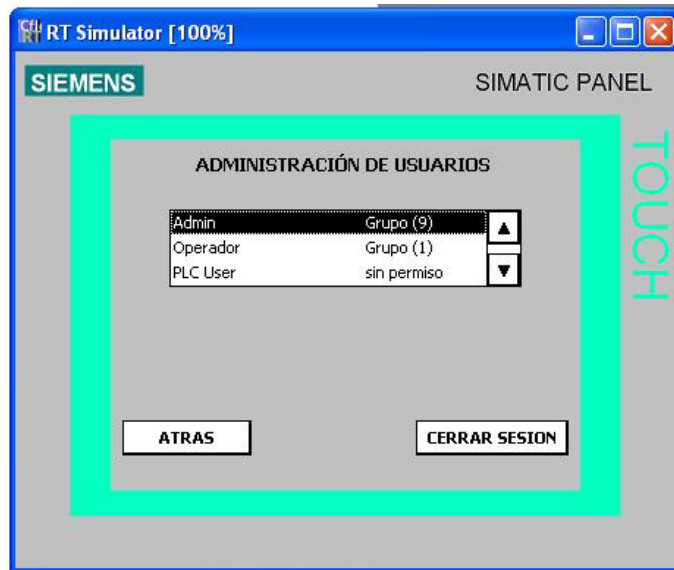


Figura 10 Pantalla de administración de usuarios

Configuración del panel

Desde el menú principal se puede ingresar a la pantalla configuración del panel de la figura 1, para el caso en que se requiera ajustar contraste, calibrar pantalla y limpiar pantalla.

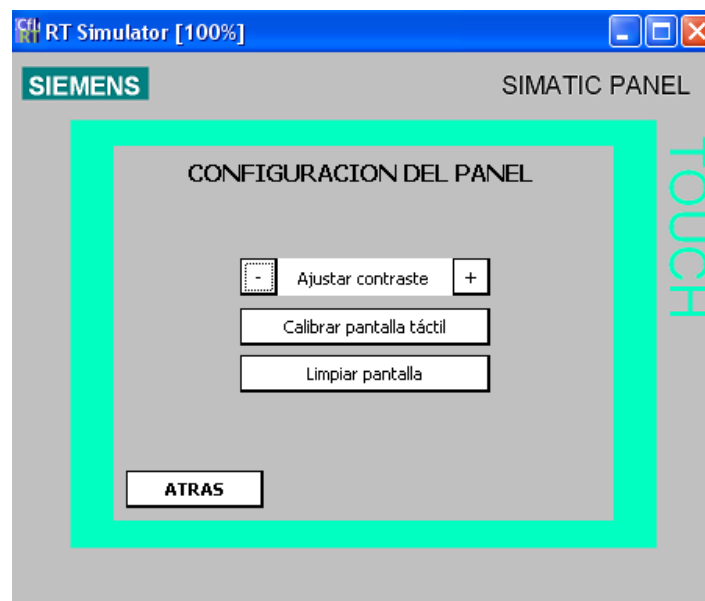


Figura 11 Pantalla para calibrar y limpiar pantalla

Monitoreo y sintonización

Es la pantalla más importante luego de haber hecho las configuraciones necesarias de algún modo de control y alarmas, pues en esta pantalla de la figura 12 se tiene la posibilidad de visualizar la curva de respuesta del

proceso según los parámetros fijados, dando así la oportunidad de ir corrigiendo desde esta misma pantalla sin necesidad de regresar a la pantalla del modo de control en ejecución, brinda además la opción de reconocimiento de alarmas cuando estas son configuradas previamente, en la parte superior muestra el estado de funcionamiento de la bomba y por ultimo indica si el transmisor tiene una falla de conexión.

No así en el caso que sea una sesión de operador loa iniciada, ya que en ese caso solo se tiene la opción de visualizar y no realizar ningún cambio salvo el caso de reconocimiento de alarmas en caso de existir.

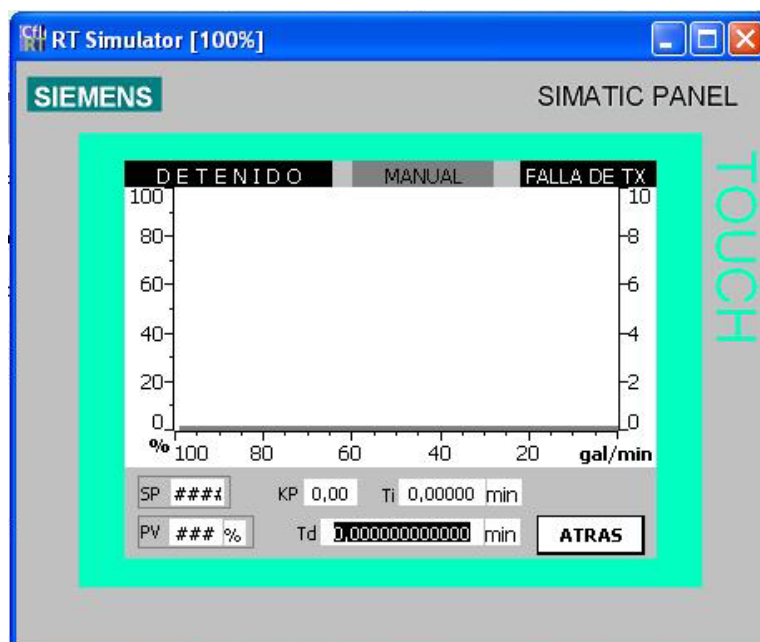


Figura 12 Pantalla para observara las señales de proceso

5. GABINETE ELÉCTRICO DE LA PARTE INTERNA DEL TABLERO



Figura 13 Componentes internos del tablero

PLC interruptor de alimentación para encender o apagar el controlador.

HMI interruptor de alimentación para encender o apagar TOUCH PANEL.

