



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TEMA:

**Investigación y desarrollo de un sistema de supervisión y control de
temperatura utilizando un lazo PID para un proceso industrial de
aplicación didáctico en el laboratorio de automatización de la Facultad
Técnica en la Carrera Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo
de la UCSG**

REALIZADO POR

PABLO CAIN CAIN
LUIS SILVA CARRASCO

DIRECTOR DEL PROYECTO
ING. EFREN HERRERA MIENTES

ABRIL 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Srs. Pablo Caín Caín y Luis Silva Carrasco como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

Guayaquil, Abril de 2014

Ing. Efrén Herrera Muentes
DIRECTOR

REVISADO POR

Ing. Judith Gálvez Soto

Ing. Luis Pinzón Barriga

Ing. Miguel Heras Sánchez
RESPONSABLE ACADÉMICO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Pablo Caín Caín
Luis Silva Carrasco

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “Investigación y desarrollo de un sistema de supervisión y control de temperatura utilizando un lazo PID para un proceso industrial de aplicación didáctico en el laboratorio de automatización de la Facultad Técnica en la Carrera Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo”, 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, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, Abril de 2014

LOS AUTORES

Pablo Caín Caín

Luis Silva Carrasco



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Pablo Caín Caín y Luis Silva Carrasco

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: “Investigación y desarrollo de un sistema de supervisión y control de temperatura utilizando un lazo PID para un proceso industrial de aplicación didáctico en el laboratorio de automatización de la Facultad Técnica en la Carrera Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Abril de 2014

LOS AUTORES

Pablo Caín Caín

Luis Silva Carrasco

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis de ingeniería, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de los autores y su director de tesis, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaremos.

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios, por estar entre nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido un soporte y compañía durante todo el periodo de estudio y por darnos fuerza y sabiduría para continuar creciendo y poder culminar satisfactoriamente esta prestigiosa carrera.

Gracias a nuestros padres que con su amor nos dieron la vida y que nos motivaron a ser útiles ante la sociedad.

También queremos agradecer a nuestros familiares, amigos, y a nuestros profesores de cátedra quienes supieron dar todo su bagaje de conocimientos y principalmente a nuestro director de tesis Ing. Efrén Herrera que nos supo guiar paso a paso para que este proyecto de tesis alcance el premio anhelado.

DEDICATORIA 1

Este proyecto lo dedico a mis padres por estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre. Les doy gracias por sus enseñanzas por su amor único y desinteresado y por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona, estudiante y profesional.

También quiero dedicar este logro a mis hermanos y primos que los quiero mucho, compañeros de aula y amigos, con los que pasé buenos y malos momentos pero que con la ayuda de Dios supimos enfrentar todas las adversidades que se nos presento.

AUTOR:

PABLO CAIN C.

DEDICATORIA 2

Esta tesis se la dedico a dos seres importantes en mi vida, que son mis queridos padres, que con sus bendiciones desde el cielo son ese aliciente que me impulsa a no desmayar y seguir de frente por el sendero del bien.

A mis compañeros, aquella juventud que se interesa por aprender algo nuevo cada día y que sin duda alguna encontrara en este trabajo luces de dirección que despejaron sus inquietudes.

Y a todas aquella personas que sin pedir nada a cambio, me apoyaron de manera incondicional, motivándome día a día e inculcándome valores morales y éticos para hacerme una persona útil a la sociedad

AUTOR:

LUIS SILVA.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

HMI	Human Machine Interface
PLC	Control Lógico Programable
CPU	Unidad Central de Proceso
TIA	Totally Integrated Automation
PWM	Modulación de ancho de pulsos
SCADA	Supervisory Control And Data Adquisition
PID	Proportional Integral Derivative
IP	Internet protocolo
DCE	Data Communication Equipment
DTE	Data Terminal Equipments

SIGNIFICADO DE PALABLAS

Planta.- Equipo con el objetivo de realizar una operación o función determinada. Es cualquier equipo físico que se desea controlar (motor, horno, caldera, etc....) sistema de producción completo.

Proceso.- Cualquier serie de operaciones que se desea controlar con un fin determinado.

Perturbaciones.- Señal de comportamiento no previsible que tiende a afectar adversamente al valor de salida de un sistema.

Realimentación.- Operación que, en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida y la entrada de referencia, utilizando la diferencia entre ambas como parámetro de control.

Set Point.- Valor de trabajo en un proceso.

Lazo cerrado.- aquel en que la salida tiene un efecto directo sobre la señal de control (utiliza la realimentación para reducir el error).

INDICE	Pág.
TRIBUNAL DEL CONSEJO DE CARRERA	2
AGRADECIMIENTO	3
DEDICATORIA 1	4
DEDICATORIA 2	5
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	6
INDICE DE ABREVIATURAS	7
SIGNIFICADO DE PALABRAS	8
INDICE	9
INDICE DE TABLAS	13
INDICE DE FIGURAS	14
RESUMEN	17
CAPITULO I	
1.1 INTRODUCCION	18
1.2 JUSTIFICACION	19
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.4 HIPOTESIS	22
1.5 ANTECEDENTES	23
1.6 OBJETIVOS	23
1.6.1 OBJEYIVOS GENERAL	23
1.6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	24
CAPITULO II	
2. FUNDAMENTO TEORICO	25
2.1 PANTALLAS HMI	25
INTRODUCCION	25
2.2 CLASIFICACION	26
2.3 CARACTERISTICAS HMI	26
2.4 HMI KTP400 MONO BASIC	26
2.4.1 ASPECTOS DESTACABLES	27
2.4.2 POTENCIA Y FUNCIONALIDAD OPTIMIZADAS	27
2.4.3 INTERFAZ PROFINET	28
2.4.4 DISEÑO ROBUSTO Y QUE AHORRA ESPACIO	28
2.4.5 FUNCIONALIDAD	28
2.4.6 PANTALLA Y GRAFICOS	29
2.4.7 TECLAS DE FUNCION	29
2.5 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE	30
2.5.1 INTRODUCCION	30
2.5.2 DEFINICION CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE	31
2.5.3 CARACTERISTICA	31
2.5.4 VENTAJAS DE PLC	32
2.5.5 CLASIFICACION DE PLC SIEMENS SERIE SIMATIC	32
2.5.6 PLC SIEMENS S7 – 1200	32
2.5.7 MODULOS DE SEÑALES	33
2.5.8 SEÑALES INTEGRADAS	34
2.5.9 MODULO DE COMUNICACION	35
2.6 MEMORIA	35

2.6.1 DISEÑO QUE AHORRA ESPACIO	36
2.7 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL	36
2.7.1 INTERFZA INTEGRADA	36
2.7.2 ENTRADAS DE ALTA VELOCIDAD PARA FUNCIONES DE CONTAJE Y MEDICION	37
2.7.3 SALIDAS DE ALTA VELOCIDAD	37
2.8 CONTROL PID	37
2.8.1 FUNCIONALIDAD PID PARA LAZOS DE REGULACION	37
2.8.1.2 PANEL DE SINTONIA PARA PUESTA EN MARCHA PID	38
2.8.2 FUENTE LOGO 110V AC – 24DC	39
2.8.3 RELES DE NIVEL (RM4 LG)	40
2.8.4 ELECTROVALVULAS MARCA ASCO	41
2.8.5 RELE DE ESTADO SOLIDO	42
2.8.6 TERMOCUPLA SENSOR DE TEMPERATURA	43
2.8.6.1 TEMPERATURA	43
2.8.7 DENSIDAD	44
2.8.8 TERMOCUPLAS TIPO J	45
2.8.1 TIPO J (FE –CUNI)	46
 CAPITULO III	
3. INSTRUMENTOS Y VARIABLES	47
3.1 CLASIFICACION DE LOS INSTRUMENTOS	47
3.1.1 ELEMENTOS PRIMARIOS	47
3.1.2 TRANSMISORES	47
3.1.3 INDICADORES LOCALES	47
3.1.4 CONEVRTIDORES	48
3.2 MEDIDAS DE TEMPERATURA	48
3.2.1 INDICADORES LOCALES DE TEMPERATURA (TERMOMETROS)	49
3.2.2 ELEMENTOS PRIMARIOS DE TEMPERATURA	49
3.2.3 TERMOPARES	50
3.2.4 TERMORESISTENCIAS	52
3.2.5 TERMOPARES O TERMORESISTENCIAS	53
3.2.6 CONVERTIDORES O TRANSMISORES DE TEMPERATURA	54
3.2.7 INTERRUPTORES DE TEMPERATURA O TERMOSTATO	55
 CAPITULO IV	
4. REDES INDUSTRIALES	56
4.1. INTRODUCCION	56
4.2. NIVELES EN UNA RED INDUSTRIAL	57
4.3. REDES LAN INDUSTRIALES	58
4.4. BUS DE CAMPO	59
4.5. BUSES DE CAMPO MAS IMPORTANTES	61
4.6. ETHERNET INDUSTRIAL	62
4.6.1 MEDIOS DE TRANSMISION	62
4.6.2 TIPOLOGIA DE CABLES PARA ETHERNET Y PROFINET	63
4.6.3 SISTEMA DE AUTOMATIZACION INTEGRAL	64
4.6.4 COMUNICACIÓN ETHERNET EN SIMATIC	64
4.6.5 CAMPO DE APLICACIÓN DE ETHERNET INDUSTRIAL	65
4.6.6 VENTAJAS QUE OFRECEN INDUSTRIAL ETHERNET	65
4.6.7 DATOS TECNICOS.....	66
4.6.8 ARQUITECTURA DE RED.....	66

CAPITULO V	
5. CONTROL PID	68
5.1 INTRODUCCION	68
5.2 FUNDAMENTOS DE CONTROL REALIMENTADO	69
5.3 DEFINICIONES DE TERMINOLOGIA DE CONTROL PROPORCIONAL, INTEGRAL, DERIVATIVO	70
5.3.1 RESPUESTA ANTE UN ESCALON	70
5.3.2 RESPUESTA ANTE UN PULSO MOMENTANEO	72
5.4 CONTROL PROPORCIONAL	73
5.5 CONTROL INTEGRAL	74
5.6 ACCION DERIVATIVA	75
5.7 TABLA FINAL PID	77
CAPITULO VI	
6. DESCRIPCION DEL MODULO DIDACTICO	78
6.1. TIPS PARA CONTROLAR EL PROCESO DE MODULO DIDACTICO	78
6.1.1 PASOS PARA UTILIZAR EL CONTROLADOR	78
6.1.2 MODO DE OPERACION	79
6.2. DIMENSION DE BANCO DE PRUEBA	79
6.3. TANQUES DE MAQUETA DIDACTICA.....	80
6.3.1 BASE PARA LOS TANQUES	83
6.4. DIAGRAMA DEL PROCESO.....	86
6.4.1. DETALLES DE COMPONENTES	86
6.5. DIAGRAMA DE PROCESO.....	88
6.6. LISTA DE LOCALIZACIONES.....	89
6.7. PROGRAMACION PLC S7 1200.....	91
6.7.1. PRINCIPIOS BASICOS DEL TIA PORTAL.....	91
6.7.1.1. VISTA GENERAL DEL TIA PORTAL	91
6.7.1.2. INTRODUCCION.....	91
6.7.1.3. TAREAS	91
6.7.1.4. VENTAJAS	92
6.7.2. CONCEPTO DE INGENIERIA.....	92
6.7.3. VISTA DEL TIA PORTAL.....	92
6.7.3.1. NACEGACION EN EL TIA PORTAL.....	93
6.7.3.2. INTRODUCCION.....	93
6.7.3.2.1. VISTAS DEL TIA PORTAL	93
6.7.3.2.2. NAVEGACION.....	93
6.7.4. VISTA DEL TIA PORTAL.....	93
6.7.5. VISTA DEL PROYECTO	95
6.7.6. PASOS PARA PROGRAMAR EN TIA PORTAL V11.....	97
6.7.7. CONFIGURAR EL CONTROLADOR.....	100
6.7.7.1. AGREGAR BLOQUES DE PROGRAMACION	101
6.7.8. CONFIGURACION DE LA PANTALLA HMI	102
6.8. PROCEDIMIENTO PARA LA PROGRAMACION DEL CONTROL PID	110
6.9. PROGRAMACION DE CONTROLADOR PID EN EL PROGRAMA	114
6.10. PRACTICA N° 1	126
6.10.1. AJUSTE FINO DENTRO DEL BLOQUE PID SET POINT 45°C	126
6.11. PRACTICA N° 2	130
6.10.1. AJUSTE FINO DENTRO DEL BLOQUE PID SET POINT 55°C	130
6.11. PRACTICA N° 3	134
6.10.1. AJUSTE FINO DENTRO DEL BLOQUE PID SET POINT 65°C	134

CONCLUSIONES.....	137
RECOMENDACIÓN	138
BIBLIOGRAFIA	139
ANEXOS	142
DIAGRAMAS ELECTRICOS DEL PROYECTO	143
FOTOS DEL PROYECTO	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III.1 Tabla De Termopares

Tabla III.2 Límites De Error Termopares, Según Norma ISA 96.1

Tabla III.3 Termorresistencias

Tabla III.4: Tabla De Comparación

Tab IV 5 Datos Técnicos Del Protocolo De Ethernet

Tab. V 6 Conceptos DE PID

Tabla IV 7 Dimensiones Y Capacidades De Tanques Maqueta Didáctica

Tab. VI 8 Entradas Digitales

Tab. VI 9 Entrada Análoga

Tab. VI 10 Salidas Digitales

Tab. VI 11 Descripción De Todos Los Elementos

ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. I 1 Nivele De Capas En Una Red Industrial.
- Fig. II. 2 SIMATIC HMI
- Fig. II 3 Interfaz Profinet.
- Fig. II 4 Pantalla Y Gráficos
- Fig. II 5 Teclas Y Funciones
- Fig. II 6 Descripción De Un PLC 1200
- Fig. II 7 Módulos De Señal
- Fig. V 8 Módulos De Señales Integradas
- Fig. II 9 Módulos De Comunicación
- Fig. II 10 Tarjeta De Memoria De Programa
- Fig. II 11 Interfaz Profinet Integrada
- Fig. II 12 Funcionalidad PID
- Fig. II 13 Fuente De Poder
- Fig. II 14 Descripción Del Relé De Nivel Marca Telemaquique
- Fig. II 15 Relé De Nivel RM4LG01F
- Fig. II 16 Solenoide
- Fig. II 17 Solenoide
- Fig. II 18 Relé De Estado Solido
- Fig. II 19 Componentes Internos De Un Relé De Estado Solido
- Fig. II 20 Termocupla Tipo J
- FIG IV 21 Nivele De Capas En Una Red Industrial.
- Fig. IV. 22 Tipos De Cables Ethernet
- Fig. IV. 23 Sistema De Automatización Integral
- Fig. IV 24 Comunicación Ethernet
- Fig. IV. 25 Arquitectura De La Red
- Fig. IV. 26 Trama Ethernet
- Fig. V 27. Respuesta A Un Escalón.
- Fig. V 28 Respuesta A Un PID.
- Fig. V 29 Respuesta Ante Un Pulso Momentáneo.
- Fig. V 30 Respuesta Ante Combinaciones De Una Salida PID.
- Fig. V 31 Bloque PID
- Fig. VI 32 Dimensiones De Tanques
- Fig. VI 33 Dimensiones De Base De Maqueta
- Fig.VI 34 Base Para Tanques De Maqueta Didáctica

Fig.VI 35 Base De Maqueta

Fig.VI 36 Interfaz De Comunicación PLC, HMI, PC

Fig.VI 37 Pantalla Principal Del *Software Step 7* TIA PORTAL

Fig.VI 38 Vista Del Proyecto.

Fig.VI 39 Configuración De Nuevo Proyecto.

Fig.VI 40 Configuración De Dispositivos.

Fig.VI 41 Ventana Para Agregar PLC.

Fig. VI 42 Propiedades Del PLC

Fig. VI 43 Configuración Interfaz Profinet

Fig. VI 44 Bloques De Programa

Fig. VI 45 Configuración De Pantalla HMI

Fig. VI 47 Configuración De Imágenes En Pantalla HMI

Fig. VI 48 Configuración De Avisos De La Pantalla HMI

Fig. VI 49 Configuración De Imágenes En Pantalla HMI

Fig. VI 50 Configuración De Imágenes Del Sistema.

Fig. VI 51 Configuración De Botones En Pantalla HMI

Fig. VI 52 Ventalla De Programación De Pantalla HMI

Fig. VI 53 Programación En Pantalla HMI

Fig. VI 54 Ventana De Programación Bloque Principal.

Fig. VI 55 Insertar Bloque PID En Bloque Función Cíclica

Fig. VI 56 Configuración Del Ajuste Básico Del Bloqué PID

Fig.VI 57 Configuración De Valores Real.

Fig.VI 58 Configuración De Ajustes Avanzados.

Fig. VI 59 Configuración De Ajustes Avanzadas

Fig. VI 60 Configuración Del Límite Del Valor De Salida.

Fig. VI 61 Configuración De Parámetros Del PID

Fig. VI 62 Pantalla De Set Point 45°C

Fig. VI 63 Grafica De Lectura De La Variable De Proceso 45°C

Fig. VI 64 Ventana De Ajuste Básico De Bloque PID

Fig. VI 65 Ventana De Ajuste Y Optimización Del Bloque PID (Optimizando A 45°C

Fig. VI 66 Ventana De Optimización Llegando A Valor Del Set Point.

Fig. VI 67 Ventana De Optimización Final

Fig. VI 68 Ventana De Set Point 55°C

Fig. VI 69 Ventana De Grafica De La Variable De Set Point 55°C

- Fig. VI 70 Ventana De Ajuste Y Optimización Del Bloque PID (Optimizando A 55°C
- Fig. VI 71 Ventana De Optimización Llegando Al Valor De Set Point 55°C
- Fig. VI 72 Optimización Del PID
- Fig. VI 73 Ventana De Optimización Llegando Al Valor Del Set Point 55°C
- Fig. VI 74 Ventana De Optimización Final Del Bloque PID 55°C
- Fig. VI 75 Ventana De Set Point 65°C
- Fig. VI 76 Ventana De Grafica De La Variable De Set Point 65°C
- Fig. VI 77 Ventana De Ajuste Y Optimización Del Bloque PID (Optimizando A 65°C
- Fig. VI 78 Ventana De Optimización Llegando Al Valor Del Set Point 65°C
- Fig. VI 79 Ventana De Ajuste Básico Del Bloque PID.

RESUMEN

Esta tesis tiene por objeto el diseño y la construcción de un MODULO DIDACTICO INDUSTRIAL PARA CONTROL Y MONITOREO DE 1 VARIABLE EN ESTE CASO LA TEMPERATURA, ESTE CONTROL VA A SER A TRAVEZ DE UN LAZO PID IMPLEMENTADO CON UN SCADA.

El módulo controla las variables como, temperatura, en forma amigable. El principal componente es un controlador lógico programable PLC y un HMI (interfaz hombre maquina) el mismo que se encargará de realizar el control del sistema y adquirir los datos de medida que el sensor de temperatura comience a leer, y compararlos con el valor deseado (set point).

El sistema tiene la capacidad de ser operado en modo manual o automático desde el panel de operador (control local) o desde una estación remota o computador se podrá visualizar el comportamiento del bloque PID para realizar comparaciones y realizar ajustes finos de proceso.

El control y monitoreo del sistema se lo realiza de manera remota a través de una red o PC comunicada con el PLC (Control Lógico Programable), y de manera local a través de los respectivos elementos de maniobra ubicados en el panel didáctico.

Se diseña un Scada (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) en una HMI (Interfaz Hombre Maquina) el control y monitoreo de los módulos, así como para guardar datos históricos. Además se desarrolla un sistema de generación de alarmas de fallas de cada módulo y también se configuran de manera remota los puntos de consigna de las variables de PLC, siempre y cuando el usuario tenga el nivel de acceso adecuado para el mismo. Se procura conseguir con dicho Scada un nivel de seguridad óptimo tanto para las personas que trabajan cerca del módulo, como para mantener todos los procesos en un funcionamiento correcto.

Este prototipo ayuda al estudiante o lector junto al profesor guía, poder fomentar el desarrollo y la investigación, creciendo profesionalmente y con más oportunidades de trabajo al nivel industrial.

CAPITULO I

1.1.- INTRODUCCIÓN.

En todos los procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas unidades, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el ph, la conductividad, la velocidad, la humedad, etcétera. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio podría realizar.

En los inicios de la era industrial, el operario llevaba a cabo un control manual de estas variables utilizando solo instrumentos simples, manómetros, termómetros, válvulas manuales etc., control que era suficiente por la relativa simplicidad de los procesos. Sin embargo, la gradual complejidad con que estos se han ido desarrollando ha exigido su automatización progresiva por medio de los instrumentos de medición y control. Estos instrumentos han ido liberando al operario de su función de actuación física directa en la planta y al mismo tiempo, le han permitido una labor única de supervisión y de vigilancia del proceso desde centros de control situados en el propio proceso o bien en salas aisladas separadas; asimismo, gracias a los instrumentos ha sido posible fabricar productos complejos en condiciones estables de calidad y de características semejantes, condiciones que al operario le serian imposibles o muy difíciles de conseguir, realizando exclusivamente un control manual.



Figura I 1 Control de Procesos en forma manual

Fuente: Instrumentación de control de Procesos / Autor Juan Carlos Maraña

El libro de Instrumentación de Control de Procesos de Juan Carlos Maraña nos presenta una definición muy acertada de lo que es la clasificación de los instrumentos de control y las variables de procesos como es Presión, Nivel y Temperatura.

1.2.- JUSTIFICACIÓN

Debido al giro que viene dando en la actualidad el control de procesos en la industria y viendo la necesidad que los estudiantes de Ingeniería Electrónica, Control y automatismo, se familiaricen con estos temas de un modo más práctico, se desarrolló este proyecto que tiene como objetivo diseñar e implementar un módulo didáctico de entrenamiento utilizando PLC y una pantalla HMI.

Este módulo didáctico sería de gran ayuda para el laboratorio de automática y esto ayudaría a los estudiantes a realizar prácticas y conocer el control de procesos que puedan medir estos parámetros para que los estudiantes puedan entender los

efectos que se producen en la medición de las variables como temperatura, presión, nivel en distintos procesos industriales automatizados, para este caso se va a identificar la variable temperatura.

Con la creación de este “ módulo didáctico los estudiantes puedan tener a su alcance herramientas para realizar determinadas prácticas como el comportamiento de un PID, control de sensores analógicos, Termocupla además de homogenizar el conocimiento adquirido por parte de los alumnos al manejar los dispositivos reales utilizados por las empresas, ya que le permitiría la integración del conocimiento adquirido en las diferentes clases impartidas en la universidad.

El manejar tecnología de punta le permitirá a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos adquiridos y complementar el aprendizaje por medio de la realización de prácticas con equipo equivalente al de uso industrial.

La educación de calidad es fundamental para el desarrollo de nuestro entorno, mediante el presente proyecto se contribuye al conocimiento en la materia de automática y en la materia de control de procesos impartida en las aulas de la FACULTAD TECNICA PARA EL DESARROLLO DE LA “UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL” , pues se crea un ambiente apto para el aprendizaje y realización de las practicas estudiantiles con herramientas tecnológicas que le dan al estudiante la oportunidad de familiarizarse con el campo industrial y con el manejo de equipos tecnológicos de última generación; se facilitara una herramienta de supervisión y control en la cual se podrá visualizar las posibles fallas y posibles desperfectos que puedan presentarse en un proceso real como daño en la Pt100, daño en la resistencia y al no realizar una lectura correcta pudiendo así paralizar el proceso.

Todo proceso en el control de temperatura con un lazo PID necesita de un sistema que indique los parámetros de temperaturas relevantes para el control entre los cuales podemos mencionar;

- ❖ Reconocimiento de equipos utilizados en un control de temperatura
- ❖ Reconocimiento de alarmas que puede ofrecer el control
- ❖ Reconocer los tipos de interface que pueden utilizarse con el control de temperatura.
- ❖ Ajustar parámetros del control PID dentro del programa *Step 7 1200*

❖ Seguridad en el proceso cualquiera que sea su uso.

Para así poder incorporar alarmas de baja temperatura que faciliten el control y así el estudiante pueda familiarizarse en un control ya en un ámbito más industrial sino que se visualizara en una escala menor, ejemplo para el caso de una alarma que indique la temperatura baja, esta se deberá al caso de que se dañe algún elemento del proceso ya sea la pt100 o la resistencia o que la persona ponga un valor demasiado por debajo de la temperatura ambiente.

También hay que tomar en cuenta que los pequeños microempresarios por espacio y por factor económico puedan adquirir a este tipo de sistemas ya que brinda la confiabilidad del proceso.

Utilizando correctamente las herramientas tecnológicas, hoy en día podemos monitorear constantemente los procesos automatizados, los mismos que permitirán detectar fallas en algún proceso en el control de temperatura cualquiera que este sea, utilizado en el campo industrial.

Actualmente los sistemas o medios para el monitoreo y control nos dan las facilidades de tomar decisiones en cuanto al diagnóstico preventivo o acciones correctivas con anticipación previniendo la paralización de los procesos industriales en tiempo real.

1.3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tecnología hoy en día avanza rápidamente por lo que se requiere tener pleno conocimiento de las herramientas tecnológicas que se utilizan en el campo industrial, el presente proyecto ofrece un sistema de supervisión y control de temperatura, orientado al conocimiento en la materia automática y control de procesos, vistas en la carrera INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO, logrando un aprendizaje mucho más objetivo, didáctico y efectivo, actualmente la universidad no consta con modelos didácticos en los laboratorios de instrumentación en la cual el alumno pueda familiarizarse en este entorno que hoy día es muy utilizado en el campo industrial especialmente en el sector alimenticio.

El sistema que se utilizara para ayudar a mejorar las prácticas y el conocimiento integral estudiantil es un control de temperatura, el cual permite el control y monitoreo durante el

proceso, por medio de un control PID en un lazo cerrado, además podemos obtener datos en tiempo real. Para este caso se elaborara un sistema Scada que permitirá el control y monitoreo por medio de una HMI (INTERFAZ HOMBRE MAQUINA)

En la industria actual es usado bastante este tipo de proyectos muchos más amplios y con más elementos, pero el principio sigue siendo el mismo; este tipo de control minimiza la presencia del personal vigilando las temperaturas, debido a que este tipo de control es mas automático por eso son muy usados hoy en día en industria actual.

Estas herramientas ofrecen mucha ayuda al estudiante actual y colabora a inmiscuirse más en los procesos industriales vistos hoy en día.

Debido a que la universidad no consta con este tipo de proyectos en sus laboratorios creemos que sería de gran ayuda para la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL implementar este tipo de prototipos para la enseñanza y aprendizaje de los alumnos de la FACULTAD TÉCNICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO en las materias de automática, instrumentación y control de procesos ya que con esto el alumno podrá captar de una manera más amplia este tipo de procesos que son muy usados en las industrias dando así un enfoque real en cuanto a un proceso de control de temperatura.

1.4.- HIPOTESIS

En el presente proyecto se implementara un sistema automatizado para el control de temperatura en el laboratorio de Automatismo de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, para que los estudiantes de la carrera de Control y Automatismo puedan realizar sus prácticas de forma real y objetiva.

El Control de Temperatura (CT): tiene el objeto de examinar la temperatura (variable controlada) del fluido para controlar con mayor precisión el proceso. La acción se logra a través de un control manual (operador) o a través del control automático (por medio de instrumentos) ya sea en este caso por medio de una pantalla HMI (Interfaz Hombre Maquina).

Este proyecto ayuda a ampliar el enfoque actual del estudiante permitiendo obtener un conocimiento más amplio en este tema y muy usados hoy día en el ámbito industrial.

En automatismo se utiliza un mecanismo perceptivo a la temperatura para generar una señal que corresponde al dato captado. En este caso se utilizara para medir la variable de temperatura una Termocupla tipo J, esta señal se alimenta a través de una entrada analógica del PLC y la coteja con un dato dado predeterminado llamado *set point*. Si hay discrepancia, el Simulador Dinámico de Tiempo Real controlador cambia la abertura de la válvula de control para corregir la temperatura al valor deseado.

1.5.- ANTECEDENTES.

Hoy en día, la instrumentación virtual sigue siendo una de las opciones favoritas para construir sistemas de automatización y control de procesos. Sin lugar a duda más y más sistemas están aprovechando la tecnología del PLC para aplicaciones en las cuales el tiempo de prueba es primordial, los instrumentos basados en PLC ofrecen el rendimiento imprescindible que se requiere para los sistemas automatizados actuales.

Los módulos didácticos tienen como objetivo principal que todo lo que se explique en clase pueden ser verificados en la práctica, así pues permite realizar practica de control y automatización de procesos industriales de forma sencilla rápida y segura y lo más próximo posible a la realidad.

1.6.- OBJETIVOS

1.6.1.- OBJETIVO GENERAL.

- ❖ Colaborar con el mejoramiento de la educación practica – experimental e integral en la FACULTAD TECNICA PARA EL DESARROLLO DE LA “UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL”, mediante la implementación de un sistema de control y supervisión modelado para la enseñanza de la materia de automática y control de procesos. En la cual se

podrán observar de una manera fácil y cómoda los cambios de temperatura a la cual son sometidos los diferentes componentes y así conoceremos el comportamiento del lazo PID usado en este control.

1.6.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- a)** El presente proyecto tiene la finalidad de fortalecer los conocimientos de los estudiantes en las carreras de electrónica en automatización y control de la “UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL” y brindara las bases para el desarrollo teórico práctico necesario, a fin de realizar un aprendizaje experimental que direcciona al estudiante a obtener sus propias conclusiones.
- b)** El control de temperatura nos permitirá conocer con total precisión y exactitud la lectura de temperatura en tiempo real logrando así tener una mejor visión de un control PID de temperatura.
- c)** Obtener y registrar datos de monitoreo durante el funcionamiento del proceso.
- d)** Conocer los diferentes tipos de interface que se puedan utilizar con este dispositivo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1.-PANTALLAS HMI.

INTRODUCCIÓN.

Una interfaz Hombre-Máquina o HMI, Human Machine Interface, por sus siglas en inglés, es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual éste controla un determinado proceso.

Las HMI podemos definir las como una "ventana de un proceso". Donde esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora.

Interacción Hombre-Máquina (IHM) o Interacción Hombre-Computadora tiene como objeto de estudio el diseño, la evaluación y la implementación de sistemas interactivos de computación para el uso humano, así como los principales fenómenos que los rodean. Dado que este es un campo muy amplio, han surgido áreas más especializadas, entre las cuales se encuentran. Diseño de Interacción o de Interfaces de Usuario, Arquitectura de Información y Usabilidad.

El Diseño de Interacción se refiere a la creación de la interfaz de usuario y de los procesos de interacción. La Arquitectura de Información apunta a la organización y estructura de la información brindada mediante el software.

La usabilidad se aboca al estudio de las interfaces y aplicaciones con el objeto de hacerlas fáciles de usar, fáciles de recordar, fáciles de aprender y eficientes con bajo coeficiente de error en su uso y que generen satisfacción en el usuario. A su vez, se asemeja a una disciplina porque plantea objetivos medibles y métodos rigurosos para alcanzarlos.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorizar y de controlar múltiples sistemas remotos, PLCs y otros mecanismos de control, con la necesidad de tener un control más preciso y agudo de las variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real. Aunque un PLC realiza automáticamente un control pre

programado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual, los sistemas SCADA lo hacen de manera automática.

2.2.-CLASIFICACIÓN

Clasificación de la gama Simatic HMI Basic Paneles.

- KP300 básica mono
- KTP400 básica mono
- KTP600 básica mono
- KTP600 color básico
- KTP1000 color básico
- kTP1500 color básico

2.3.- CARACTERÍSTICAS HMI.

- a) Hardware estándar para distintas aplicaciones: permite controlar varias aplicaciones según el requerimiento del operador.
- b) Posibilidad de modificaciones futuras sin para el proceso; mediante el software se puede modificar las condiciones de trabajo para la obtención del proceso deseado
- c) Posibilidades de ampliación: se puede reemplazar y añadir dispositivos de acuerdo al crecimiento del proceso en la industria.
- d) Interconexión y cableado exterior: Es muy baja ya que sustituyen sistemas cableados (elementos físicos como botones, interruptores, equipos de relés, lámparas, leds) por sistemas programables compactos.
- e) Tiempo de implantación: es muy corto.
- f) Mantenimiento: es más fácil ya que se lo realiza mediante el programa que fue previamente cargado en el proceso que está siendo objeto de control.
- g) Configuración: permite definir el entorno de trabajo del SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- h) Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta.
- i) Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando pre programado a partir

de los valores actuales de variables leídas.

- j) Gestión y archivo de datos: almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- k) Comunicaciones: transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y también entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

2.4.- HMI KTP400 MONO BASIC

2.4.1.-ASPECTO DESTACABLES



Fig. II. 2 SIMATIC HMI

Los paneles SIMATIC HMI Panel han sido diseñados para operar a la perfección con el nuevo controlador SIMATIC S7 1200. La gama SIMATIC HMI BASIC PANEL para aplicaciones compactas ofrecen una solución que puede adaptarse a la perfección a las necesidades específicas de visualización: potencia y funcionalidad optimizada, gran variedad de tamaños de pantalla y un montaje sencillo que facilita la aplicación.

2.4.2.- POTENCIA Y FUNCIONALIDAD OPTIMIZADAS.

La perfecta integración de SIMATIC S7-1200 y los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panel permite un control y visualización sencilla, aptos para tareas de automatización compactos. Gracias a la interacción entre el software de ingeniería del controlador y de HMI, SIMATIC STE 7 Mono Basic integrado, pueden obtenerse las mejores soluciones en el tiempo más breve y con resultados óptimos.

2.4.3. - INTERFAZ PROFINET



Fig. II 3 Interfaz Profinet.

Todas las variantes de los nuevos modelos SIMATIC HMI Panel llevan integrada de serie interfaz Profinet.

Los nuevos paneles Simatic HMI con interfaz Profinet integrada permiten la visualización e máquinas y procesos de una manera sencilla e intuitiva, además la comunicación con el controlador conectado, y la transferencia de datos de parametrización y configuración. Esto es parte esencial de la interacción con SIMATIC S7.

2.4.4.-DISEÑO ROBUSTO Y QUE AHORRA ESPACIO

Al contar con protección IP65, los paneles de la gama SIMATIC HMI Basic Panels son perfectos para el uso en entornos industriales duros. Su diseño compacto los hace adecuados también para aplicaciones con poco espacio de montaje. En los casos de espacios extremadamente reducidos, las variantes de 4" ,6" 10" incluso pueden configurarse y montarse vertical.

2.4.5.-FUNCIONALIDAD

Todos los modelos de SIMATIC HMI Mono Basic están equipados con todas las funciones básicas necesarias, como sistema de alarma, administración de recetas, diagramas de curvas y gráficos vectoriales. La herramienta de configuración incluye una librería con numerosos gráficos y otros objetos diversos. También es posible administrar los usuarios en función de las necesidades de los diferentes sectores, por ejemplo para la autenticación mediante nombre de usuario y contraseña.

2.4.6.- PANTALLA Y GRAFICOS

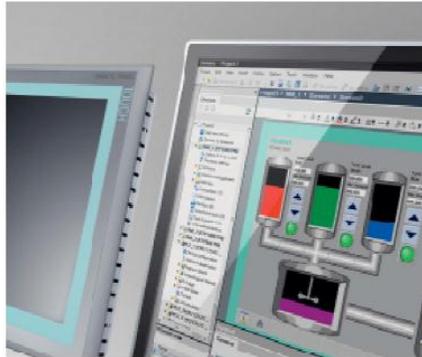


Fig. II 4 Pantalla y Gráficos

Los paneles Simatic HMI Mono ofrecen una pantalla táctil que proporciona un manejo intuitivo. El uso de pantallas graficas abre nuevas perspectivas a la visualización: características como gráficos vectoriales, diagramas de curvas, textos, entre otros. Los paneles de la gama Simatic HMI Basic Panel pueden configurarse fácilmente con el software de programación TIA Portal.

2.4.7.- TECLAS DE FUNCIÓN



Fig. II 5 Teclas y Funciones

Además del manejo táctil, los equipos de 4", 6" y 10" están provistos de teclas de función configurables, a las que pueden asignarse funciones de manejo individual dependiendo de la pantalla seleccionada. Además, estas teclas ofrecen un feedback táctil una mayor comodidad de uso y seguridad

2.5.-CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.

2.5.1.- INTRODUCCIÓN

El controlador lógico programable (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los comandos de la instalación.

La historia del PLC (Control Lógico Programable) se remonta a finales de la década de 1960, apareció cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente con el propósito de eliminar el enorme costo que significaba el reemplazo de un sistema de control basado en relés (relays), interruptores, contactores, temporizadores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógico combinacional.

La empresa Bedford Associates (Bedford, MA) propuso un sistema al que llamó Modular Digital Controller o MODICON a una empresa fabricante de autos en los Estados Unidos, por los requerimientos de los fabricantes de automóviles que estaban cambiando constantemente los sistemas de control en sus líneas de producción para acomodarlos a sus nuevos modelos de carros, en el pasado, esto requería un extenso re-alambrado de bancos de relevadores un procedimiento muy costoso.

Se puede pensar en un PLC como un pequeño computador industrial que ha sido altamente especializado para prestar la máxima confianza y máximo rendimiento en un ambiente industrial.

En su esencia, un PLC mira sensores digitales y analógicos y switches (entradas), lee su programa de control, hace cálculos matemáticos y como resultado controla diferentes tipos de hardware (salidas) tales como válvulas, luces, relés, servomotores, etc. en un marco de tiempo de milisegundos.

2.5.2.-DEFINICION CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial procesos secuenciales.

Un PLC se puede definir como un sistema basado en un microprocesador. Sus partes fundamentales son la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S).

La CPU se encarga de todo el control interno y externo del PLC y de la interpretación de las instrucciones del programa. En base a las instrucciones almacenadas en la memoria y en los datos que lee de las entradas, genera las señales de las salidas.

La memoria se divide en dos, la memoria de solo lectura o ROM y la memoria de lectura y escritura o RAM.

La memoria ROM almacena programas para el buen funcionamiento del sistema.

La memoria RAM está conformada por la memoria de datos, en la que se almacena la información de las entradas y salidas y de variables internas y por la memoria de usuario, en la que se almacena el programa que maneja la lógica del PLC.