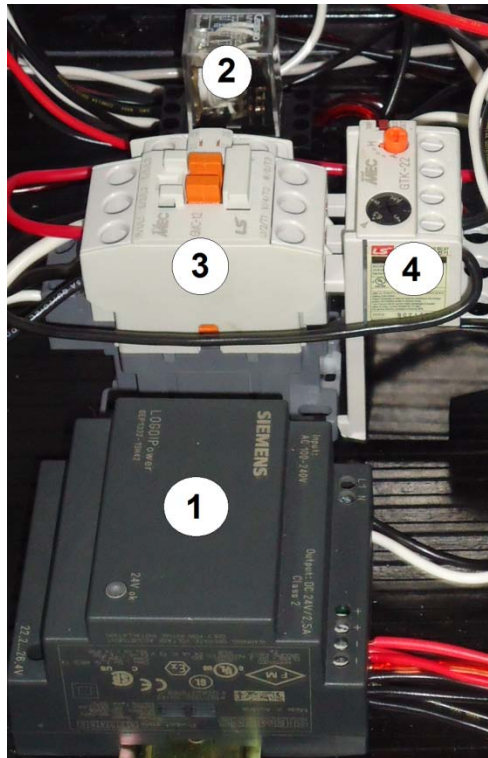


Figura 14 Panel de alimentación para PLC Y HMI

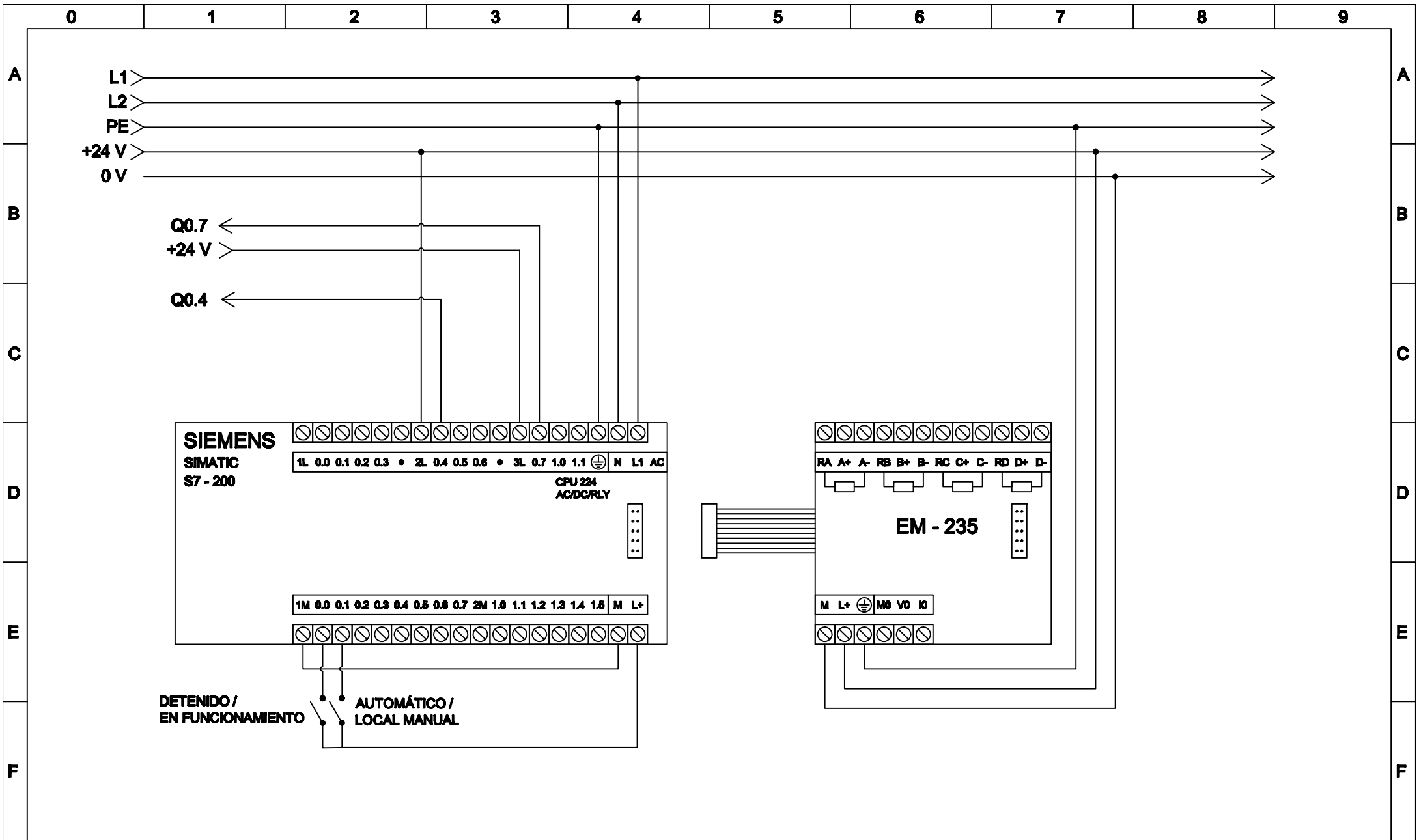
1. **Fuente de 24 Vdc** su función suministrar energía a los dispositivos del sistema que funcionan con ese nivel de tensión, como transmisores, pantalla táctil, relé y modulo analógico.
2. **Relé 24V** es el dispositivo por el cual es posible la conmutación del sistema entre el modo local manual y automático del sistema.
3. **Contactador** encargado de energizar el sistema bifásico en su totalidad.
4. **Relé térmico** es uno de los dispositivos más importantes en cuanto a la protección para sobrecorriente eléctrica en el módulo.

6. DIAGNÓSTICO Y CORRECCIÓN DE ERRORES

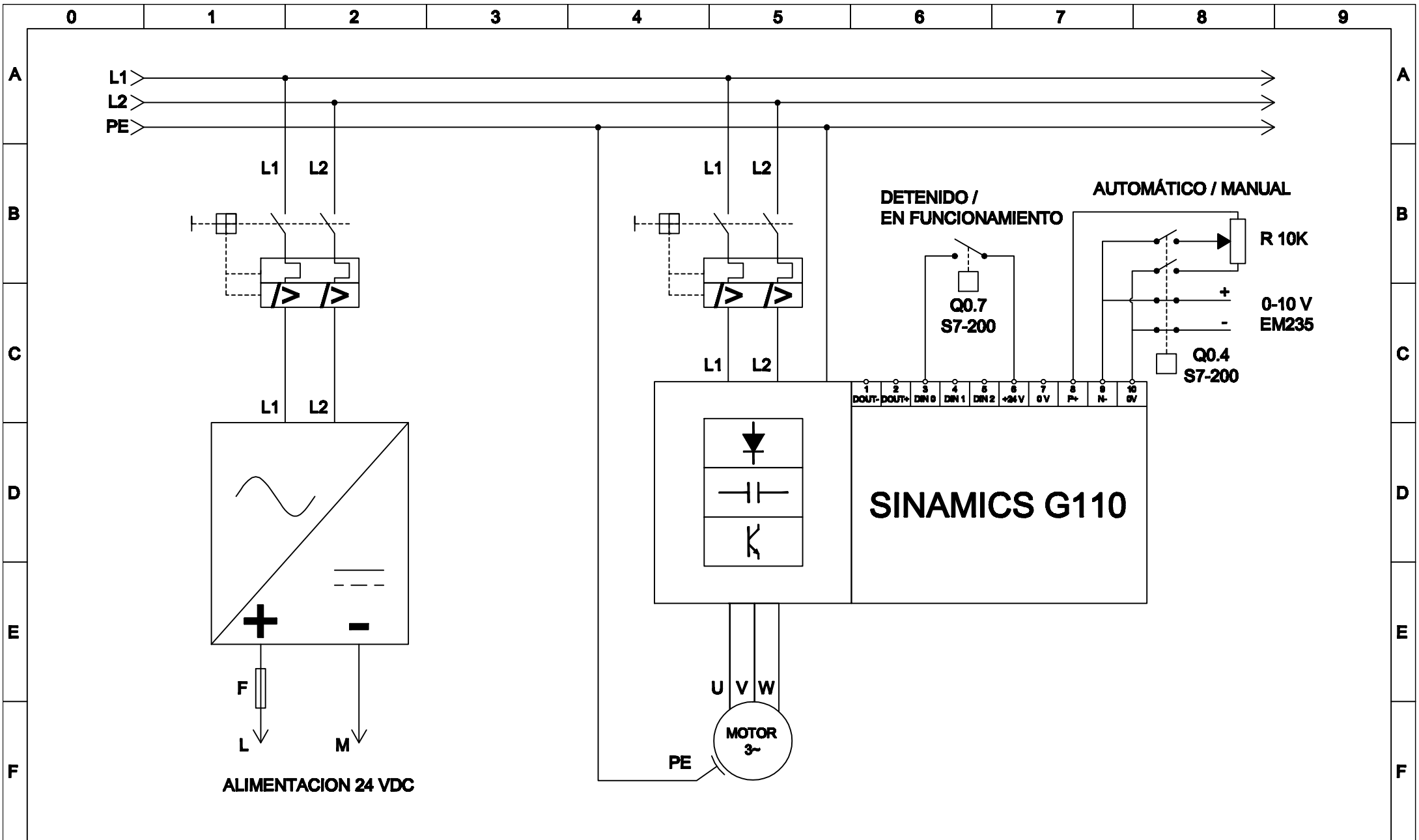
ANOMALÍA	CAUSA	SOLUCIÓN
El modulo no enciende	<p>El suministro de energía no está activado.</p> <p>El cable principal se daño por un corto circuito.</p> <p>El relé térmico se ha disparado.</p>	<p>Activar los tacos para la alimentación del modulo</p> <p>Verificar las conexiones al sistema.</p> <p>Verificar el botón de encendido y apagado total del sistema.</p> <p>Resetear el Relé Térmico</p>
El modulo se enciende pero no funciona	<p>El PLC no se encuentra activado para controlar.</p> <p>No hay comunicación entre el PLC y el Variador</p>	<p>Verificar que el PLC se encuentre en modo RUN</p> <p>Verificar las conexiones externas/internas entre la salida analógica y la entrada al Variador.</p>
La bomba centrifuga se enciende pero no succiona el liquido	<p>No hay suficiente suministro de agua en el tanque.</p> <p>La bomba succiona aire. (funcionamiento en vacio)</p>	<p>Cerrar la válvula de bola que se encuentra entre la bomba y el acumulador</p> <p>quitar la tapa del recipiente para verificar si el agua no se ha secado.</p> <p>Verificar cada cierto tiempo el nivel de agua.</p> <p>Verificar la tubería de retorno de tal modo que no deje caer el agua cerca de la toma de la bomba.</p>
Mal funcionamiento de los modos manual y automático del	<p>El cable de conexión a la entrada del PLC defectuoso.</p> <p>Deterioro de los relés que realizan la conmutación entre manual y automático.</p>	<p>Revisar conexión con el PLC.</p> <p>Cambiar el relé defectuoso.</p>