El sistema de Entradas y Salidas recopila la información del proceso (Entradas) y genera las acciones de control del mismo (salidas). Los dispositivos conectadas a las entradas pueden ser Pulsadores, interruptores, finales de carrera, termostatos, presostatos, detectores de nivel, detectores de proximidad, contactos auxiliares, etc. Al igual, los dispositivos de salida son también muy variados: Pilotos, relés, contactores, Drives o variadores de frecuencia, válvulas, etc.

2.5.3.-CARACTERÍSTICAS DESTACADAS DE PLC.

- a) Tecnología de banda ancha.
- b) Velocidades de transmisión de hasta 45 Megabits por segundo (Mbps).
- c) Proceso de instalación sencillo y rápido para el cliente final.
- d) Enchufe eléctrico; toma única de alimentación, voz y datos.
- e) Sin necesidad de obras ni cableado adicional.

- f) Equipo de conexión (Modem PLC).
- g) Transmisión simultánea de voz y datos.
- h) Conexión de datos permanente (activa las 24 horas del día).
- i) Permite seguir prestando el suministro eléctrico sin ningún problema.

2.5.4.- VENTAJAS DE PLC.

1. Menor cableado.
2. Reducción de espacio.
3. Facilidad para mantenimiento y puesta a punto.
4. Flexibilidad de configuración y programación.
5. Reducción de costos.

2.5.5.- CLASIFICACIÓN DE PLC SIEMENS SERIE SIMATIC.

- Serie SIMATIC S7 200.
- Serie SIMATIC S7 300.
- Serie SIMATIC S7 400
- Serie SIMATIC s7 1200.

2.5.6.- PLC SIEMENS S7-1200.

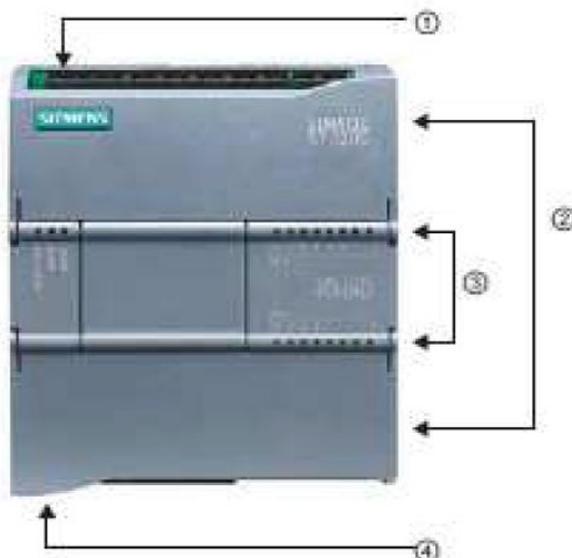
El S7-1200, es el último dentro de una gama de controladores SIMATIC de Siemens. El controlador compacto SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.

En el marco del compromiso SIMATIC para con la automatización plenamente integrada (TIA: Totally Integrated Automation), la familia de productos S7-1200 y la herramienta de programación STEP 7 Basic proporcionan la flexibilidad necesaria para cubrir las diferentes necesidades de automatización de cada caso.

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez descargado el programa, la CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

Para comunicarse con una programadora, la CPU incorpora un puerto PROFINET integrado. La CPU puede comunicarse con paneles HMI o una CPU diferente en la red PROFINET.



1. Borneras de alimentación
2. Borneras de conexión de entradas y salidas debajo de las tapas.
3. Led de estado para las entradas y salidas integradas
4. Conector PROFINET en el lado inferior de la CPU

Fig. II 6 Descripción de un PLC 1200

2.5.7.- MÓDULOS DE SEÑALES



Fig. II 7 Módulos de Señal

Las mayores CPU admiten la conexión de hasta ocho Módulos de Señales, ampliando así las posibilidades de utilizar E/S digitales o analógicas adicionales.

2.5.8.-SEÑALES INTEGRADAS.

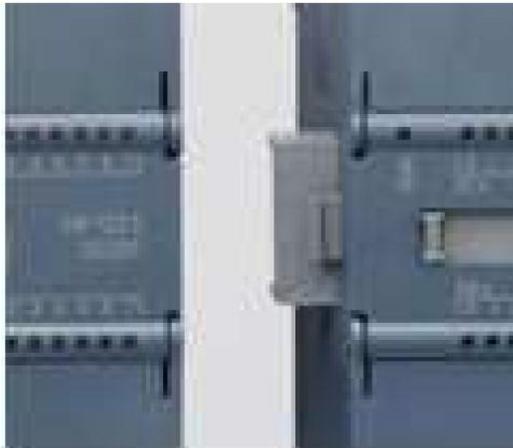


Fig. V 8 Módulos de Señales integradas.

Un Módulo de Señales Integradas puede enchufarse directamente a una CPU. De este modo pueden adaptarse individualmente las CPU, añadiendo E/S digitales o analógicas sin tener que aumentar físicamente el tamaño del controlador. El diseño modular de SIMATIC S7-1200 garantiza que siempre se podrá modificar el controlador para adaptarlo perfectamente a cualquier necesidad.

2.5.9.- MÓDULOS DE COMUNICACIÓN.



Fig. II 9 Módulos de Comunicación

Toda CPU SIMATIC S7-1200 puede ampliarse hasta con 3 Módulos de Comunicación.

Los Módulos de Comunicación RS485 y RS232 son aptos para conexiones punto a punto en serie, basadas en caracteres.

Esta comunicación se programa y configura con sencillas instrucciones, o bien con las funciones de librerías para protocolo maestro y esclavo USS Drive y *Modbus* RTU, que están incluidas en el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Basic.

2.6.-MEMORIA



Fig. II 10 Tarjeta de Memoria de Programa.

Permite seleccionar el tamaño de la memoria de programa y la de datos Hasta 50 KB de memoria de trabajo en el controlador, con libre configuración del tamaño de memoria de programa y de datos de usuario, pueden definirse hasta 2048 Bytes como remanentes.

El usuario puede designar memoria de datos o de marcas como remanentes ante un corte de alimentación. Los datos designados no tienen por qué ser contiguos. Con la SIMATIC *Memory Card* opcional pueden transferirse fácilmente programas a varias CPU. La tarjeta también puede utilizarse para guardar diversos archivos o para actualizar el firmware del controlador, Módulos de señales y Módulos de Comunicación. Simplemente insertar la SIMATIC *Memory Card* en la CPU y darle tensión, el programa de usuario no se pierde durante el proceso.

2.6.1.- DISEÑO QUE AHORRA ESPACIO

El hardware SIMATIC S7-1200 ha sido diseñado especialmente para ahorrar espacio en el armario eléctrico. Por ejemplo, la CPU 1214C sólo tiene 110 mm de ancho, y las CPU 1212C y 1211C sólo 90 mm. Junto con los pequeños Módulos de Comunicación y Señales, este sistema modular ahorra un valioso espacio y ofrece la máxima eficiencia y flexibilidad en el proceso de instalación.

2.7.-COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.

2.7.1.-INTERFAZ PROFINET INTEGRADA.



Fig. II 11 Interfaz Profinet Integrada

El nuevo SIMATIC S7- 1200 disponible de una interfaz PROFINET integrada que garantiza una comunicación perfecta con el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Mono

integrado. La interfaz Profinet permite la programación y la comunicación de CPU a CPU y con otros equipos de otros fabricantes para ampliar las posibilidades de integración mediante protocolos abiertos de Ethernet. La interfaz Profinet integrada esta a la altura de las grandes exigencias de la comunicación industrial.

2.7.2.-ENTRADAS DE ALTA VELOCIDAD PARA FUNCIONES DE CONTAJE Y MEDICIÓN

El nuevo controlador SIMATIC S7-1200 posee hasta 6 contadores de alta velocidad. Tres entradas de 100 kHz y otras tres de 30 kHz perfectamente integradas para funciones de contaje y medición.

Esto permite la lectura precisa de encóders incrementales, contajes de frecuencia y la captura rápida de eventos de proceso

2.7.3.- SALIDAS DE ALTA VELOCIDAD

En el controlador SIMATIC S7-1200 se han integrados 2 salidas de alta velocidad que pueden funcionar como salidas de tren de pulsos (PTO) o como salidas con modulación de ancho de pulsos (PWM). Si se configuran como PTO, ofrecen una secuencia de impulsos con un factor de trabajo del 50 % y hasta 100 kHz, para la regulación controlada de la velocidad y posición de motores paso a paso y servo accionamientos. La realimentación para las salidas de tren de pulsos proviene internamente de los dos contadores de alta velocidad. Si se configuran como salidas PWM, ofrecen un tiempo de ciclo fijo con punto de operación variable. Esto permite regular la velocidad de un motor, la posición de una válvula o el ciclo de trabajo de un calefactor.

2.8.- CONTROL PID

S7-1200 admite hasta 16 lazos PID el software incorpora un asistente de configuración dispone también de panel *autotuning* permiten aplicaciones de proceso sencillas con lazo de regulación cerrado.

2.8.1.- FUNCIONALIDAD PID PARA LAZOS DE REGULACIÓN

SIMATIC S7-1200 admite hasta 16 lazos de regulación PID para aplicaciones sencillas de control de procesos. Estos lazos de regulación pueden configurarse

fácilmente con un objeto tecnológico de regulación PID en el sistema de ingeniería SIMATIC STEP 7 Basic. Además, SIMATIC S7-1200 admite PID Autotuning, para calcular automáticamente valores de ajuste óptimos para las componentes proporcional, integral y derivativa.

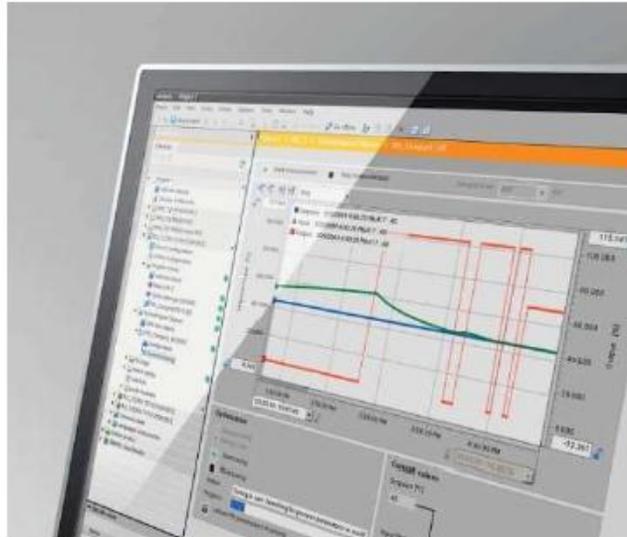


Fig. II 12 Funcionalidad PID

2.8.1.2- PANEL DE SINTONÍA PARA PUESTA EN MARCHA DE PID.

El panel de sintonía para la puesta en marcha de PID, integrado también en SIMATIC STEP 7 BASIC, simplifica la optimización del lazo de regulación. Ofrece funcionalidad *Autotuning* y ajuste manual para lazos de regulación sencillos, y al mismo tiempo una presentación gráfica de la evolución de las variables del lazo de regulación.

Con el panel de sintonía para la puesta en marcha, incluido en SIMATIC STEP 7 Basic a la optimización de lazos de regulación PID es rápida y precisa

2.8.2.-FUENTE LOGO 110 V AC – 24 DC



Fig. II 13 Fuente de poder

Es una parte del módulo que toma la energía de los enchufes, la cual es un voltaje alterno de 110 V o 220 V e inestable, el equipo la estabiliza y la convierte en directa y estable de 3 V, 5 V, 12 V y 24 V.

La fuente de poder, fuente de alimentación o fuente de energía es el dispositivo que provee la electricidad con que se alimenta un dispositivo electrónico. La fuente de poder es una fuente eléctrica, un artefacto activo que puede proporcionar corriente eléctrica gracias a la generación de una diferencia de potencial entre sus bornes. Se diseña a partir de una fuente ideal, que es un concepto utilizado en la teoría de circuitos para analizar el comportamiento de los componentes electrónicos y los circuitos reales.

2.8.3.- RELÉS DE NIVEL (RM4 LG)

El relé del regulador de nivel (rm4-la) controla el nivel del producto midiendo el cambio de resistencia de los electrodos sumergidos y no sumergidos. se debe ajustar la sensibilidad del relé de acuerdo con la conductividad del producto.

Los parámetros del regulador de nivel se establecen usando el potenciómetro y los selectores mostrados en la ilustración siguiente:

a) El selector (3) regula la función de llenado/vaciado: en la función de vaciado, se activa el relé de salida al sumergir el electrodo de nivel alto y se desactiva cuando el electrodo de nivel bajo está “seco”

En la función de llenado, el relé de salida se activa cuando el electrodo de nivel bajo está “seco” y se desactiva al sumergir el electrodo de nivel alto.

- b) El potenciómetro (2) proporciona un ajuste de precisión de la sensibilidad como porcentaje (%) del margen de sensibilidad (6).
- c) El potenciómetro (1) ajusta el retraso.
- d) el selector (6) ajusta el margen de sensibilidad del relé y la opción de demora del tiempo de energización.
- e) El Led amarillo (4) está encendido cuando el relé está cerrado.
- f) El Led verde (5) está encendido cuando la alimentación eléctrica está encendida.

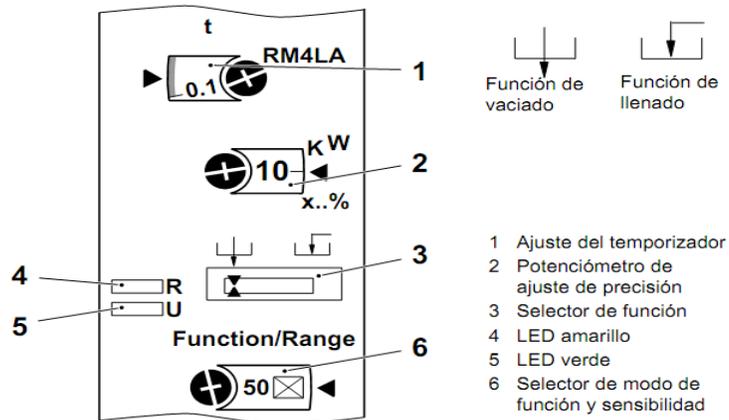


Fig. II 14 Descripción del Relé de nivel marca telemaquique



Fig. II 15 Relé de Nivel RM4LG01F

2.8.4.- ELECTROVALVULAS MARCA ASCO



Fig. II 16 Solenoide

Usos generales, 2 vías, tamaño ½", rosca NPT, orificio de 5/8" Normalmente Cerrada, 150 PSI, cuerpo de bronce, asientos en NBR, Bobina de 120 Volts CA, grado de protección Nema 4X.



Fig. II 17 Solenoide

Uso vapor, 2 vías, tamaño 1", rosca NPT, orificio de 1", Normalmente Cerrada, 125 PSI, cuerpo de bronce, asientos en EPDM, bobina de 120 Volts CA, grado de protección Nema 4X.

2.8.5.- RELE DE ESTADO SOLIDO

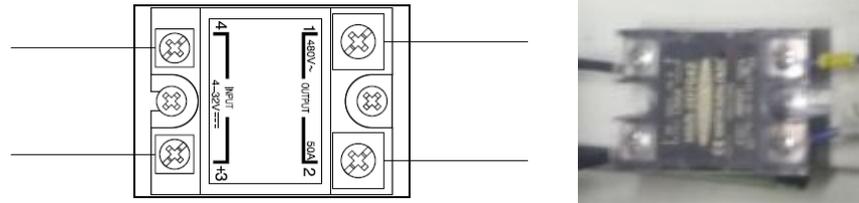


Fig. II 18 Relé de Estado Solido.

Se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un optoacoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico; este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos. Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos.

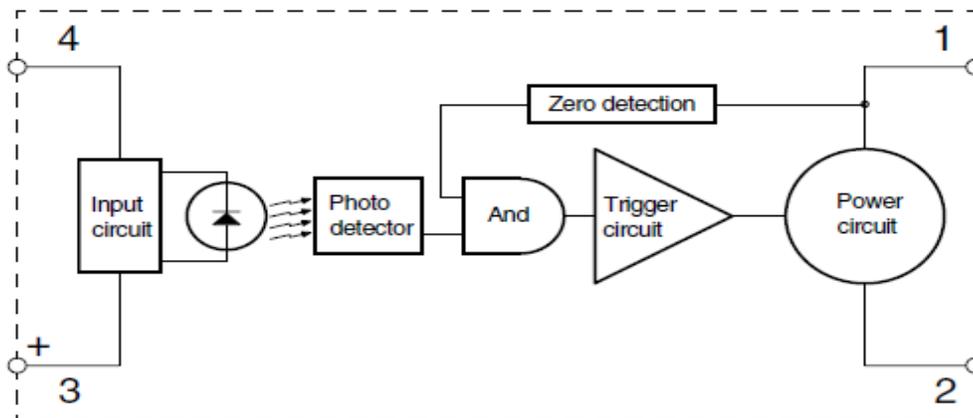


Fig. II 19 Componentes Internos de un Relé de Estado Solido

2.8.6.- TERMOCUPLA SENSOR DE TEMPERATURA

2.8.6.1.-Temperatura.

De acuerdo con la teoría cinética, la temperatura es una medida de la energía cinética en traslación de la molécula.

Macroscópicamente, temperatura es una medida escalar que se basa en:

1. Dos cuerpos en algún momento llevan al equilibrio térmico.
2. Se establece patrones de referencia que arbitrariamente fueron la temperatura de enfriamiento y ebullición.
3. El elemento que nos va a dar los valores de temperatura tiene que comportarse proporcionalmente en las variaciones de temperatura.

Es así que nace dos unidades de medidas de temperatura internacionalmente aceptadas que son los grados Celsius (°C) y los grados Fahrenheit (°F).

- En el primero el agua se congela a 0°C y hierve a 100°C.
- El segundo el agua se congela a 32°F y hierve a 212°F.

Siempre a una presión atmosférica de 1 atm.

La relación entre ambas escalas es:

$$^{\circ}\text{C} = 5 / 9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$^{\circ}\text{F} = 9 / 5 ^{\circ}\text{C} + 32$$

2.8.7.- Densidad.

En el caso de un fluido homogéneo, es su masa dividida para su volumen.

$$d = m / V$$

Donde:

d= densidad

m= masa

V= volumen

Para el caso de un fluido la densidad puede depender de muchos factores tales como la temperatura y presión a la que están sometidos. Para el caso de líquidos la densidad varía muy poco dentro de amplios rangos de presión y temperatura y por lo tanto podemos tratarla como constante. En cambio, para el caso de gases, la densidad es muy sensible a los cambios de presión y de temperatura.

2.8.8.- TERMOCUPLAS TIPO J



Fig. II 20 Termocupla tipo J

Son los detectores de calor más usados en la industria. Se construye con dos cables de diferente material acoplados en un borde. Al emplear calor en la unión se produce una pequeña tensión (efecto *Seebeck*) proporcional a la temperatura.

Así, una Termocupla "tipo J" está hecha con un alambre de hierro y otro de aleación de cobre y níquel. Al colocar la unión de estos metales a 750 °C, debe aparecer en los extremos 42.2 mili volts.

Normalmente las Termocupla industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero, en una punta va la unión y en la otra el conector de los cables, instalado en una caja redonda de aluminio.

Existen una infinidad de tipos de Termocupla, en la tabla aparecen algunas de las más comunes, pero casi el 90% de las Termocupla utilizadas son del tipo J ó del tipo K.

Las Termocupla tipo J se usan especialmente en la industria del plástico y metalurgia a bajas temperaturas.