sistema		
No funciona la pantalla táctil	<p>El interruptor que alimenta la pantalla esta en OFF.</p> <p>El cable de la fuente de suministro a 24 Vdc está dañado.</p> <p>El cable de comunicación serie se desconecto.</p>	<p>Verificar que el interruptor este en la posición ON.</p> <p>Verificar alimentación de la pantalla (rojo +).</p> <p>Verificar el cable de conexión entre la pantalla y el PLC</p>
Existen fugas de liquido en el sistema	<p>Mal ajuste de las uniones de la tubería.</p> <p>Mal Ajuste de los conductos que van del Venturi al transmisor de presión.</p> <p>Falla en los sellos del transmisor de flujo de paletas</p>	<p>Verificar y ajustar todo el sistema de tubería en el sistema.</p> <p>Colocar cambiar los sellos del transmisor o reparar con silicón.</p>
Mal estado eléctrico en todo el sistema.	<p>Con el pasar de los días en este caso años desgaste de las piezas y conexiones eléctricas.</p>	<p>Verificarlos es estado de conexión eléctrica cada seis meses.</p> <p>Realizar mantenimiento de los contactos del contactor.</p>
Limpieza del gabinete eléctrico	<p>Asentamiento de polvo en el laboratorio al momento de barrer cada día.</p> <p>Por observar los instrumentos eléctricos en caso de mantenimiento.</p>	<p>Realizar la limpieza con aire seco a una presión moderada.</p>
Los transmisores están des calibrados	<p>Por el pasar de tiempo y no activarlos.</p> <p>Por una mala calibración y mal ajuste.</p> <p>Después de realizar</p>	<p>Hay que calíbralos para un valor bajo 0, medio 5 y alto 10 galones por minuto.</p> <p>Verificar cada pasó de calibración descrito en el</p>

	prácticas.	capítulo 1 del proyecto. Referirse a los manuales de usuario para calibración.
Los transmisores no encienden	Sus conexiones están mal realizadas. La fuente interna no da el voltaje requerido 24Vdc.	Verificar el conexionado realizado desde el modulo. Observar en el multímetro que en los terminales del modulo este suministre 24Vdc.
No funciona ninguna operación del sistema	El PLC no tiene control de ninguna operación. El modulo EM235 no tiene comunicación con los transmisores.	Volver a cargar desde una PC el programa diseñado para su respectivo control. Verifica que en el modulo los Dip switch estén bien configurados.
No se apaga una lámpara de alarma.	La touch panel no reconoce la alarma al mismo tiempo que el PLC por lo que no toma en cuenta el error.	Provocar el valor de alarma de manera manual para que aparezca el error en la ventana de avisos y poder hacer reconocimiento y así apagar la lámpara de alerta.



ESPE	Dibujado por: Eduardo Amaya Wilson Chicaiza	Diagrama de conexión del PLC	No. Trabajo: Estación de flujo	No. Dibujo:	Rev:	Inic:
			Fecha: 2011-01-15	Función:	Situación:	Hoja: 3