2.8.8.1.-TIPO J (FE - CUNI)

Es la segunda más empleada en los Estados Unidos. El hierro es el conductor positivo, y el negativo es una aleación de cobre y níquel.

Son útiles para empleo constante en ambientes *oxidantes*, reductores e inactivos y en vacío alcanzan 760° C. Sobre 540° C, el hierro se oxida prontamente, necesitándose un alambre más grueso para alargar su vida útil. La mejoría esencial es ser barata. Presenta estas limitaciones:

- ❖ No emplearse en ambientes azufrados sobre 540° C.
- ❖ Por la oxidación y debilidad viable, no se deben emplear para temperaturas menores a 0° C.
- ❖ No hay que emplearlas en períodos sobre 760° C, ni en breves lapsos de tiempo, si después se requieren medidas precisas bajo esa temperatura.

El material empleado en la Termocupla J no es reemplazable con el de las Termocuplas T y E, porque constatan es la denominación genérica de aleaciones cobre-níquel. Los productores de estos mecanismos regularizan la mezcla cobre-níquel para que la FEM que da la Termocupla cumpla la curva de calibración anunciada.

CAPITULO III INSTRUMENTOS Y VARIABLES

3.1.- CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

3.1.1 Elementos Primarios

Son aquellos instrumentos que están en contacto con el fluido o variable, utilizando o absorbiendo energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlada. Los ejemplos más típicos son las placas orificio y los elementos de temperatura (termopares o Termoresistencias). Cabe indicar que a los instrumentos compactos como manómetros, termómetros, transmisores de presión, etcétera, ya se supone que el elemento primario está incluido dentro del propio instrumento.

3.1.2 Transmisores

Son aquellos instrumentos que captan la variable de proceso, generalmente pueden ser a través de un elemento primario, y la transmiten a distancia en forma de señal neumática (3-15 psi), electrónica (4-20mA), pulsos protocolizados (*hart*) o bus de campo (*FieldbusFoundation, Profibus, etc.*). Estos instrumentos dan una señal continua de la variable de proceso.

Dentro de los transmisores los hay ciegos (sin indicador local) y con indicador local incorporado.

3.1.3 Indicadores Locales

Son aquellos que captan la variable de proceso y la muestran en una escala visible localmente. Los indicadores locales más utilizados son los manómetros (presión), termómetros (temperatura), rotámetros (caudal), etc. Normalmente estos instrumentos no llevan electrónica asociada, aunque también se consideran indicadores locales a los indicadores electrónicos conectados a los transmisores. Estos últimos pueden ser analógicos o digitales.

3.1.4 Convertidores

Son aquellos instrumentos que reciben un tipo de señal de un instrumento y la modifica a otro tipo de señal.

Pueden ser convertidores de señal neumática a electrónica, de mili voltios a miliamperios, de señal continua a tipo de contacto, etc. Se usan habitualmente por necesidades de los sistemas de control homogeneización.

3.2.- Medidas de Temperatura

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios; es importante señalar que es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado.

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases);
- Variaciones de resistencia de un conductor (sondas de resistencia);
- Variaciones de resistencia de un semiconductor (termistores);
- F.e.m creada en la unión de dos metales distintos (termopares);
- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación);
- Otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal.).

Al igual que casi todas las variables de proceso, las limitaciones de las diferentes tecnologías de medición dependen de la precisión requerida, velocidad de respuesta, condiciones del proceso, etc. A diferencia de otras mediciones, cabe mencionar que las

medidas de temperatura, en general, tienen una inercia bastante más elevada que otras variables de proceso como la presión o caudal (casi instantáneas.)

Otro factor importante a tener en cuenta en las medidas de temperatura es la necesidad de instalar un elemento de protección entre el sensor y el proceso, llamado termo pozo, vaina o *“thermowell”*. Dicho elemento debe diseñarse y coordinarse de acuerdo a las especificaciones mecánicas del proyecto.

3.2.1.- Indicadores locales de Temperatura (termómetros).

Los indicadores más utilizados en la industria son los termómetros “bimetálicos”.

Los termómetros bimetálicos se basan en el diferente coeficiente de dilatación existente entre dos metales diferentes y unidos. La unión mecánica de una aguja al bimetal, hace que por efecto de cambio de temperatura se desplace.

Otro tipo de termómetro utilizado es el llamado de termómetro de Bulbo. Estos consisten esencialmente en un bulbo conectado por un capilar a una espiral. Cuando la temperatura del bulbo varía, el volumen del gas interior varía, enrollándose o desenrollándose la espiral moviendo la aguja en consecuencia.

Además de un gas, también es posible que los bulbos contengan líquido, vapor o mercurio. Saber, que se suele compensar la temperatura por efecto de longitud del capilar (volumen de tubo) y por variaciones de temperatura ambiente. El campo de actuación suele estar entre 150 y 500°C.

3.2.2.-Elementos Primarios de Temperatura

En primer lugar cabe indicar que para la transmisión de medidas de temperatura se necesitan dos o tres equipos, que son los termo pozo, elemento primario y si se quiere llevar una señal de 4-20 miliamperios, convertidor de temperatura.

Existen dos tipos de elementos primarios que son los termopares y las Termoresistencias. En ambos casos, la adición de un convertidor basado en microprocesador, hace que las señales se conviertan a una forma más estandarizada (4-20 m A, Hart, etc.).

3.2.3.-Termopares

El termopar se basa en el efecto descubierto por *Seebeck*, de la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes cuyas uniones se mantienen a distinta temperatura.

Por el efecto *Seebeck* y una serie de leyes fundamentales, se ha llegado a la conclusión de que el circuito correspondiente se desarrolla una pequeña tensión continua proporcional a la temperatura de la unión de medida, siempre que haya una diferencia de temperaturas con la unión de referencia.

Los valores de esta f.e.m. están perfectamente tabulados en tablas de conversión. Existen diferentes tipos de termopares, siendo su diferencia en el tipo de bimetales utilizados y por lo tanto en las f.e.m generadas en función de las temperaturas.

Se adjunta la tabla de termopares según la denominación, materiales y rangos de actuación.

Cada uno de los anteriores tiene características particulares tales como rango, linealidad, sensibilidad, etc.

Tipo de termopar	Materiales	Rango Normal
J	Hierro – Constantan	-190°C a 760°C

T	Cobre – Constantan (Cromo- Niquel) – (Aluminio –Niquel)	-200°C a 370°C
K	Cromel – Alumel (Cromo – Niquel) – (Aluminio – Niquel)	-190°C a 760°C
E	Cromel – Constantan	-100°C a 1260°C
S	(90% Platino +10%Rodio) – Platino	0°C a 1480°C
R	(87% Platino +13%Rodio) - Platino	0°C a 1480°C

Tabla III.1 Tabla de Termopares

Fuente: Instrumentación de control de Procesos / Autor Juan Carlos Maraña

Tipo de termopar	Materiales	Rango Normal
T (0- 350°C)	$\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ o $\pm 0,75\%$ de la medida	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ o $\pm 0,4\%$ de la medida
K (0- 1250°C)	$\pm 2,2^{\circ}\text{C}$ o $\pm 0,75\%$ de la medida	$\pm 1,1^{\circ}\text{C}$ o $\pm 0,4\%$ de la medida
S (0- 1450°C)	$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ o $\pm 0,25\%$ de la medida	$\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ o $\pm 0,1\%$ de la medida

Tabla III.2 Límites de error termopares, según norma ISA 96.1

Fuente: Instrumentación de control de Procesos / Autor Juan Carlos Maraña

Así por ejemplo, para medir 500°C con un tipo K, este puede introducir un error de +/-3.75 °C si es de tipo estándar.

Mencionar que los termopares suelen estar encapsulados en un tubo de material apropiado al entorno donde se va a efectuar la medida, normalmente de acero inoxidable. Asimismo, la unión caliente puede estar unida al extremo de la funda de protección o aislada de la misma, para que no exista comunicación a masa o tierra de una planta.

Un concepto muy importante en la instalación de los termopares, cuya señal se quiere transmitir sin convertidor de temperatura, es la utilización del cable de extensión de termopares. Si al cablear un termopar con un cable estándar de cobre o aluminio estamos “rompiendo” la continuidad del termopar. Se debe utilizar un cable de extensión del mismo

tipo que el tomar, así por ejemplo para un termopar tipo “K”, el cable de instalación debe ser de “Cromel-Alumel”. En el caso de utilizar un convertidor, se debe utilizar un convertidor.

3.2.4.-Termoresistencias.

Si se construye una bobina de un hilo metálico y se mide su resistencia a una temperatura conocida, se puede utilizar la medida de la resistencia a otra temperatura para conocer esta temperatura, este es el fenómeno en el que se basan las Termoresistencias, es por lo tanto una medida indirecta ya que no se mide directamente. Para ello se requiere un circuito de medida para inferir la temperatura partiendo de la resistencia. El circuito habitualmente utilizado es el puente de *Wheatstone*. En este caso es necesario compensar la resistencia de los cables que forman la línea desde la Termoresistencias al sistema de medida.

Los materiales que se usan normalmente en las sondas de resistencia son el platino y el níquel. El platino es el elemento más adecuado desde el punto de vista de precisión y estabilidad, pero también es el más caro. La sonda más utilizada es la Pt-100 (resistencia de 100 ohmios a 0°C).

El níquel es más barato que el platino y posee una resistencia más elevada con una mayor variación por grado, sin embargo tiene la desventaja de la linealidad en su relación resistencia – temperatura.

El cobre es barato y estable pero tiene el inconveniente de su baja resistividad.

Metal	Resistividad d $\mu\Omega/cm$	Coficiente de temp.	Intervalo útil de	\emptyset min	Costo relativo	Resis. Sonda	Precisión n °C
-------	----------------------------------	------------------------	----------------------	--------------------	----------------	-----------------	-------------------

		$\Omega/\Omega, ^\circ\text{C}$	temp. $^\circ\text{C}$	de hilo mm		a 0°C ohmios	
Platino	9,83	0,00385	-200 a 190	0,05	Alto	25, 100, 130	0,01
Niquel	6,83	0,0063 a 0,0066	-150 a 300	>	Medio	100	0,50
Cobre	1.56	0,00425	-200 a 120	>	Bajo	10	0,10

Tabla III.3 Termorresistencias

Fuente: Instrumentación de control de Procesos / Autor Juan Carlos Maraña

3.2.5.-Termopares o Termorresistencias.

En cualquier proyecto surge la eterna pregunta a la hora de especificar los elementos primarios de temperatura, ¿Qué instalamos termopares o Termoresistencias?

La respuesta a esta pregunta, habitualmente la contestan las especificaciones del cliente final o unos criterios de diseño de cumplimiento.

Medir la temperatura con un termopar, requiere medir además la temperatura de la junta fría, siendo ésta una fuente de posibles errores, además, se suele instalar el cable de extensión de termopares lo que suele dar un error adicional. Estos errores secundarios suelen ser más importantes que el propio sensor.

La exactitud de una Termoresistencias es mejor que la de un termopar, ya que no requiere de cables de extensión.

Otro factor importante es el concepto de la deriva. Los termopares son propensos a tener deriva, desviación permanente de una señal que se produce de forma muy lenta a lo largo de un cierto periodo de tiempo, producidos por la propia naturaleza de construcción.

La velocidad de respuesta es similar en ambos casos, siendo el coste del termopar más barato como equipo, aunque más caro como instalación cuando se requiere cable de compensación.

Característica	RTD de Platino	Termopar
Rango normal de trabajo	-100 a 600	-200 a 1.500
Exactitud	$\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ a 0°C hasta $\pm 1,3^{\circ}\text{C}$ a 600°C	$\pm 2,2^{\circ}\text{C}$ a 0°C hasta $\pm 10^{\circ}\text{C}$ a 1200°C
Desviación típica (Deriva)	$> \pm 0,1^{\circ}\text{C}/\text{año}$	$> \pm 0,5^{\circ}\text{C}/\text{año}$
Lineabilidad	Excelente	Buena
Ventajas	Mejor exactitud y estabilidad	Mayor rango de medida
Desventajas	Menos robustos que los termopares. Errores por auto calentamiento	Mayor deriva. Requiere compensación de la unión fría

Tabla III.4: Tabla de Comparación

Fuente: Instrumentación de control de Procesos / Autor Juan Carlos Maraña

3.2.6 Convertidores o Transmisores de Temperatura.

Estos equipos son instalados cuando se requiere una medida de 4-20 m A a la entrada del sistema receptor.

Lo que hacen es convertir la señal del termopar o Termoresistencias a una señal de salida de 4-20 m A.

Hoy en día, los convertidores son capaces de admitir cualquier tipo de elemento primario, siendo solo necesaria una pequeña configuración y calibración. Estos equipos pueden ser instalados en la propia cabeza de conexiones del elemento primario, en un armario (raíl DIN), o con una envolvente tipo transmisor.

3.2.7 Interruptores de Temperatura o Termostatos.

Las tecnologías son las mismas, con la diferencia que se les incluye un contacto eléctrico calibrado a un valor de temperatura, de tal manera que dicho contacto cambia de estado cuando varía la temperatura.

CAPITULO IV

REDES INDUSTRIALES

4.1.- INTRODUCCIÓN

Las redes de comunicaciones industriales deben su origen a la fundación *FielBus* (Redes de campo). La fundación *FielBus*, desarrollo un nuevo protocolo de comunicación, para la medición y control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma. *FielBus* permite disponer de una nueva tecnología para una nueva generación de sistemas de control y automatización, físicamente más simple, donde toda la rutina de control regulatorio y control lógico, es efectuado por dispositivos de campos, posibilitando además una arquitectura abierta donde cualquier fabricante de equipos de instrumentación pueda integrarse a la red de campo existen en una fabrica o empresa (Marcos Peluso, 1994).

La gran mayoría de los fabricantes de instrumentos han anunciado la posibilidad de desarrollar productos basados en las especificaciones de la fundación *FielBus* (*Henry Caro*, 1997). En este momento existen los desarrollos liderizados por organizaciones que agrupan a ciertos fabricantes, que en algunos casos tuvieron como punto de partida estándares establecidos en algunos países. Entre estos tenemos a *Profibus*, *WorldFip* y *LonWorks* que poseen como principal ventaja su amplia base instalada. Este trabajo estudiara el estándar *Profibus*, ya que esta siendo usado en el proyecto "Minera Loma de Níquel" desarrollado conjuntamente las empresas MINORCA TECNOCOSULT.

En la empresa coexisten una serie de equipos y dispositivos dedicados al control de una máquina o una parte cerrada de un proceso. Entre estos dispositivos están los autómatas programables, ordenadores de diseño y gestión, sensores, actuadores, etc.

El desarrollo de las redes industriales ha establecido una forma de unir todos estos dispositivos, aumentando el rendimiento y proporcionando nuevas posibilidades. Las ventajas que se aportan con una red industrial son, entre otras, las siguientes:

- Visualización y supervisión de todo el proceso productivo.
- Toma de datos del proceso más rápida o instantánea.
- Mejora del rendimiento general de todo el proceso.
- Posibilidad de intercambio de datos entre sectores del proceso y entre

departamentos

- Programación a distancia, sin necesidad de estar a pie de fábrica.

Las ventajas son evidentes, pero a cambio de un cierto costo que debe ser estudiado para determinar si la inversión es rentable o innecesaria.

4.2.- NIVELES EN UNA RED INDUSTRIAL

En una red industrial coexistirán equipos y dispositivos de todo tipo, los cuales suelen agruparse jerárquicamente para establecer conexiones lo más adecuadas a cada área. De esta forma se definen cuatro niveles dentro de una red industrial:

- **Nivel de gestión:** es el nivel más elevado y se encarga de integrar los niveles siguientes en una estructura de fábrica, e incluso de múltiples factorías. Las máquinas aquí conectadas suelen ser estaciones de trabajo que hacen de puente entre el proceso productivo y el área de gestión, en el cual se supervisan las ventas, stocks, etc. Se emplea una red de tipo LAN (*Local Área Network*) o WAN (*Wide Área Network*).
- **Nivel de control:** se encarga de enlazar y dirigir las distintas zonas de trabajo. A este nivel se sitúan los autómatas de gama alta y los ordenadores dedicados a diseño, control de calidad, programación, etc. Se suele emplear una red de tipo LAN.
- **Nivel de campo y proceso:** se encarga de la integración de pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, etc.) dentro de sub-redes o "islas". En el nivel más alto de estas redes se suelen encontrar uno o varios autómatas modulares, actuando como maestros de la red o maestros flotantes. En este nivel se emplean los buses de campo.
- **Nivel de E/S:** es el nivel más próximo al proceso. Aquí están los sensores y actuadores, encargados de manejar el proceso productivo y tomar las medidas necesarias para la correcta automatización y supervisión.

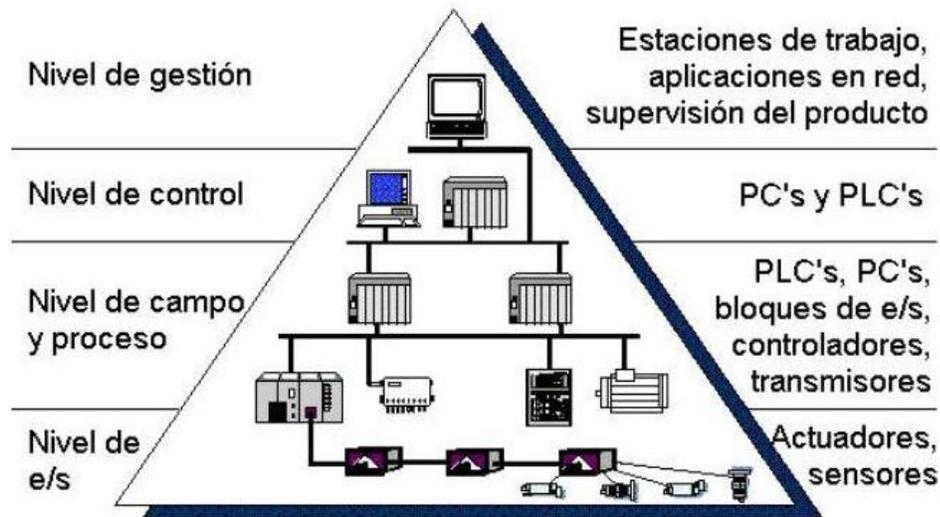


FIG IV 21 Nivele de Capas en una Red Industrial.

Esta estructura citada no es universal, habrá casos en los que conste de un número mayor o menor de niveles, dependiendo del tamaño del proceso y la propia industria.

4.3. - REDES LAN INDUSTRIALES

Son las redes más elevadas jerárquicamente. Los estándares más conocidos y extendidos son dos:

- **MAP (*ManufacturingAutomationProtocol*):** nació como un producto especialmente diseñado para el entorno industrial, lo que hace que sea de mayor éxito en LAN industriales. Fue impulsado por General Motors y normalizado por el IEEE. No actúa a nivel de bus de campo, pero establece pasarelas hacia estos buses mediante terminales. También permite integración en redes WAN.
- **ETHERNET:** Diseñada por Xerox Corporación registrada posteriormente junto con Digital e Intel. Es compatible con el modelo OSI en los niveles 1, 2 y 3 (el último a través de puentes). Permite topología en Bus o árbol con comunicación *semidúplex*. Las velocidades van desde los *10 Mbits/s* a los *100 Mbits/s de Fast-Ethernet*. Es uno de los estándar de red que más rápidamente evolucionan, debido a su uso masivo en redes ofimáticas.

4.4.- BUS DE CAMPO

El bus de campo constituye el nivel más simple y próximo al proceso dentro de la estructura de comunicaciones industriales. Está basada en procesadores simples y utiliza un protocolo mínimo para gestionar el enlace entre ellos. Los buses de campo más recientes permiten la comunicación con buses jerárquicamente superiores y más potentes.

En un bus de campo se engloban las siguientes partes:

- *Estándares de comunicación:* cubren los niveles físico, de enlace y de comunicación establecidos en **EL MODELO OSI** (Open Systems Interconnection).
- *Conexiones físicas:* En general, las especificaciones de un determinado bus admiten más de un tipo de conexión física. Las más comunes son *semidúplex* (comunicación en banda base tipo RS-485), RS-422 y conexiones en bucle de corriente.
- *Protocolo de acceso al medio (MAC) y de enlace (LLC):* consiste en la definición de una serie de funciones y servicios de la red mediante códigos de operación estándar.
- *Nivel de aplicación:* es el dirigido al usuario, apoyándose en las funciones estándar antes mencionadas para crear programas de gestión y presentación. La aplicación suele ser propia de cada fabricante, permitiendo a lo sumo la programación en un lenguaje estándar.

Muchos han sido los intentos de normalización de los buses de campo, hasta que éste fue normalizado según norma IEC (comité TC65C-WG6), el cual define una serie de reglas genéricas:

- *Nivel físico:* Bus serie controlado por un maestro, comunicación *semidúplex* trabajando en banda base.
- *Velocidades:* 1 Mbit/s para distancias cortas, o valores inferiores, entre 250

Kbits/s a 64 Kbits/s para distancias largas.

- *Longitudes:* 40 m para la máxima velocidad y 350 m a velocidades más bajas.
- *Número de periféricos:* 30 nodos como máximo, con posibles ramificaciones hasta un máximo de 60 elementos.
- *Tipo de cable:* pares de cables trenzados y apantallados.
- *Conectores:* bornes tipo industrial o conectores tipo D9 o D25.
- *Conexión/desconexión "on line":* la conexión y/o desconexión de algún nodo no debe interferir el tráfico de datos.
- *Topología:* bus físico con posibles derivaciones hacia los nodos o periféricos.
- *Longitud de ramificaciones:* máxima longitud de las derivaciones de 10 m.
- *Aislamientos:* 500 V CA permanentes entre elementos de campo y bus Tensión de prueba 1500 V CA/1 minuto.
- *Seguridad intrínseca:* opción a conectar elementos de campo con tensiones reducidas para atmósferas explosivas.
- *Alimentación:* opción de alimentar los elementos de campo a través del bus.
- *Longitud de mensajes:* mínimo 16 bytes por mensaje.
- *Transmisión de mensajes:* posibilidad de diálogo entre cualquier par de nodos sin repetidor. Esto no excluye, sin embargo, la posibilidad de que la comunicación se haga a través de un maestro ni tampoco excluye el empleo de repetidores "transparentes" para incrementar las distancias de transmisión.
- *Maestro flotante:* posibilidad de maestro flotante entre diversos nodos.

- *Implementación de protocolo:* los circuitos integrados que implementen el protocolo deben estar disponibles comercialmente y ser de dominio público (no protegidos por patentes de exclusividad).

Las especificaciones del IEC son bastantes detallistas a nivel físico, pero dejan muy abiertos los niveles de enlace y aplicación. Por tanto hay varios posibles candidatos a bus de campo estándar, con la consiguiente falta de compatibilidad entre productos a este nivel. Por tanto, hay que asegurarse que todos los componentes de la red siguen un mismo bus de campo, para que la comunicación no presente problemas o haya que realizar pasarelas entre buses.

4.5.- BUSES DE CAMPO MÁS IMPORTANTES

Hay diversos buses según fabricantes y agrupaciones de fabricantes, siendo los más extendidos los siguientes:

- **Modbus Modicon:** marca registrada de GOULD INC. Define un protocolo de comunicación de topología maestro-esclavo. Su principal inconveniente es que no está reconocido por ninguna normal internacional.
- **BITBUS:** marca registrada por Intel. De bajo coste y altas prestaciones. Intel cedió a dominio público el estándar, por lo que se considera un estándar abierto. Está reconocido por la normativa IEE 1118. Se trata de un bus síncrono, cuyo protocolo se gestiona completamente mediante el micro controlador 8044.\
- **PROFIBUS:** impulsado por los principales fabricantes alemanes. El protocolo es un sub juego de MINIMAP. Está impulsado por ser un estándar abierto y bajo norma DIN 19.245.
- **S-BUS:** no es un bus de campo propiamente dicho, sino un sistema multiplexor/demultiplexor que permite la conexión de E/S remotas a través de dos pares trenzados.
- **FIP (Factory Instrumentation Bus):** impulsado por fabricantes y organismos oficiales franceses.

- **MIL-STD-1553B:** adoptado por algunos fabricantes en USA.

4.6.- ETHERNET INDUSTRIAL

Los requisitos que deben cumplir las redes de comunicación industrial, sobre todo en cuanto a los sistemas de bus modernos, son enormes y siguen creciendo de forma continua. Se requieren redes de comunicación que, incluso sobre grandes distancias, destaquen por sus prestaciones y permitan aprovechar las múltiples posibilidades del mundo digital. Industrial Ethernet se ha establecido desde hace tiempo como la tecnología básica para este fin.

4.6.1.- MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Para el cableado Ethernet basado en RJ45 y M12, Phoenix *Contact* ofrece componentes industriales así como sistemas de instalación completos.

Con la introducción de Ethernet en las aplicaciones de automatización, la comunicación vertical es ahora posible, desde el nivel de control hasta el nivel de campo. A pesar de la libertad que proporciona un cableado Ethernet, los conectores y cables deben cumplir un largo número de exigencias. Aunque las condiciones ambientales en el nivel de control son, con frecuencia, similares a las de la oficina, la zona de producción está normalmente sujeta a grandes requerimientos de funcionamiento. La humedad, máxima longitud de 100m, versión híbrida (datos + energía) las elevadas variaciones de temperatura, las vibraciones y los golpes son parte integrante de los ambientes industriales.

Por consiguiente, no es suficiente con simplemente distinguir entre componentes de cableado con índice de protección IP67 e IP20 a la hora de evaluar su idoneidad para las aplicaciones industriales. Se deben considerar aspectos como la robustez de la carcasa del conector, la compensación de tracción, la sujeción como protección contra las fuerzas laterales, la resistencia a los aceites y la protección EMC. Además, los conectores de datos utilizados en campo deben permitir la conexión sencilla y segura incluso bajo las condiciones más severas.

El conector RJ45 de 8 polos especificado en la IEC 60603-7 [1] se ha establecido para el cableado Ethernet y está disponible en las versiones *Cat. 5* y *Cat. 6* conforme a la norma ISO/IEC 11801:2002 [2]. Phoenix *Contact* ofrece una gama de producto completa en este campo con índice de protección IP20 para el cableado dentro de los armarios de control y el IP67 para el cableado robusto en campo. El programa incluye conectores con tecnología de conexión rápida, cables pre confeccionados, *patch-panels* y cajas de interconexión.



Fig. IV. 22 Tipos de cables Ethernet

4.6.2 TIPOLOGÍA DE CABLES PARA ETHERNET Y PROFINET

Los cables de cobre simétricos se utilizan en el cableado industrial Ethernet.

Los cables de par trenzado con 2 o 4 pares trenzados son los que se utilizan normalmente, que cumplen como mínimo las exigencias de *Cat. 5* conforme a la ISO/IEC 11801:2002. Los cables están equipados con una pantalla trenzada y un papel de aluminio protector (cable SF/UTP). En los cables *de Cat. 6*, los pares de cable también tienen una pantalla con papel de aluminio (cable s/FTP). En la versión de 4 pares trenzados, ambos tipos de cable también se pueden utilizar para *Ethernet Gigabit*. Para el cableado Profinet, se han especificado los cables de 4 hilos en estrella con una sección de conductor de 22 AWG, que también cumple las exigencias de *Cat. 5*.

4.6.3 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN INTEGRAL

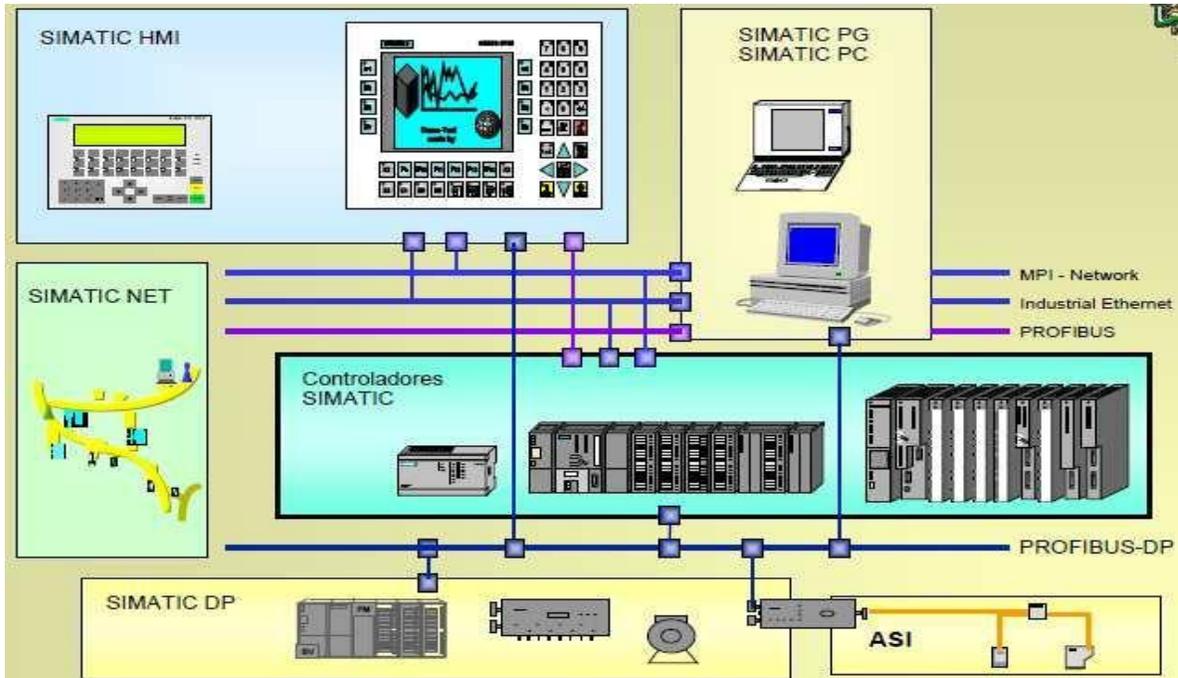


Fig. IV. 23 Sistema de automatización integral

4.6.4 COMUNICACIONES ETHERNET EN SIMATIC

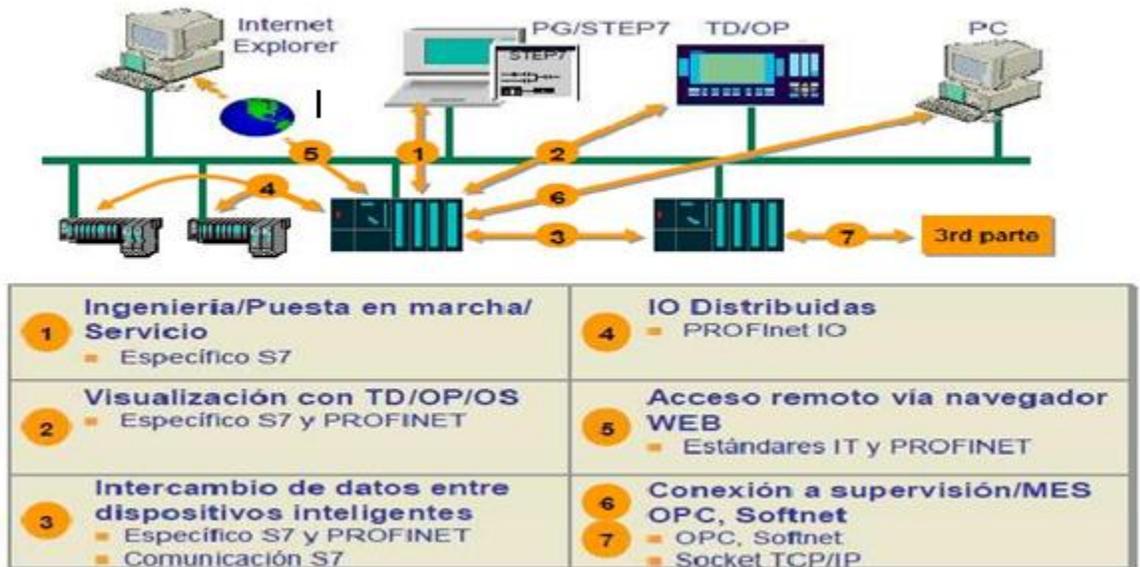


Fig. IV 24 Comunicación Ethernet

4.6.5 CAMPO DE APLICACIÓN DE ETHERNET INDUSTRIAL

- *Grandes cantidades de datos:* Intercambio de grandes cantidades de datos (en el entorno de *Megabytes*)
- *Grandes distancias:* Posibilidad de grandes distancias entre dispositivos
- *Múltiples tipos de dispositivos:* Comunicación entre aparatos de ingeniería, ordenadores y dispositivos de control.
- *Múltiples tipos de comunicaciones:* Permite una interconexión entre la oficina técnica y el mundo de la Automatización.

4.6.6 VENTAJAS QUE OFRECE INDUSTRIAL ETHERNET

- *Red de fábrica de gran potencia para el nivel de célula.*
- Altas prestaciones aún en el caso de existir muchos participantes y grandes distancias.
- *Amplia superficie de cobertura y alcanza grandes distancias.*
- Mediante la combinación de las técnicas eléctrica y óptica.
- *Transferencia de datos segura.*
- Aún en el caso de la existencia de perturbaciones electromagnéticas mediante componentes idóneos para la industria.
- *Ahorro de costes.*
- Mediante una disminución de los costes de montaje y cableado.
- *Líder universal dentro de las redes industriales.*
- Ethernet Industrial ha mostrado su eficacia en miles de instalaciones.
- *Coexiste con otras aplicaciones Ethernet*
- Por ejemplo: Novell, LAN-Manager, TCP/IP...

4.6.7 DATOS TÉCNICOS

Estándar	Ethernet según IEEE 802.3/ISO 8802.3
Modo de acceso	CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)
Velocidad de transmisión	10/100/1000 MBit/seg.
Medio de transmisión	Eléctrico: Cable triaxial Par trenzado Industrial Óptico: Fibra óptica
Máx. nº participantes	1.024
Distancia de red	Eléctrica: máx. aprox. 1,5 Km Óptica: máx. aprox. 4,3 Km
Topología	Lineal, Árbol, Estrella, Anillo, Redundante.
Aplicaciones	Redes de célula y de gestión

Tab IV 5 Datos técnicos del protocolo de Ethernet

4.6.8 ARQUITECTURA DE RED

Modelo de referencia OSI Suite o Conjunto de protocolos de TCP/IP

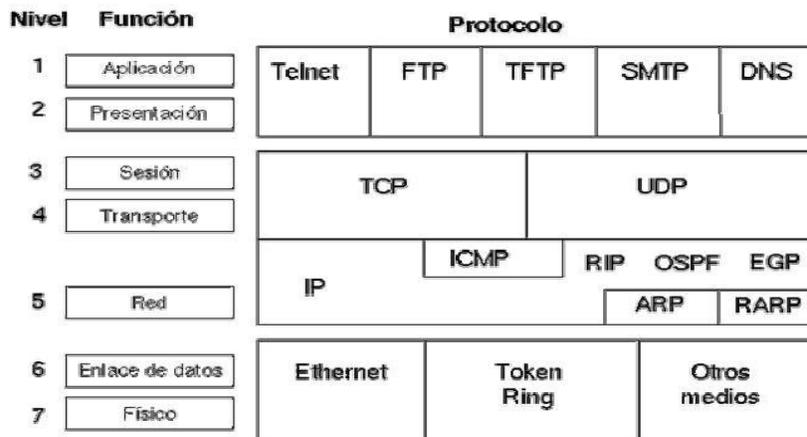


Fig. IV. 25 Arquitectura de la red

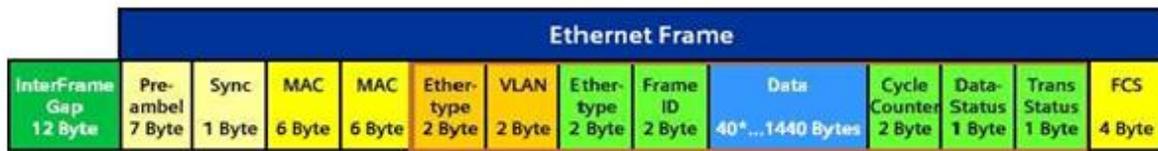


Fig. IV. 26 Trama Ethernet

CAPITULO V

CONTROL PID

5.1 INTRODUCCION

Vivimos en una era digitalizada, todo el mundo tiene un ordenador, un teléfono móvil, una televisión o un coche. Pero pocas de estas personas saben hasta que punto todo lo que les rodea está controlado digital y automáticamente. Casi todos los electrodomésticos, aparatos eléctricos, máquinas industriales etc. están compuestos por circuitos electrónicos. Todo funciona gracias a sistemas automatizados que nos hacen la vida más fácil y rápida. Un tipo de estos sistemas son los sistemas de control, capaces de controlar y dirigir procesos por su cuenta con solo presionar un botón.

En muchos procesos industriales la función de control es realizada por un operario (ser humano), este operario es el que decide cuando y como manipular las variables de modo tal que se obtenga una cadena productiva continua y eficiente. La eficiencia productiva implica el constante aumento de los niveles de producción de la maquinaria instalada, el mejoramiento de la calidad del producto final, la disminución de los costes de producción, y la seguridad tanto para el personal como para los equipos.

Para lograr esto es necesario que los procesos productivos se realicen a la mayor velocidad posible y que las variables a controlar estén dentro de valores constantes.

Debido a estas exigencias, la industria ha necesitado de la utilización de nuevos y más complejos procesos, que muchas veces el operario no puede controlar debido a la velocidad y exactitud requerida, además muchas veces las condiciones del espacio donde se lleva a cabo la tarea no son las más adecuadas para el desempeño por un ser humano.

Frente a este panorama, surge la automatización y los sistemas de control como una solución que va a permitir llevar a la producción a estándares de calidad mucho mejores. Actualmente, existe una introducción de las computadoras y de la electrónica en la industria y en la sociedad, esto trae consigo una extensión del campo de la automatización industrial ya que permite a través del manejo de la información (señales, datos, mediciones, etc.) transformar los mecanismos de producción y procesos productivos de algunas industrias.

El control automático asienta sus bases esencialmente en el concepto de realimentación. Este concepto se concreta en una estructura de control en la cual el controlador se puede entender como un operador, que en función de la salida deseada de la planta, y la salida

real medida, proporciona la acción de control a aplicar sobre el sistema. Si bien existen muchos tipos de control basados en este principio, el control proporcional, derivativo e integral (**PID**), es el que mayor implantación tiene en la industria de procesos. Dicho control consiste esencialmente en obtener la acción de control como la suma de tres términos: término proporcional, término derivativo y término integral. El 95% de los bucles de control en la industria son del tipo PID, y fundamentalmente PI.