ESPE

Dibujado por:
Eduardo Amaya
Wilson Chicaiza

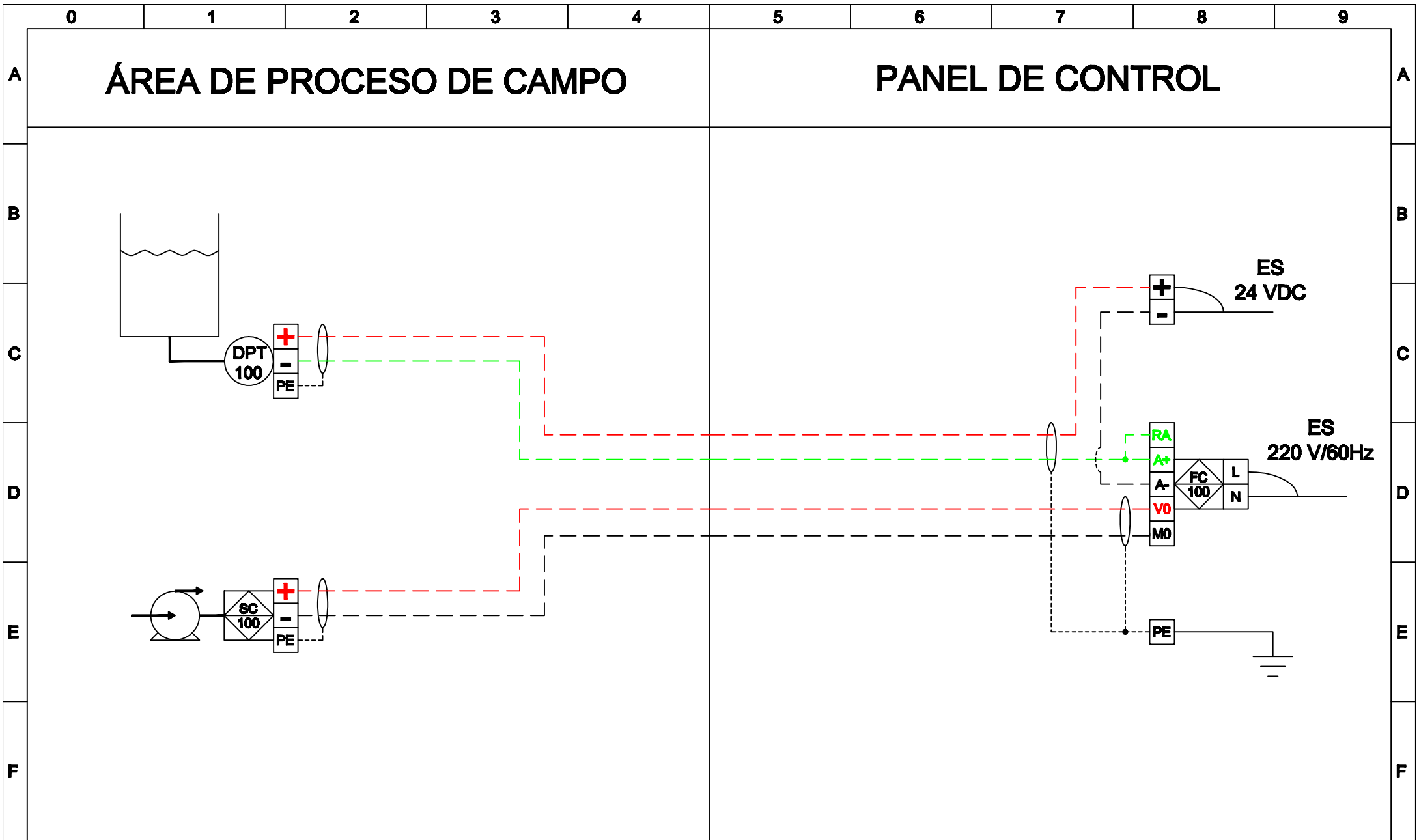
Diagrama de potencia del sistema

No. Trabajo:
Estación de flujo
 Fecha:
2011-01-15

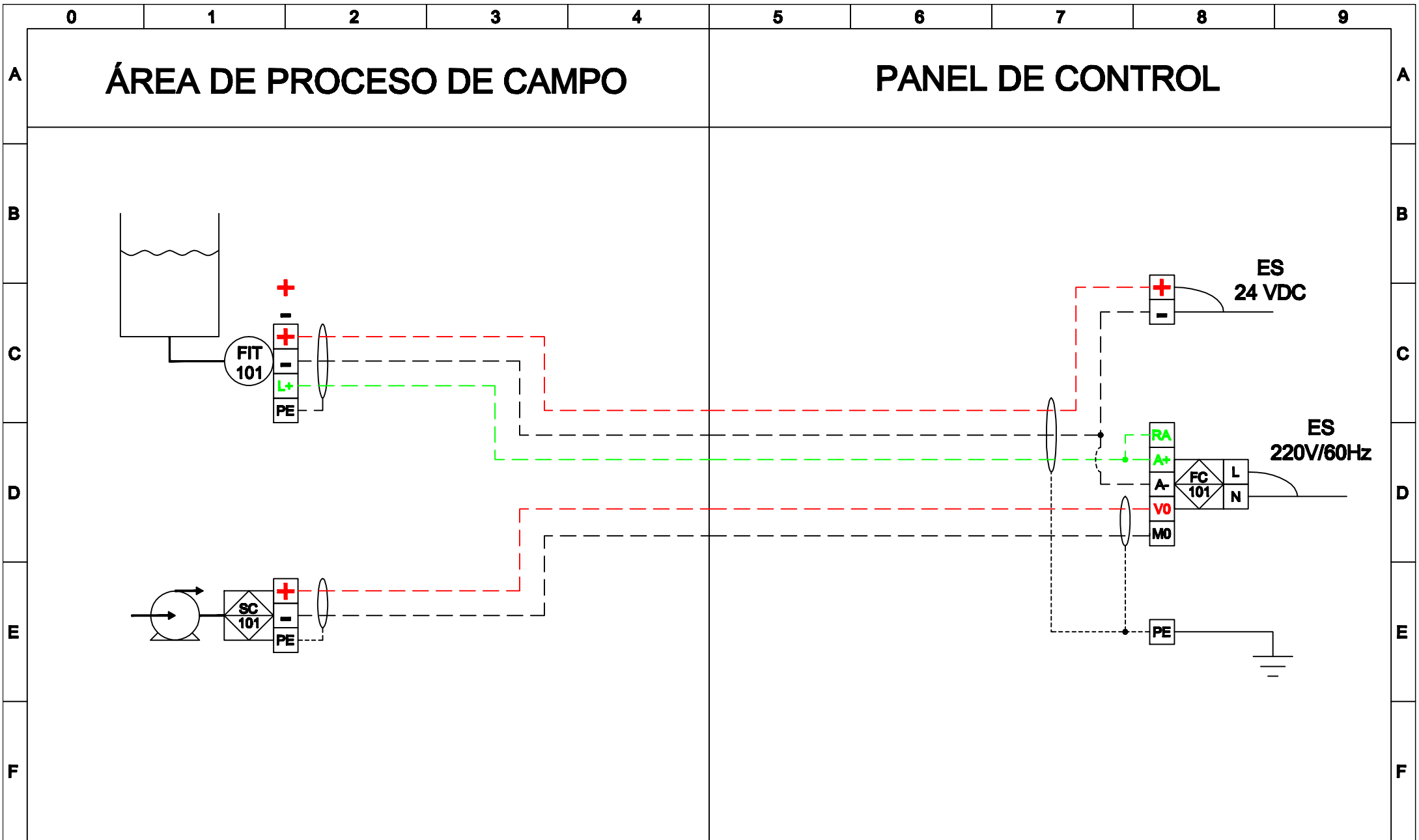
No. Dibujo:
 Función:

Rev:
 Situación:

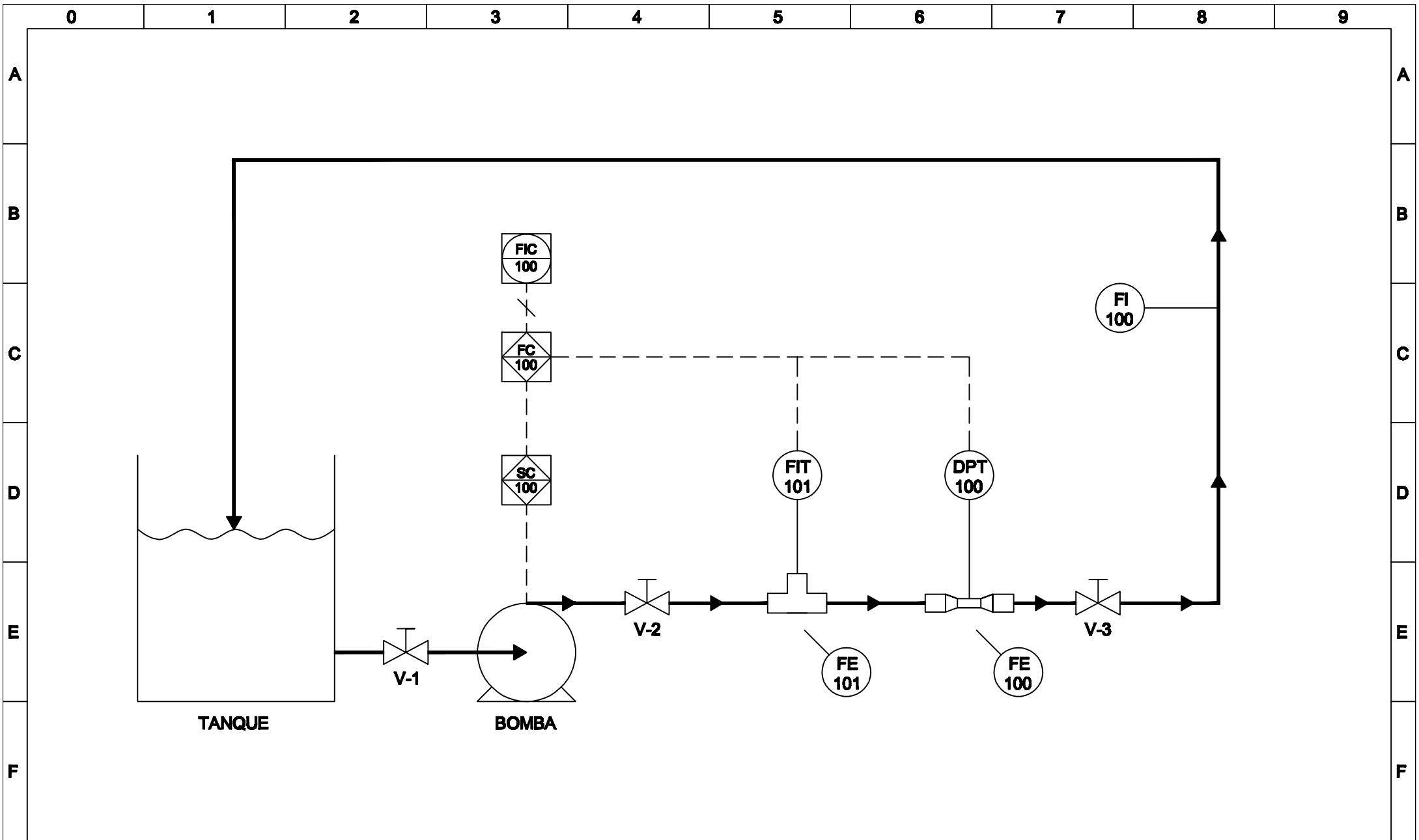
Inic:
 Hoja:
2



ESPE	Dibujado por: Eduardo Amaya Wilson Chicaiza	Diagrama de lazo de instrumentos 100	No. Trabajo: Estación de flujo	No. Dibujo:	Rev:	Inic:
			Fecha: 2011-01-15	Función:	Situación:	Hoja: 4



ESPE	Dibujado por: Eduardo Amaya Wilson Chicaiza	Diagrama de lazo de instrumentos 101	No. Trabajo: Estación de flujo	No. Dibujo:	Rev:	Inic:
	Fecha: 2011-01-15		Función:	Situación:	Hoja: 5	



ESPE

Dibujado por:
Eduardo Amaya
Wilson Chicaiza

**P&ID Estación de
 flujo**

No. Trabajo:
 Fecha: 2011-01-15

No. Dibujo:
 Función:

Rev:
 Situación:

Inic:
 Hoja:

ANEXO D
PROGRAMACIÓN

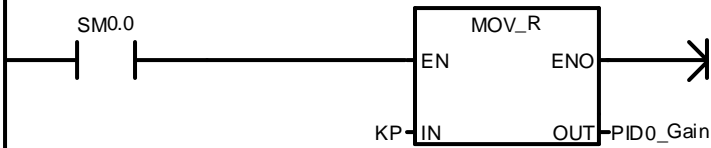
Bloque: PRINCIPAL
 Autor:
 Fecha de creación: 24.11.2010 12:28:58
 Fecha de modificación: 19.03.2011 17:00:08

Símbolo	Tipo var.	Tipo de datos	Comentario
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		

PROGRAMACION PARA MODULO DE CONTROL AUTOMATICO DE FLUJO DE AGUA

Network 1 Título de segmento

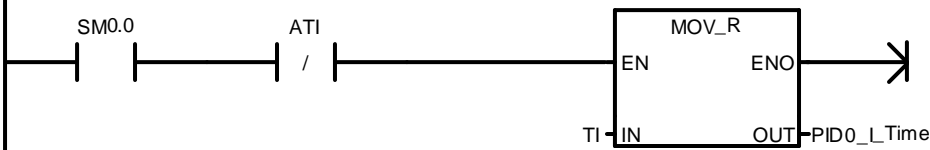
GANANCIA PROPORCIONAL



Símbolo	Dirección	Comentario
KP	VD108	Ganancia Proporcional
PID0_Gain	VD12	Ganancia del lazo

Network 2

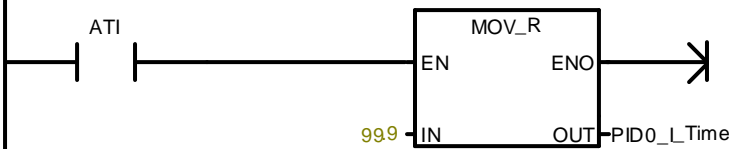
TIEMPO INTEGRAL



Símbolo	Dirección	Comentario
ATI	V106.4	Fija 99,9 min. a TI
PID0_LTime	VD20	Tiempo de acción integral
TI	VD120	Tiempo Integral

Network 3

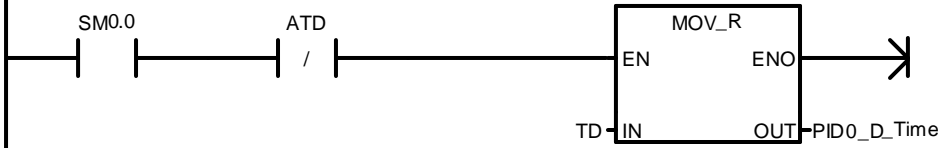
ELIMINAR ACCION INTEGRAL



Símbolo	Dirección	Comentario
ATI	V106.4	Fija 99,9 min. a TI
PID0_LTime	VD20	Tiempo de acción integral

Network 4

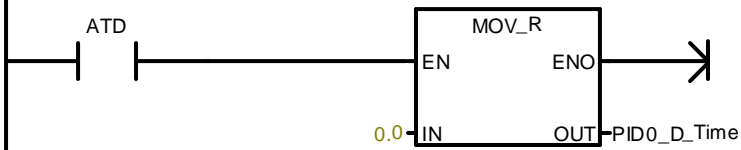
TIEMPO DERIVATIVO



Símbolo	Dirección	Comentario
ATD	V106.5	Fija 0.0 min. a Td
PID0_D_Time	VD24	Tiempo de acción derivativa
TD	VD124	Tiempo Derivativo

Network 5

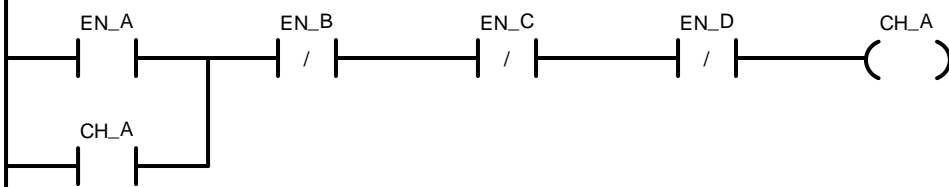
ELIMINAR ACCION DERIVATIVA



Símbolo	Dirección	Comentario
ATD	V106.5	Fija 0.0 min. a Td
PID0_D_Time	VD24	Tiempo de acción derivativa

Network 6

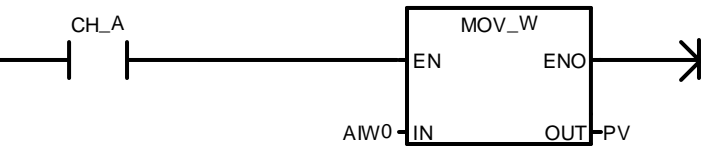
SELECCION DE ENTRADA ANALOGICA A



Símbolo	Dirección	Comentario
CH_A	V140.4	Activa lectura para entrada A
EN_A	V140.0	Activar entrada A
EN_B	V140.1	Activar entrada B
EN_C	V140.2	Activar entrada C
EN_D	V140.3	Activar entrada D

Network 7

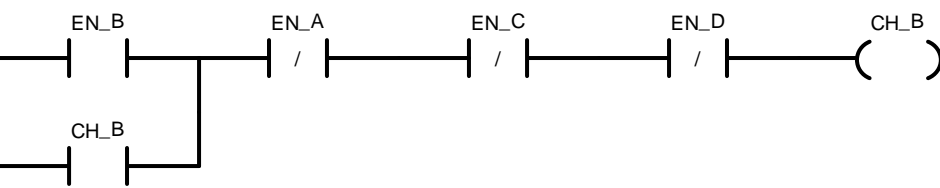
ACTIVAR CANAL A



Símbolo	Dirección	Comentario
CH_A	V140.4	Activa lectura para entrada A
PV	VW104	Variable de proceso

Network 8

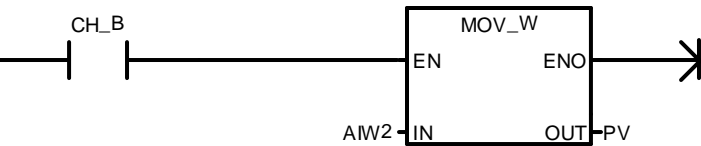
SELECCION DE ENTRADA ANALOGICA B



Símbolo	Dirección	Comentario
CH_B	V140.5	Activa lectura para entrada B
EN_A	V140.0	Activar entrada A
EN_B	V140.1	Activar entrada B
EN_C	V140.2	Activar entrada C
EN_D	V140.3	Activar entrada D

Network 9

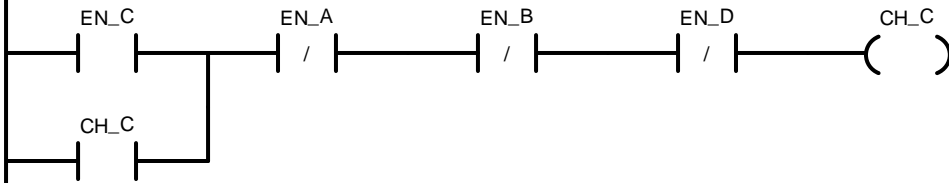
ACTIVAR CANAL B



Símbolo	Dirección	Comentario
CH_B	V140.5	Activa lectura para entrada B
PV	VW104	Variable de proceso

Network 10

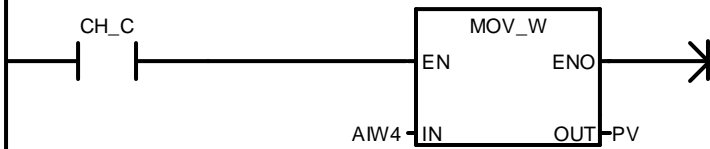
SELECCION DE ENTRADA ANALOGICA C



Símbolo	Dirección	Comentario
CH_C	V140.6	Activa lectura para entrada C
EN_A	V140.0	Activar entrada A
EN_B	V140.1	Activar entrada B
EN_C	V140.2	Activar entrada C
EN_D	V140.3	Activar entrada D