El controlador PID, si bien tiene esta amplísima implantación en la industria, no es utilizado convenientemente en otras ocasiones. Esto implica que lazos de control, que en principio podrían proporcionar excelentes resultados, funcionan de una forma insatisfactoria. La mayoría de las causas de mal funcionamiento, son:

- Ajuste inadecuado de los parámetros del controlador: Un número elevado de los PID en la industria han sido sintonizados manualmente, sin la realización de un estudio previo de las características del proceso a controlar. Este tipo de sintonización manual, puede proporcionar buenos resultados en función de la experiencia del operador, sobre todo si el control es PI. En caso de requerir el ajuste de tres o más parámetros del controlador, la obtención de un ajuste

5.2 FUNDAMENTOS DEL CONTROL REALIMENTADO

La instrumentación es la ciencia de medición y control automático. Con diversas aplicaciones en el mundo de la industria, investigación y en la vida diaria. Desde sistemas de control de motores en automovilismo hasta termostatos de nuestras casas, pilotos automáticos de aeronaves, manufactura inteligente, etc. En este curso nos centraremos en exponer los principios fundamentales del control automático de procesos de manera **NETAMENTE** práctica, y no como se enseña en las universidades con resolución de ecuaciones diferenciales y complejos algoritmos matemáticos, la idea aquí es **DAR** sentido a esas expresiones de manera simple y clara de forma que al final tengamos una idea muy sólida de los fundamentos del control PID para luego aplicarlos en la vida real. Esto será de gran ayuda para ingenieros jóvenes que tienen en su mente muchas expresiones matemáticas complicadas pero que aun no pueden trasladar todo ese conocimiento completamente o en parte a aplicaciones de la **VIDA** diaria. De manera similar, a los técnicos les servirá para tener una base sólida respecto al tema y complementar con aplicaciones.

5.3.-DEFINICIONES DE TERMINOLOGIA DE CONTROL PROPORCIONAL, INTEGRAL, DERIVATIVO.

En este capítulo mostraremos las respuestas P, I y D ante diferentes condiciones de entrada en forma grafica. Para cada grafica, se asume que el controlador es tiene una acción directa (*direct-acting*, el incremento de la variable de proceso genera un incremento en la salida). Deberíamos notar que estas graficas son todas cualitativas, y no cuantitativas. Por tanto, hay poca información en cada caso como para graficar respuestas exactas. Las ilustraciones de las acciones P, I y D se centran solo en la forma de estas, y no en valores numéricos exactos. Para predecir cuantitativamente la respuesta de un controlador PID, deberíamos conocer todos los valores de configuración, así como el valor de salida inicial antes de que ocurra un cambio en la entrada y un registro en el tiempo de cuando los cambios ocurren. –

5.3.1.-RESPUESTA ANTE UN ESCALÓN

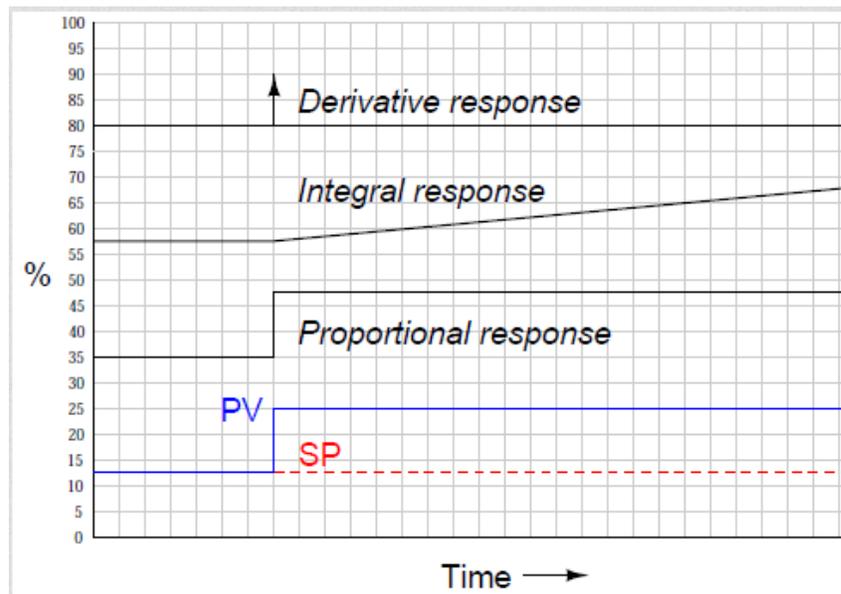


Fig. V 27. Respuesta a un Escalón.

La acción proporcional directamente intenta imitar la forma del cambio en la entrada (escalón). La acción integral se incrementa a un ritmo proporcional a la magnitud del escalón de entrada. Desde que el valor del escalón de entrada se mantiene constante, la acción integral se incrementa a una tasa constante (una pendiente constante). La acción derivativa interpreta al escalón de entrada como un *rate* de cambio infinito, y entonces

genera un “spike” llevando la salida a la saturación. Cuando combinamos todas las salidas del PID en una sola, las tres acciones producen esta respuesta.

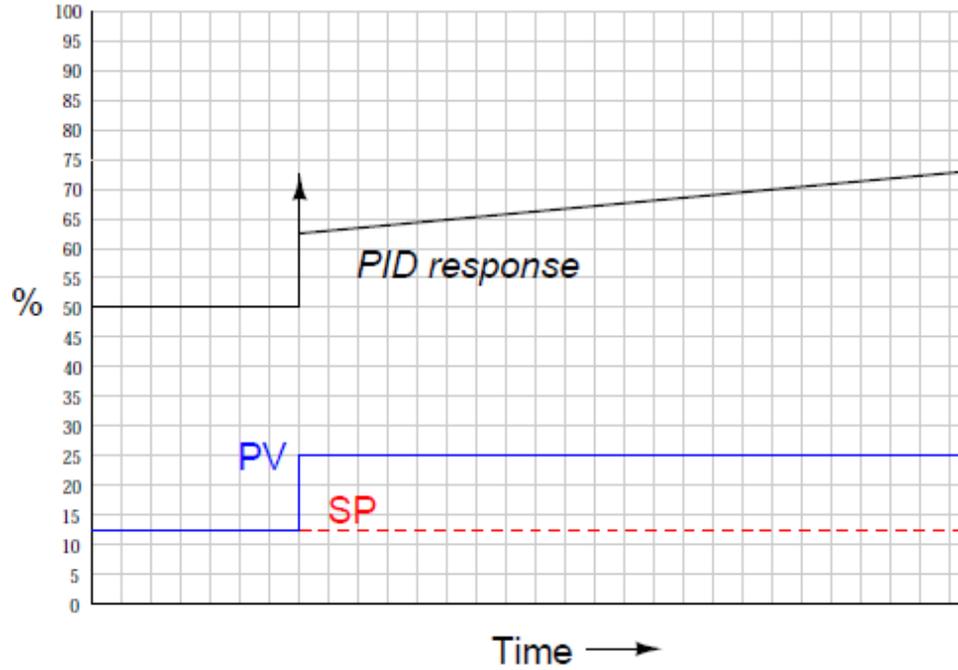


Fig. V 28 Respuesta a un PID.

5.3.2.-RESPUESTA ANTE UN PULSO MOMENTÁNEO

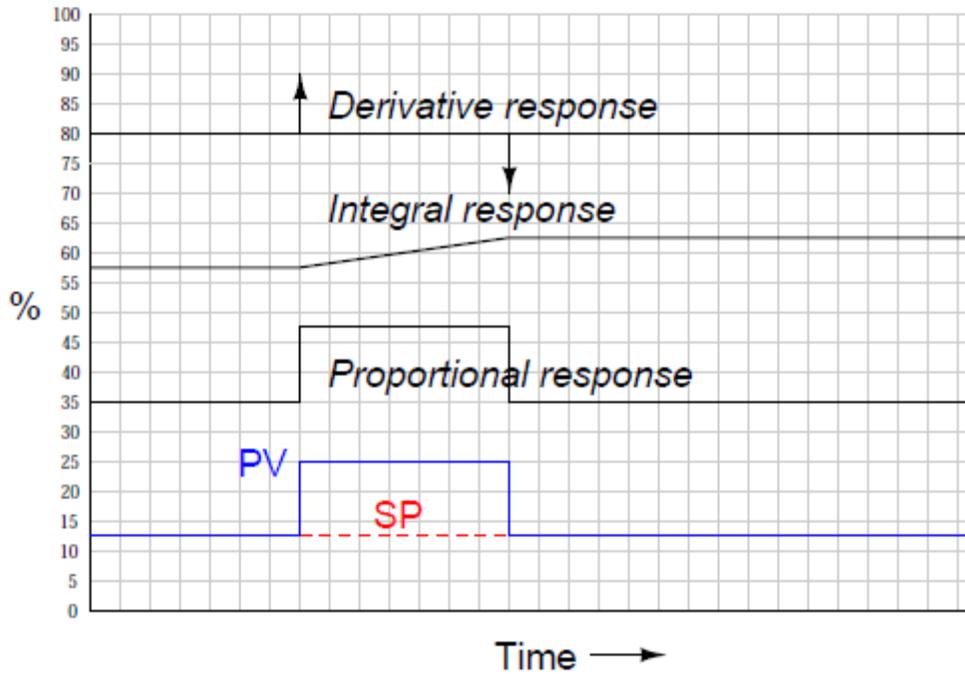


Fig. V 29 Respuesta ante un pulso momentáneo.

La acción proporcional directamente imitar la forma del cambio en la entrada (un escalón de subida y uno de bajada). La acción integral cambia a un ritmo proporcional de la magnitud de pulso de entrada, mientras PV no sea igual a SP. Una vez que PV=SP de nuevo, la acción integral se detiene un simplemente se mantiene un su ultimo valor. La acción derivativa interpreta ambos cambios (subida y bajada en entrada) como tasas de cambio infinitas. Démonos cuenta como el flanco de subida (aumento en PV) hace que la acción derivativa se satura hacia arriba, mientras que ante el flanco de bajada (disminución en PV) causará una saturación hacia abajo. Cuando combinamos la salida del PID en una sola, produce la siguiente respuesta:

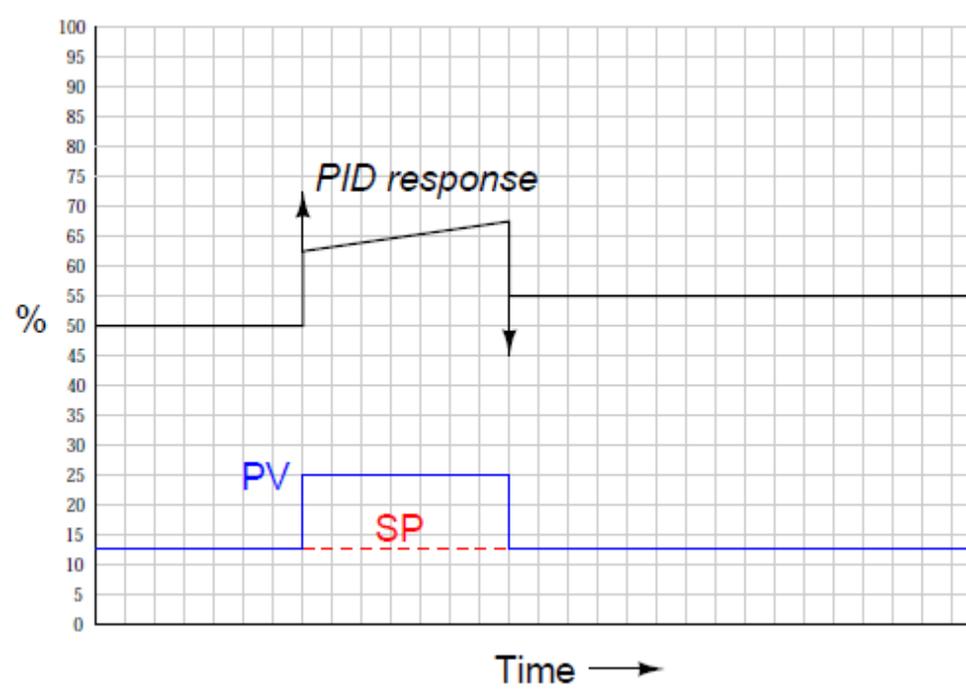


Fig. V 30 Respuesta ante combinaciones de una salida PID.

5.4.-CONTROL PROPORCIONAL.

Proporcional (algunas veces llamado ganancia o sensibilidad) es una acción de control que reproduce cambios de la entrada con cambios en la salida. La acción proporcional del controlador responde a los cambios presentes en la entrada y generara inmediatamente y proporcionalmente cambios en la salida. Cuando pensamos en una “acción proporcional” (P), pensamos puntualmente: esta acción de control trabaja inmediatamente (nunca muy pronto o muy tarde) para que los cambios coincidan con la señal de entrada.

Matemáticamente se define, como la relación de cambio de la salida respecto al cambio de la entrada. Esto puede ser expresado como el cociente de diferencias;

$$\text{Valor de Ganancia} = \Delta \text{Output} / \Delta \text{Input}$$

Por ejemplo, si la entrada PV de un controlador proporcional con ganancia de 2 repentinamente cambia (“salto”) a 5 por ciento, y entonces la salida inmediatamente cambiará a 10 por ciento ($\Delta\text{Output} = \text{Ganancia} \times \Delta\text{Input}$). La dirección de este salto en la salida relacionada con la dirección del cambio en la entrada, depende si el controlador está configurado para una acción directa o inversa. Un término que también se usa para expresar el mismo concepto es la “banda proporcional”, el inverso de la ganancia. “La banda Proporcional” es definida como una cantidad de cambio de entrada necesaria para evocar un cambio en la salida a full escala (100%) en un controlador proporcional:

$$\text{Valor de banda proporcional} = \Delta \text{Input} / \Delta \text{Output}$$

5.5.-CONTROL INTEGRAL

La integral (algunas veces llamado *reset* o control flotante) es una acción de control que provoca un cambio en la señal de salida respecto del tiempo a una razón proporcional de la cantidad de error (la diferencia entre el valor de PV y SP). La acción integral del controlador responde a un error acumulado en el tiempo, cambiando la señal de salida tanto como se necesite para eliminar completamente el error. Si la acción proporcional (P) le dice a la salida tanto desplazarse cuando un error aparece, la acción integral (I) le dice a la salida que tan rápido moverse cuando un error aparece. Si la acción proporcional (P) actúa en el presente, la acción integral (I) actúa en el pasado. Por tanto, que tan rápido la señal de salida es controlada por la acción integral depende de la historia del error en el tiempo: cuanto error existió, y que duración. Cuando pensemos en “la acción integral” (I), pensemos en “impaciencia”: esta acción de control maneja la salida para aumentar y aumentar su valor conforme haya una diferencia entre PV y SP. Matemáticamente, la acción integral se define como el cociente entre la velocidad de salida y el error de entrada:

$$\text{El valor integral (repeticiones por minuto)} = \text{Velocidad de Salida} / \text{Error de Entrada}$$

$$\text{El valor integral (repeticiones por minuto)} = (dm/dt)/e$$

Una manera alternativa de expresar la acción integral es usar su unidad recíproca en “minutos por repetición”. Si definimos la acción integral en esos términos, la ecuación se definiría:

$$\text{El valor integral (repeticiones por minuto)} = T_i = \text{Error de Entrada} / \text{Velocidad de Salida}$$

$$\text{El valor integral (repeticiones por minuto)} = T_i = e / (dm/dt).$$

Por ejemplo, si un error de 5% aparece entre PV y SP entonces un controlador integral (solo integral) con un valor integrativo de 3 repeticiones por minuto (ó un tiempo integral de 0.333 minutos por repetición), la salida empezara a cambiar a una tasa de 15% por minuto ($dm/dt = \text{Valor_Integral} \times e$, o $dm/dt = e/Ti$). En múltiples controladores PI y PID, la respuesta integral también es multiplicada por la ganancia proporcional, entonces para las mismas condiciones del ejemplo anterior aplicado a un controlador PI (con ganancia de 2) resultaría que la salida cambiaría a un tasa de 30% por minuto ($dm/dt = \text{Valor_Ganancia} \times \text{Valor_Integral} \times e$, o $dm/dt = \text{Valor_Ganancia} \times e/Ti$). La dirección de este cambio en relación a la dirección (signo) del error depende si el controlador está configurado con una acción directa o reversa.

5.6.- ACCIÓN DERIVATIVA (D)

La derivada, algunas veces llamado *rate(razón)* o *pre-act*, es una acción de control que realiza un desplazamiento en la señal de salida proporcional a la tasa a la cual cambia la entrada. La acción derivativa del controlador reacciona a que tan rápido cambia la entrada respecto al tiempo, alterando la señal de salida en proporción con la tasa de cambio de entrada. Si la acción proporcional (P) le dice a la salida que tan lejos ir cuando un error aparece, la acción derivativa (D) le dice a la salida que tan lejos ir cuando la entrada cambia. Si la acción proporcional (P) actúa en el presente y la acción integral (I) actúa en el pasado, la acción derivativa (D) actúa en el futuro: eficazmente “anticipa” los *overshoot* (sobre impulso) intentando una respuesta de salida acorde que tan rápido que tan rápido la variable de proceso está creciendo o cayendo. Cuando pensamos en una “acción derivativa” (D), pensemos discreción: esta acción de control actúa prudente y cuidadosamente, trabajando en contra del cambio.

Matemáticamente, se define la acción derivativa como una relación del desplazamiento de salida con la velocidad de entrada:

$$\text{CONSTANTE DE TIEMPO DERIVATIVO (MINUTOS)} = TD = \frac{\text{DESPLAZAMIENTO_SALIDA}}{\text{VELOCIDAD_ENTRADA}}$$

$$\text{CONSTANTE DE TIEMPO DERIVATIVO (MINUTOS)} = TD = \Delta\text{SALIDA} / (\text{DE}/\text{DT})$$

Por ejemplo, si la señal PV empieza a cambiar a un tasa de 5% por minuto en un controlador de procesos con un tiempo constante de 4 minutos, la salida inmediatamente tendrá un desplazamiento de 20% ($\Delta\text{Salida} = \text{Valor_Derivativo} \times de/dt$). En la mayoría de controladores PD y PID, la respuesta derivativa también es multiplicada por la ganancia proporcional, entonces en las mismas condiciones del controlador anterior con una ganancia de 2 el resultado sería un desplazamiento inmediato de 40% ($\Delta\text{Salida} = \text{Valor_Valor_Ganancia} \times \text{Derivativo} \times de/dt$). La dirección (signo) de este desplazamiento en relación de la dirección del cambio en la entrada depende si el controlador esta configurado para una acción directa o inversa.