Network 11

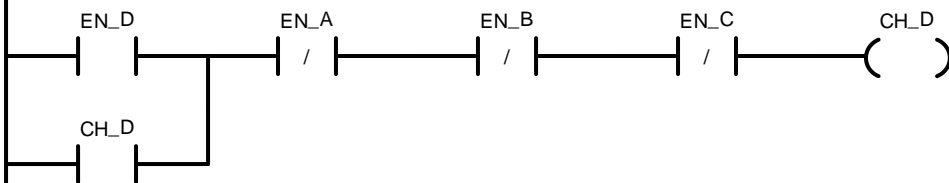
ACTIVAR CANAL C



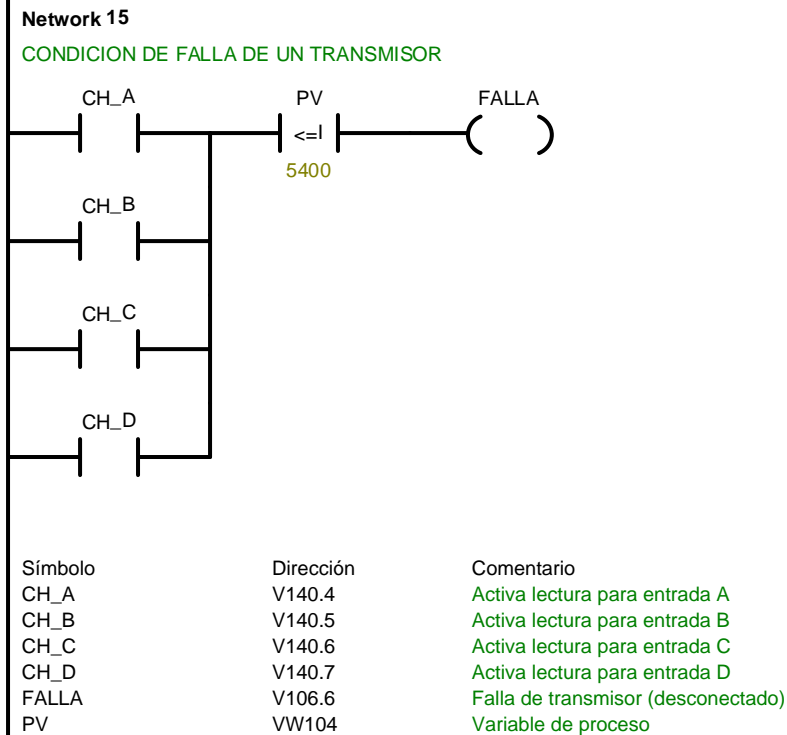
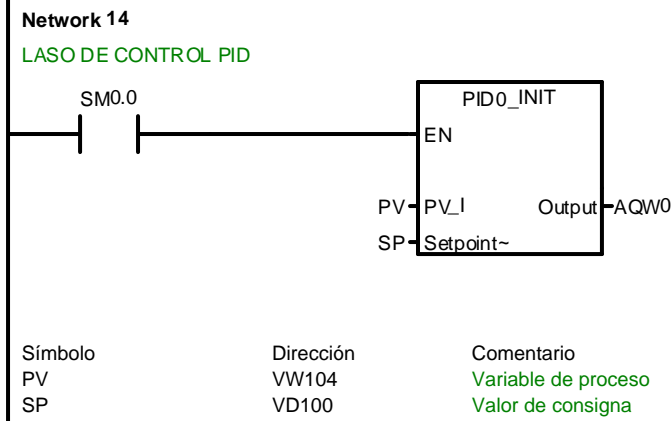
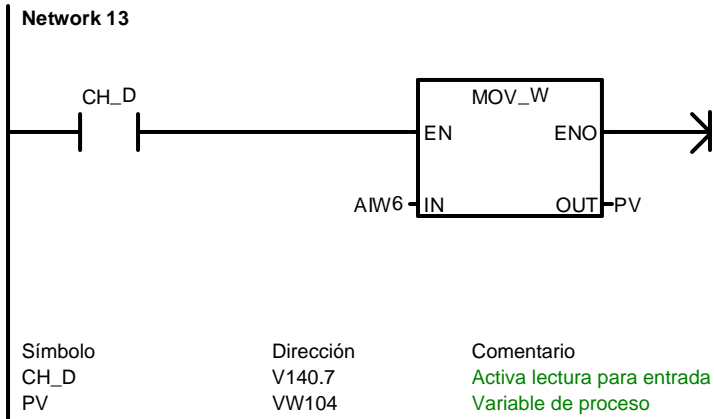
Símbolo	Dirección	Comentario
CH_C	V140.6	Activa lectura para entrada C
PV	VW104	Variable de proceso

Network 12

SELECCION DE ENTRADA ANALOGICA D

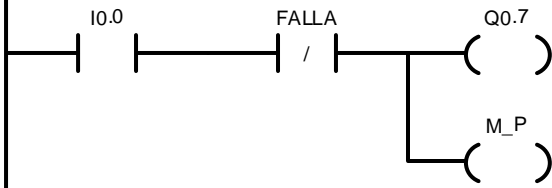


Símbolo	Dirección	Comentario
CH_D	V140.7	Activa lectura para entrada D
EN_A	V140.0	Activar entrada A
EN_B	V140.1	Activar entrada B
EN_C	V140.2	Activar entrada C
EN_D	V140.3	Activar entrada D



Network 16

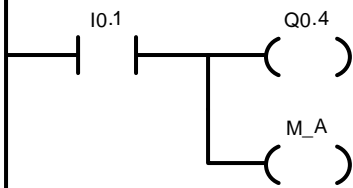
MANDO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA



Símbolo	Dirección	Comentario
FALLA	V106.6	Falla de transmisor (desconectado)
M_P	V107.4	Indica funcionamiento del la bomba