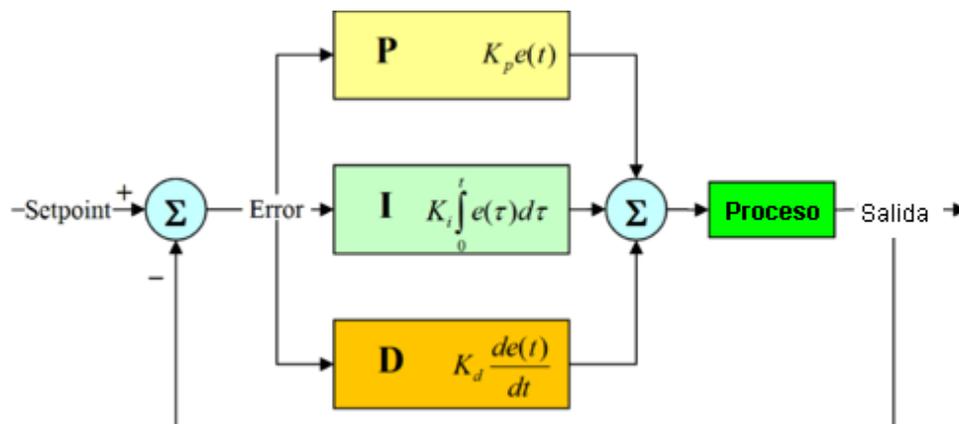


Fig. V 31 Bloque PID

5.7.- TABLA FINAL PID

MODO	Nombre Común	Parámetro de Sincronización	Aplicación
Proporcional	Proporcional	Ganancia, KP ó Banda Proporcional, PB Gain, Kq or Prop. Band, PB	Usado cuando: Una forma simple de control es deseado, los cambios de carga no son significantes, o un offset puede ser aceptado. También usado cuando la dinámica del lazo del control permita una relativamente alta ganancia sin causar oscilaciones excesivas. En ese caso, incluso sin cambio de cargas significativas están presentes, el offset es mínimo.
Integral	Reset Automatic Reset	Min./ Repetición Ti ó Repetición/ Min, 1/ Ti	Usado casi siempre junto al modo proporcional eliminado el offset en estado estacionario. Ocasionalmente es usado solo, conocido como controlador integral. Pero para casi todas las aplicaciones usar el modo integral solamente mucho menor comparado con un controlador PI
Derivativo	Rate Action Pre- Act	Tiempo Derivativo, TD	Usado generalmente en combinación con los P e I para mejorar la performance del lazo anticipado los efecto del cambio de carga. Usado principalmente en lazos de temperatura y otros lazos que tengan un comportamiento similar (bajo ruido, Respuesta medianamente lenta).

Tab. V 6 Conceptos DE PID

CAPITULO VI

DESCRIPCION DEL MODULO DIDACTICO

6.1 Tips para controlar el Proceso de Módulo Didáctico.

El presente módulo didáctico se ha diseñado para controlar y monitorear un lazo de control que detallaremos más adelante.

- La mejor manera de entender y poner en práctica este proyecto es estudiando cada uno de sus componentes, interpretando y haciendo un seguimiento con el plano a las diferentes conexiones y el lazo de control que se encuentran en él.
- Es necesario tener una formación técnica de circuitos de control, dimensionar las protecciones necesarias para cada equipo que conforme el proyecto.
- Tener una capacitación del programa Step7 1200, de SIEMENS, conocer cada uno de sus comandos que se detallara en los siguientes Capítulos.
- Leer las prácticas que están elaboradas en el Capítulo VI, las cuales comenzaran por lo básico hasta llegar a entender los lazos PID (Proporcional, Integral, Derivativo.)

El buen uso de esta tesis dará el estudiante fuertes conocimientos de programación con los PLCs de marca Siemens Step7 1200(Tía Portal) comunicación Ethernet, visualización y monitoreo con el panel KTP400 PN de Siemens.

6.1.1 Pasos para utilizar el Controlador “Temperatura Didáctico”

- a) Debe de conectar la alimentación eléctrica de la red de alumbrado a la caja de distribución de poder del Controlador Didáctico
- b) Encender el controlador por medio del botón “Marcha” (verde)
- c) Empezar a introducir el programa de mando respectivo para programar el PLC Siemens 1200 y la pantalla HMI.
- d) Comenzar a realizar la practica escogida y observar los resultados y sacar conclusiones.
- e) Pagar el controlador didáctico por medio del Stop en la pantalla HMI
- f) Desconectar el cable de alimentación eléctrica de la red de alumbrado quedando el controlador fuera de servicio.
- g) En caso de falla eléctrica mayor en el Controlador Didáctico apagar accionando el botón paro de emergencia (rojo).

6.1.2 Modo de operación.

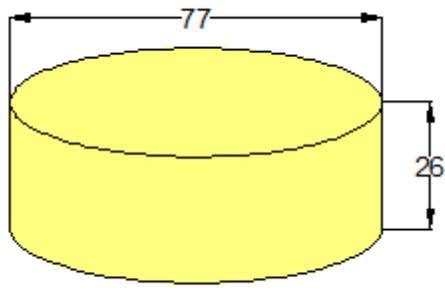
En este proyecto se realiza una mezcla de agua fría con agua caliente, el cual está basado en sistemas de control manuales y automáticos, con la que el estudiante podrá conocer y experimentar con los equipos a pequeña escala y ponerlo en práctica al nivel industrial.

- 1.- Para dar inicio al sistema es necesario llenar el TQ1 que es el tanque que proveerá de agua a TQ2 Y TQ3. Debemos tener una toma de entrada de agua que conectaremos a la válvula de Bola o de paso .V1.
- 2.- Abrimos la V2 para drenar el agua en el tanque de descarga.
- 3.-Damos marcha al proyecto dentro del PLC.
- 4.-Comenzara a calentar el agua en el tanque 2 y esto lo hará dependiendo del valor del set point que el demos.
- 5.-En este paso el PID del programa enviara y recibirá datos y ajustara el PID hasta llegar a mi variable de proceso o set point dado
- 6.-Cerramos la válvula de descarga.
- 7.- Al pasarse de la temperatura del set point este procederá a abrir la válvula V1 y dejara ingresar agua fría y abrirá la válvula V2 para drenar agua caliente esto lo hará hasta que llegue a mi variable de proceso o set point.
- 8.- El tanque 2 o tanque de trabajo tiene 3 electrodos indicándome el nivel dentro del tanque.
- 9.- Para el control de nivel en TQ2 usaremos relé de nivel marca Telemecanique.
- 9.-Cuando está en trabajo la resistencia el sensor que lee la temperatura del agua es una Termocupla TIPO J y esta Enviara datos del PID dentro del programa y hará que lleguemos al set point deseado.
- 10.- Después que hemos llegado a nuestro set point podemos proceder a descargar el agua de nuestro tanque 3
- 11.- Podemos proceder a realizar ajustes finos dentro del Bloque PID dentro del Programa. TIA PORTAL

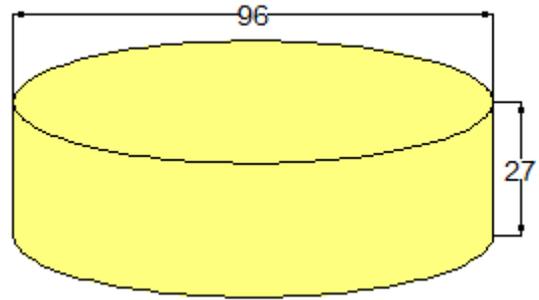
6.2.- Dimensión de banco de prueba

Para la colocación de los equipos de manera didáctica se diseño un banco de pruebas donde van a ser repartidos en dos partes; la primera un tablero para el control y la otra parte para ser ubicados los elementos del proceso de prueba.

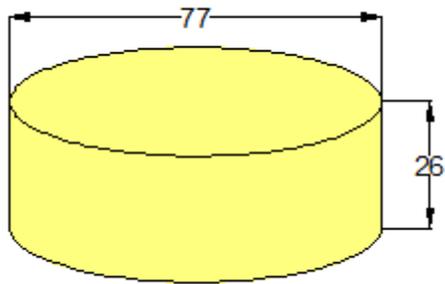
6.3. Tanques de Maqueta Didáctica.



TANQUE 1



TANQUE 2



TANQUE 3

Fig. VI 32 Dimensiones de tanques

Figura VI 32 Dimensión de los Tanques Maqueta Didáctica

Fuente /Autores



TANQUE ELABORADO 1



TANQUE ELABORADO 2



TANQUE 3 ELABORADO

6.3.1.- BASE PARA LOS TANQUES

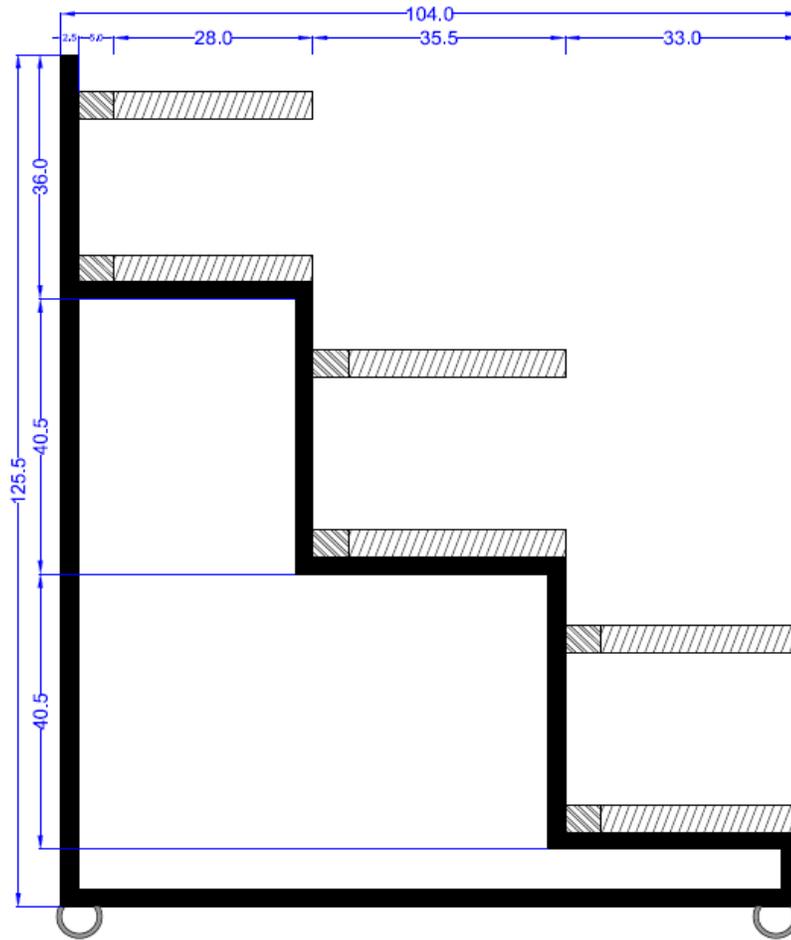


Fig. VI 33 Dimensiones de base de maqueta



Fig.VI 34 Base para Tanques de Maqueta Didáctica



Fig.VI 35 Base de maqueta

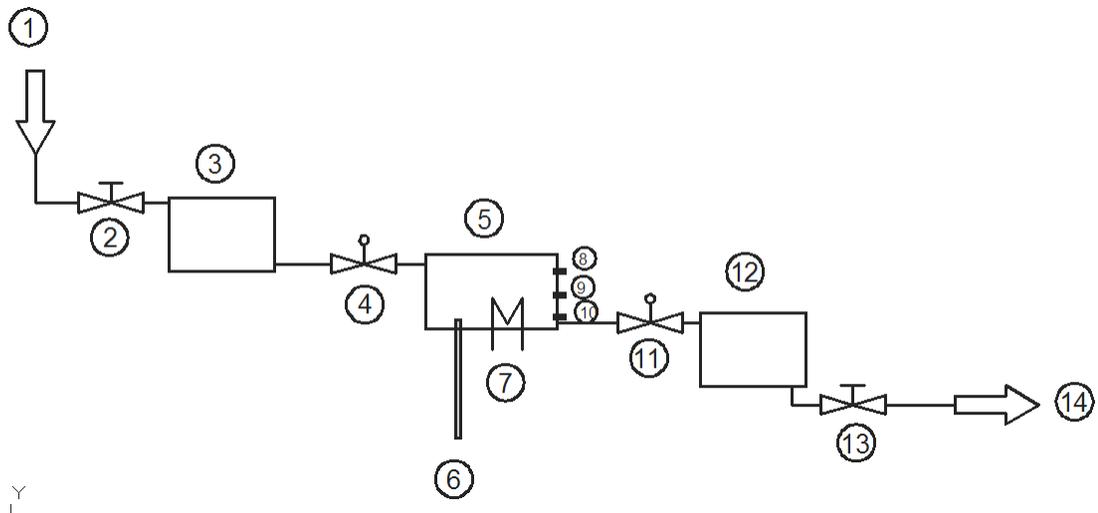
Para la construcción de los tanques se utilizó una plancha de 1.9mm y se mando a rolar hasta formar un cilindro.

Para nuestro proceso se implemento 3 tanques cuyas dimensiones y capacidades en litros son las siguientes.

TANQUES	ALTURA	DIAMETRO	VOLUMEN	CAP/LITROS
TQ1	26 cm	77 cm	0.68 m3	12
TQ2	27 cm	96 cm	0.81 m3	20
TQ3	26 cm	77 cm	0.68 m3	12

Tabla IV 7 Dimensiones y Capacidades de Tanques Maqueta Didáctica
Fuente/ Los Autores

6.4.- DIAGRAMA DEL PROCESO

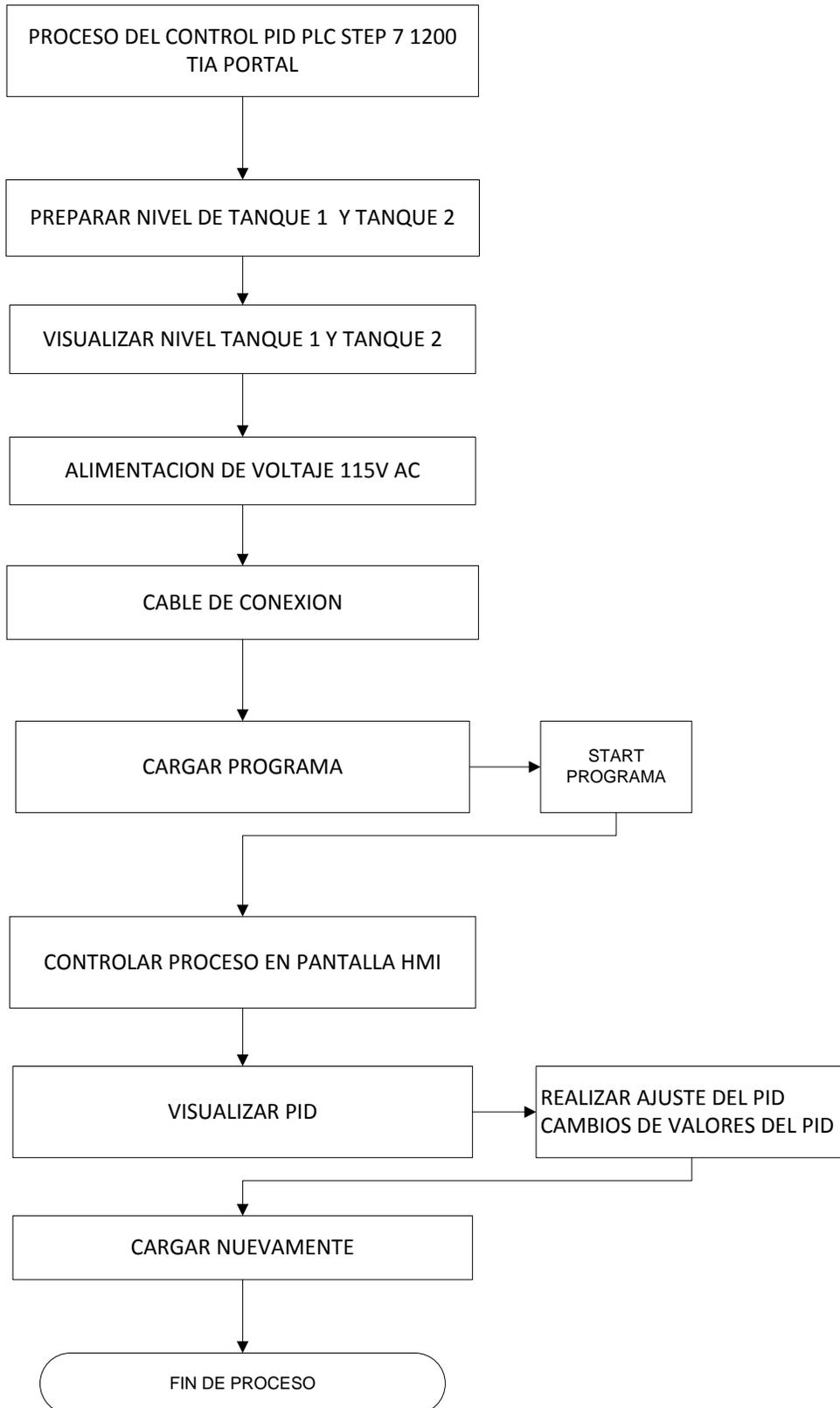


6.4.1.- DETALLE DE COMPONENTES

1. Entrada de agua
2. Válvula manual de ingreso de agua
3. Tanque de almacenamiento de agua
4. *Válvula eléctrica On / Off de llenado*
5. Tanque de trabajo
6. Termocupla tipo J

7. Resistencia 110V AC 2000w
8. Electrodo de nivel alto
9. Electrodo de nivel de Trabajo
10. Electrodo de nivel bajo
11. Válvula eléctrica *On / Off* de vaciado
12. Tanque de almacenamiento de descarga
13. Válvula manual de drenaje de agua
14. Drenaje de agua

6.5.-DIAGRAMA DE PROCESO



6.6.-LISTA DE LOCALIZACIONES

A continuación se detalla los equipos utilizados en el proyecto y las direcciones internas en el PLC

LISTA DE LOCALIZACIONES - SÍMBOLOS Y DIRECCIONES		
Nombre del Proyecto: Control PID de temperatura		
Entradas Digitales		Pág. 1
Descripción	Identificación de equipo-Símbolos	Dirección PLC
Estación de Entradas digitales		
Interruptor de paro tipo hongo	S1	% I0.0
Relé de Nivel	B001	% I0.1

Tab. VI 8 Entradas Digitales

LISTA DE LOCALIZACIONES - SÍMBOLOS Y DIRECCIONES		
Nombre del Proyecto: Control PID de temperatura		
Entrada Análoga		Pag2
Descripción	Identificación de equipo-Símbolos	Dirección PLC
Estación de EntradasAnáloga		
Termocupla tipo J	AI_ Temp	% PW0.0

Tab. VI 9 Entrada Análoga

LISTA DE LOCALIZACIONES - SÍMBOLOS Y DIRECCIONES		
Nombre del Proyecto: Control PID de temperatura		
Salidas Digitales		Pag 3
Descripción	Identificación de equipo-Símbolos	Dirección PLC
Estación de Salidas digitales		
Válvula de llenado	Y1	% Q0.0
Válvula de vaciado	Y2	% Q0.1
Led de Run	H1	% Q0.2
Led de Fallo	H2	% Q0.3
Relé de estado Solido	R1	% Q0.4

Tab. VI 10 Salidas Digitales

6.6.1.- TABLA DE ELEMENTOS

Voltaje de alimentación	110 V AC - 24 V DC	
Volumen del tanque de llenado	12 lt	
Volumen del tanque de trabajo	20 lt	
Volumen del tanque de vaciado	12 lt	
Diámetro de tubería	½" pulgada	
Entradas Digitales	8	
Salidas Digitales	5	
Entrada Análogas	1	
Rango de Salida en el control de la resistencia	Resistencia 110VAC Potencia : 2000W	On / Off (Control relay 24VDC)
Solenoides De llenado	Y1	On / Off
Solenoides De Vaciado	Y2	On / Off

Tab. VI 11 Descripción de todos los elementos

6.7.-PROGRAMACIÓN PLC S7 1200

6.7.1-PRINCIPIOS BÁSICOS DEL TIA PORTAL

6.7.1.1-VISTA GENERAL DEL TIA PORTAL

6.7.1.2.- INTRODUCCION

El *Totally Integrated Automation Portal* (TIA Portal) integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que le permitirá aumentar la productividad y la eficiencia del proceso. Dentro del TIA Portal, los productos TIA interactúan entre sí, ofreciéndole soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización.