Network 17

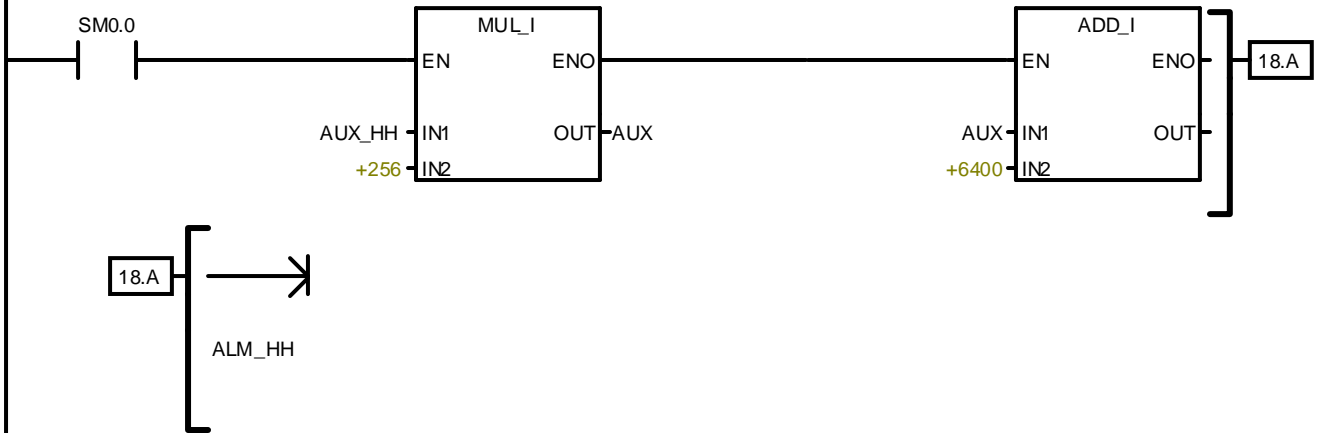
MANDO MANUAL/AUTOMATICO



Símbolo	Dirección	Comentario
M_A	V106.7	Cambio de modo en HMI

Network 18

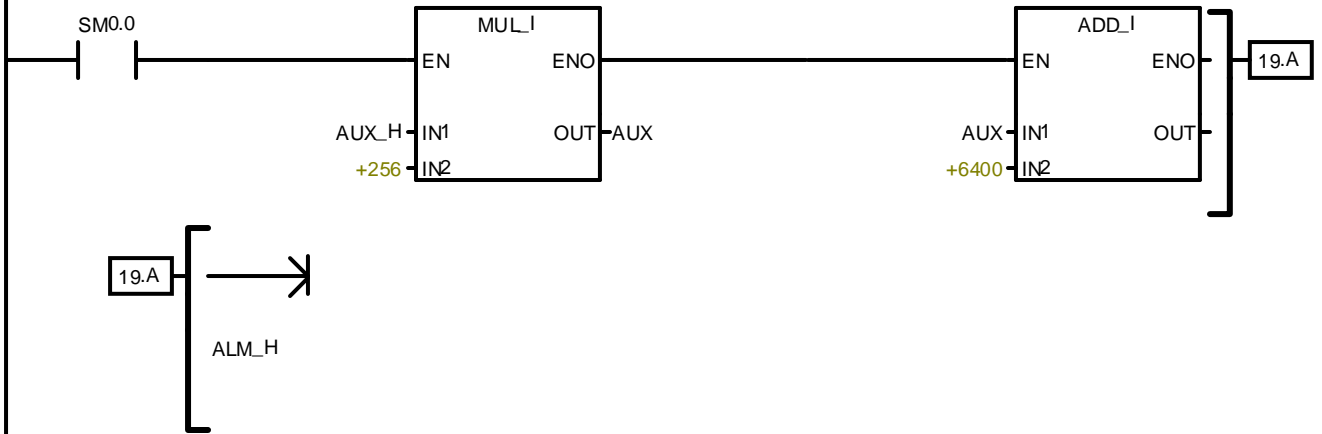
ESCALAMIENTO ALARMA HH



Símbolo	Dirección	Comentario
ALM_HH	VW112	Valor escalado para alarma HH
AUX	VW136	Auxiliar para operaciones aritméticas
AUX_HH	VW128	Valor de entrada para alarma alto alto

Network 19

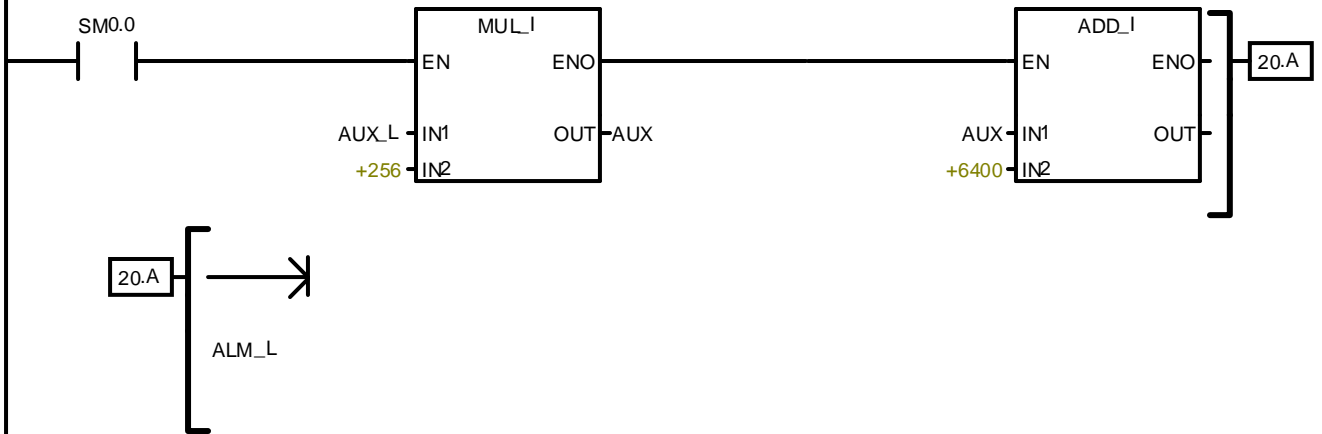
ESCALAMIENTO ALARMA H



Símbolo	Dirección	Comentario
ALM_H	VW114	Valor escalado para alarma H
AUX	VW136	Auxiliar para operaciones aritméticas
AUX_H	VW130	Valor de entrada para alarma alto

Network 20

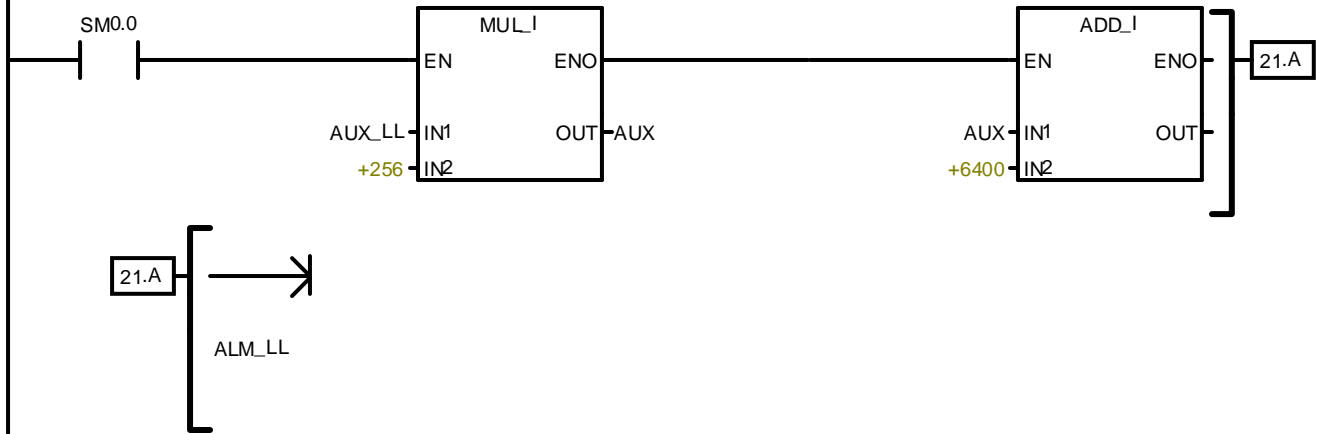
ESCALAMIENTO ALARMA L



Símbolo	Dirección	Comentario
ALM_L	VW116	Valor escalado para alarma L
AUX	VW136	Auxiliar para operaciones aritméticas
AUX_L	VW132	Valor de entrada para alarma bajo

Network 21

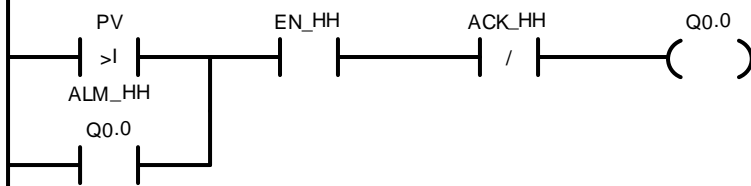
ESCALAMIENTO ALARMA LL



Símbolo	Dirección	Comentario
ALM_LL	VW118	Valor escalado para alarma LL
AUX	VW136	Auxiliar para operaciones aritméticas
AUX_LL	VW134	Valor de entrada para alarma bajo bajo

Network 22

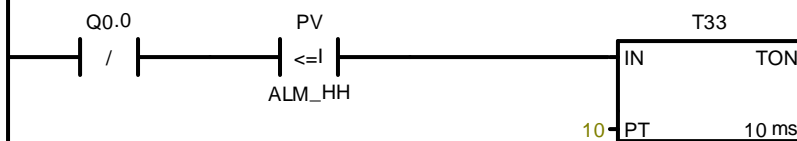
ACTIVAR/DESACTIVAR ALARMA EN ALTO ALTO



Símbolo	Dirección	Comentario
ACK_HH	V106.0	Acuse de alarma en alto alto
ALM_HH	VW112	Valor escalado para alarma HH
EN_HH	V107.0	Activa alarma HH
PV	VW104	Variable de proceso

Network 23

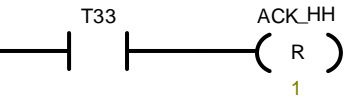
RESET ACK_HH



Símbolo	Dirección	Comentario
ALM_HH	VW112	Valor escalado para alarma HH
PV	VW104	Variable de proceso

Network 24

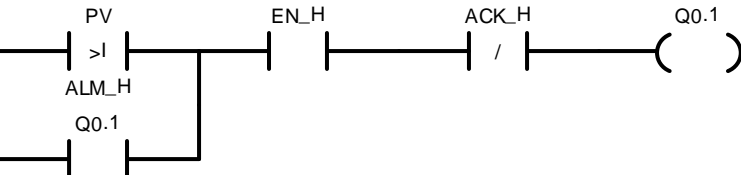
RESET ACK_HH



Símbolo	Dirección	Comentario
ACK_HH	V106.0	Acuse de alarma en alto alto

Network 25

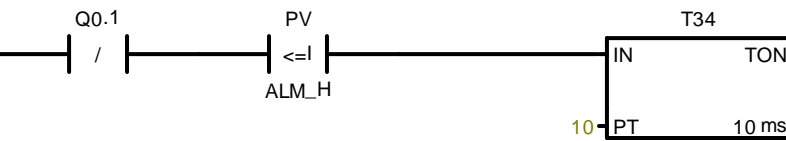
ACTIVAR/DESACTIVAR ALARMA EN ALTO



Símbolo	Dirección	Comentario
ACK_H	V106.1	Acuse de alarma en alto
ALM_H	VW114	Valor escalado para alarma H
EN_H	V107.1	Activa alarma H
PV	VW104	Variable de proceso

Network 26

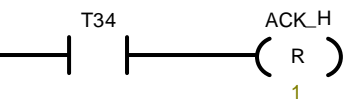
RESET ACK_H



Símbolo	Dirección	Comentario
ALM_H	VW114	Valor escalado para alarma H
PV	VW104	Variable de proceso

Network 27

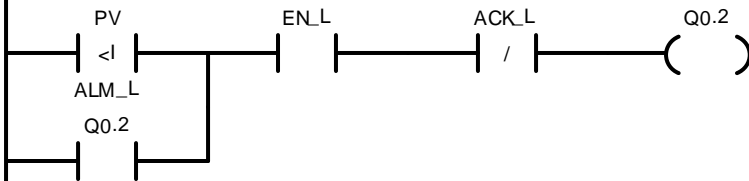
RESET ACK_H



Símbolo	Dirección	Comentario
ACK_H	V106.1	Acuse de alarma en alto

Network 28

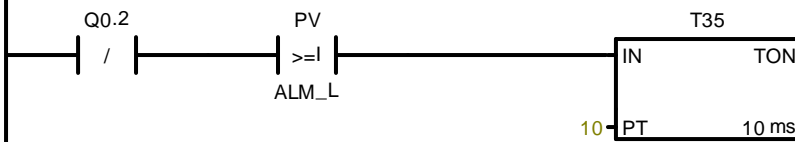
ACTIVAR/DESACTIVAR ALARMA EN BAJO



Símbolo	Dirección	Comentario
ACK_L	V106.2	Acuse de alarma en bajo
ALM_L	VW116	Valor escalado para alarma L
EN_L	V107.2	Activa alarma L
PV	VW104	Variable de proceso

Network 29

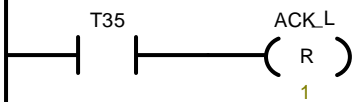
RESET ACK_L



Símbolo	Dirección	Comentario
ALM_L	VW116	Valor escalado para alarma L
PV	VW104	Variable de proceso

Network 30

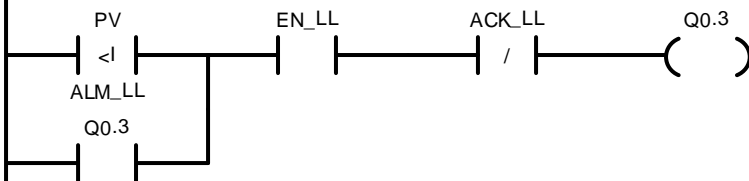
RESET ACK_L



Símbolo	Dirección	Comentario
ACK_L	V106.2	Acuse de alarma en bajo

Network 31

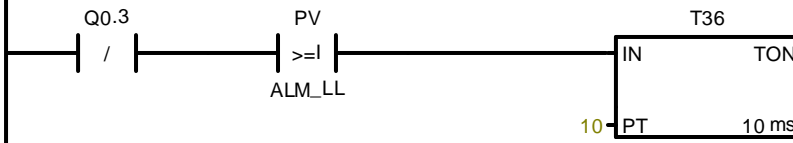
ACTIVAR/DESACTIVAR ALARMA EN BAJO BAJO



Símbolo	Dirección	Comentario
ACK_LL	V106.3	Acuse de alarma en bajo bajo
ALM_LL	VW118	Valor escalado para alarma LL
EN_LL	V107.3	Activa alarma LL
PV	VW104	Variable de proceso

Network 32

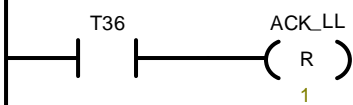
RESET ACK_LL



Símbolo	Dirección	Comentario
ALM_LL	VW118	Valor escalado para alarma LL
PV	VW104	Variable de proceso

Network 33

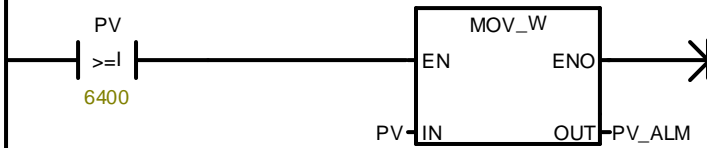
RESET ACK_LL



Símbolo	Dirección	Comentario
ACK_LL	V106.3	Acuse de alarma en bajo bajo

Network 34

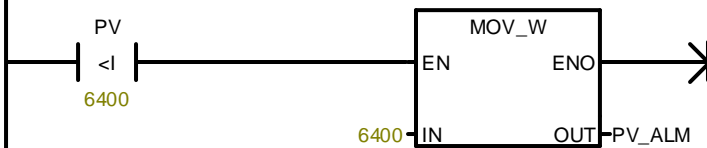
ENVIAR VALORES DENTRO DEL RANGO PARA ALARMAS



Símbolo	Dirección	Comentario
PV	VW104	Variable de proceso
PV_ALM	VW138	Valor positivo para alarmas

Network 35

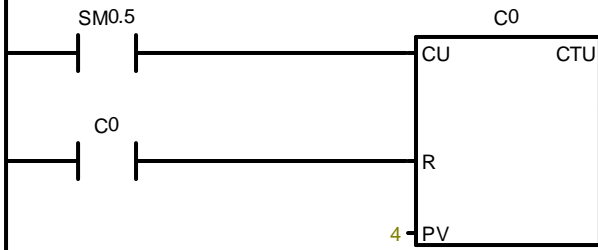
ENVIAR SOLO VALORES POSITIVOS PARA ALARMAS



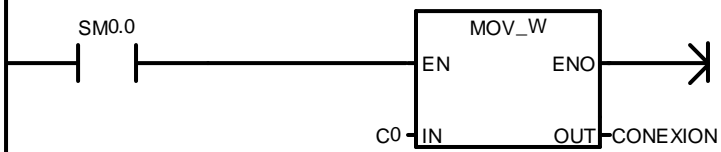
Símbolo	Dirección	Comentario
PV	VW104	Variable de proceso
PV_ALM	VW138	Valor positivo para alarmas

Network 36

SEÑAL PARA INDICAR SI EXISTE CONEXION ENTRE EL PLC Y EL PANEL



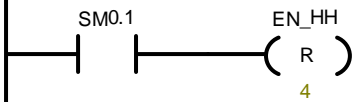
Network 37



Símbolo	Dirección	Comentario
CONEXION	VW142	Indica si existe conexión con el panel

Network 38

DEACTIVAR ACTIVACION DE ALARMAS



Símbolo	Dirección	Comentario
EN_HH	V107.0	Activa alarma HH