Una solución de automatización típica abarca lo siguiente:

- Un controlador que controla el proceso con la ayuda del programa.
- Un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso.

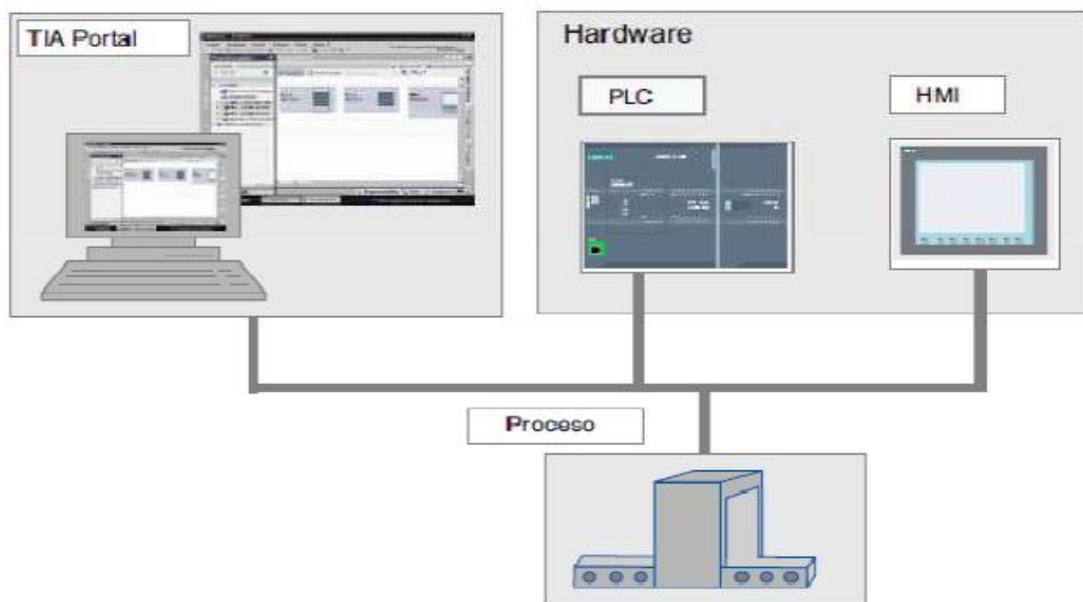


Fig.VI 36 Interfaz de comunicación PLC, HMI, PC

6.7.1.3.-Tareas

El TIA Portal le ayuda a crear una solución de automatización. Los principales pasos de configuración son:

- Creación del proyecto

- Configuración del hardware
- Conexión en red de los dispositivos
- Programación del controlador
- Configuración de la visualización
- Carga de los datos de configuración
- Uso de las funciones Online y diagnóstico

6.7.1.4.- Ventajas

El TIA Portal ofrece las siguientes ventajas:

- Gestión conjunta de los datos
- Manejo unitario de los programas, los datos de configuración y los datos de visualización
- Fácil edición mediante *Drag&Drop*
- Comodidad de carga de los datos en los dispositivos
- Manejo unitario
- Configuración y diagnóstico asistidos por gráfico

6.7.2.- CONCEPTO DE INGENIERÍA

Sistema de ingeniería Con el TIA Portal se configura tanto el control como la visualización en un sistema de ingeniería unitario. Todos los datos se guardan en un proyecto. Los componentes de programación (STEP 7) y visualización (WinCC) no son programas independientes, sino editores de un sistema que accede a una base de datos común. Todos los datos se guardan en un archivo de proyecto común.

Para todas las tareas se utiliza una interfaz de usuario común desde la que se accede en todo momento a todas las funciones de programación y visualización.

6.7.3.- VISTAS DEL TIA PORTAL

6.7.3.1.-NAVEGACIÓN EN EL TIA PORTAL

6.7.3.2.- INTRODUCCIÓN

Al crear los proyectos, se trabaja con diferentes vistas. El apartado siguiente ofrece en primer lugar una vista general de las diferentes vistas del TIA Portal.

6.7.3.2.1.- Vistas del TIA Portal

Para los proyectos de automatización, el TIA Portal ofrece dos vistas distintas que permiten acceder rápidamente a las herramientas y a los distintos componentes del proyecto:

- Vista del portal: la vista del portal soporta la configuración orientada a las tareas.
- Vista del proyecto: la vista del proyecto soporta la configuración orientada a los objetos.

6.7.3.2.2.- NAVEGACIÓN

Mediante el enlace que aparece en el extremo inferior izquierdo de la interfaz de usuario se cambia entre la vista del portal y la vista del proyecto. Durante la configuración, la vista cambia automáticamente en función del tipo de tarea realizada. Si, por ejemplo, desea editar un objeto listado en la vista del portal, la aplicación cambia automáticamente al editor correspondiente de la vista del proyecto. Una vez se ha editado el objeto, es posible volver a la vista del portal y seguir trabajando con el siguiente objeto o la siguiente actividad.

Al guardar, se almacena siempre todo el proyecto, independientemente de la vista o el editor que esté abierto.

6.7.4.- VISTA DEL PORTAL

La vista del portal ofrece una vista de las herramientas orientada a las tareas.

El objetivo de la vista del portal es facilitar en lo posible la navegación por las tareas y los datos del proyecto. Para ello, es posible acceder a las funciones de la aplicación desde distintos portales, según las principales tareas que deban realizarse. La figura

siguiente muestra la estructura de la vista del portal:



Fig.VI 37 Pantalla principal del software Step 7 TIA PORTAL

1.- Portales para las distintas tareas:

Los portales proveen las funciones básicas para las distintas tareas. Los portales disponibles en la vista del portal dependen de los productos instalados.

2.- Acciones del portal seleccionado:

Aquí aparecen las acciones que se pueden ejecutar en el portal en cuestión y que pueden variar en función del portal. El acceso contextual a la Ayuda es posible desde cualquier portal.

3.- Ventana de selección de la acción seleccionada:

La ventana de selección está disponible en todos los portales. El contenido de la ventana se adapta a la selección actual.

4.- Cambiar a la vista del proyecto

El enlace "Vista del proyecto" permite cambiar a la vista del proyecto.

5.- Indicación del proyecto abierto actualmente:
Aquí se indica qué proyecto está abierto actualmente.

6.7.5.- VISTA DEL PROYECTO

La vista del proyecto ofrece una vista estructurada de todos los componentes de un proyecto. En la vista del proyecto hay distintos editores disponibles que ayudan a crear y editar los respectivos componentes del proyecto. La figura siguiente muestra la estructura de la vista del proyecto:

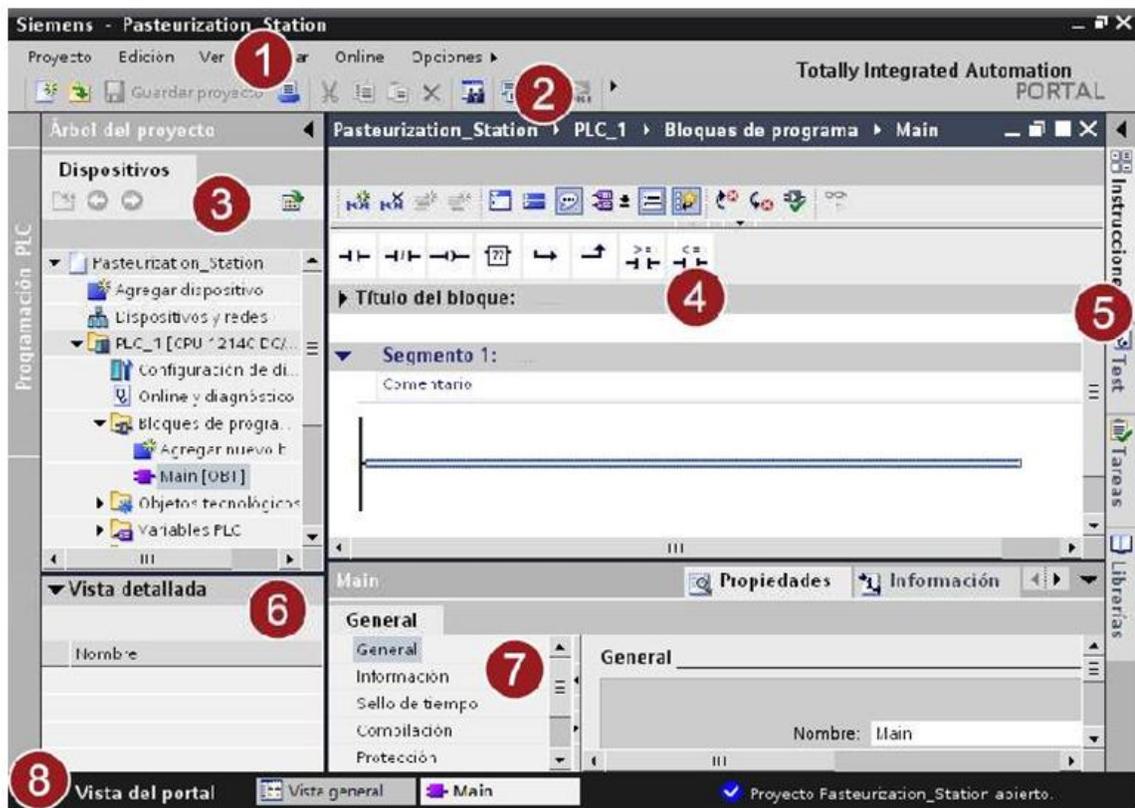


Fig.VI 38 Vista del Proyecto.

1.- Barra de menús:

En la barra de menús se encuentran todos los comandos necesarios para trabajar con el software.

2.- Barra de herramientas:

La barra de herramientas contiene botones que ofrecen acceso directo a los comandos más frecuentes. De esta manera es posible acceder más rápidamente a los comandos que desde los menús.

3.- Árbol del proyecto:

A través del árbol del proyecto es posible acceder a todos los componentes y datos del proyecto. En el árbol del proyecto pueden realizarse p. ej. Las siguientes acciones:

- Agregar componentes
- Editar componentes existentes
- Consultar y modificar las propiedades de los componentes existentes

4.- Área de trabajo:

En el área de trabajo se visualizan los objetos que se abren para editarlos.

5.- *Task Cards*:

Las *Task Cards* están disponibles en función del objeto editado o seleccionado. Las *Task Cards* disponibles se encuentran en una barra en el borde derecho de la pantalla. Se pueden expandir y contraer en todo momento.

6.- Ventana de inspección:

La ventana de inspección muestra información relacionada con los objetos seleccionados actualmente. En la ficha "Propiedades" de la ventana de inspección se editan los ajustes de los objetos seleccionados.

7. - Task Card "Catálogo de hardware":

El catálogo de hardware permite acceder rápidamente a los diversos componentes de hardware. Los dispositivos y módulos necesarios para

6.7.6.- PASOS PARA PROGRAMAR EN EL TÍA PORTAL V11

1. Primero abrimos el programa
2. Seleccionamos crear Proyecto
3. Damos Nombre al Proyecto
4. Seleccionamos Crear

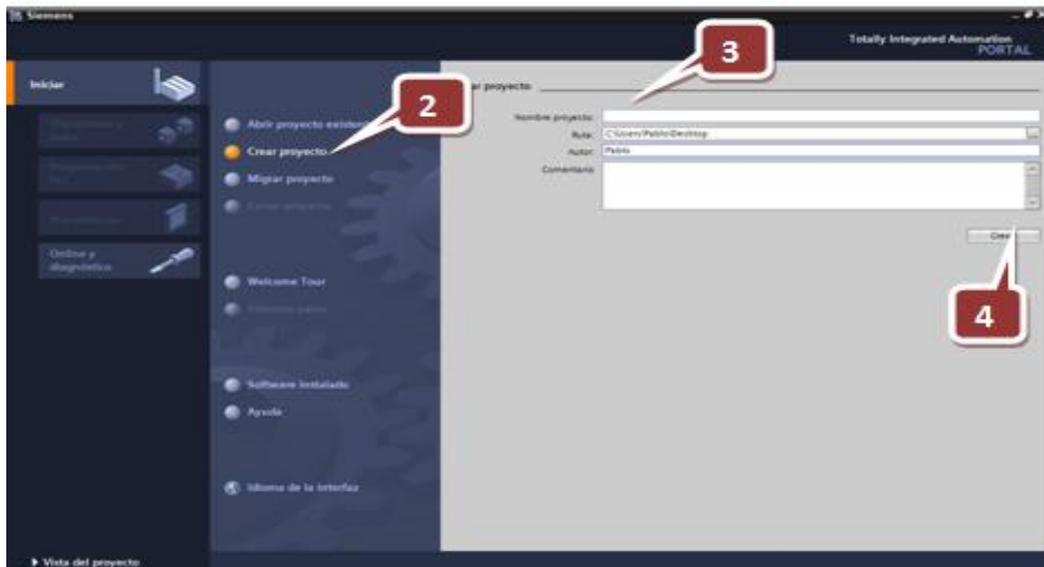


Fig.VI 39 Configuración de Nuevo Proyecto.

✓ Nos sale la siguiente pantalla

1. Seleccionamos configurar dispositivo

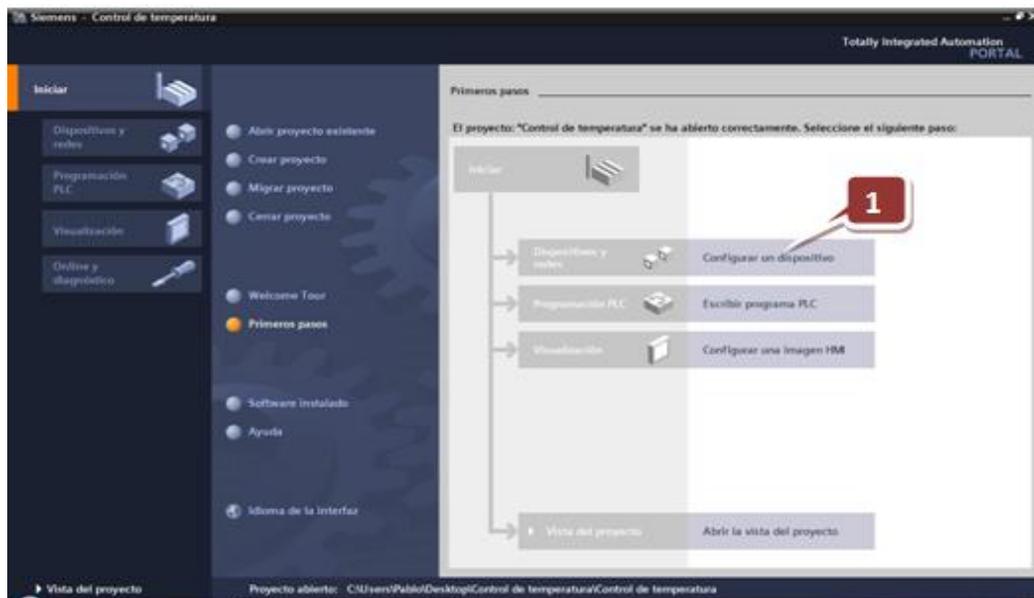


Fig.VI 40 Configuración de dispositivos.

2. Luego agregar dispositivo sale la siguiente pantalla
3. Aquí seleccionamos El PLC
4. Seleccionamos la familia Simatic S7- 1200
5. Seleccionamos la CPU en nuestro caso es la siguiente CPU 1212C AC/DC/Rly
6. Serie de la CPU 6ES7 212-1BE31-0XB0
7. Versión del firmware 3.0
8. Luego seleccionamos agregar



Fig.VI 41 Ventana para agregar PLC.

- ✓ Nos sale la siguiente pantalla

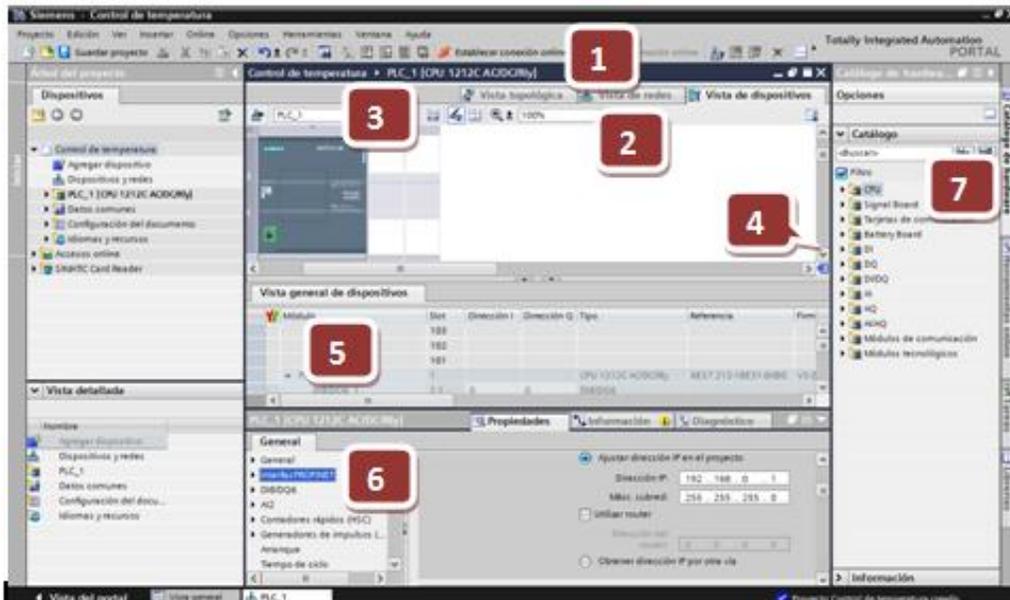


Fig. VI 42 Propiedades del PLC

1.- Ficha para cambiar entre la vista de dispositivos y la de redes

2.- Barra de herramientas:

La barra de herramientas permite cambiar entre los diferentes dispositivos así como mostrar y ocultar determinada información. La función de zoom permite modificar la representación en el área gráfica.

3.- Área gráfica:

El área gráfica de la vista de dispositivos muestra los dispositivos y los módulos correspondientes que están asignados unos a otros a través de uno o varios racks. En el área gráfica es posible arrastrar otros objetos hardware desde el catálogo de hardware (7) hasta los slots de los racks y configurarlos.

4.-Navegación general:

La navegación general ofrece una vista general de los objetos creados en el área gráfica. Manteniendo pulsado el botón del ratón en la navegación general se accede rápidamente a los objetos que se desean visualizar en el área gráfica.

5.-Área de tabla:

El área de tabla ofrece una vista general de los módulos utilizados con los principales datos técnicos y organizativos.

6.- Ventana de inspección:

La ventana de inspección muestra información relacionada con los objetos seleccionados actualmente. En la ficha "Propiedades" de la ventana de inspección

se editan los ajustes de los objetos seleccionados.

7. - Task Card "Catálogo de hardware":

El catálogo de hardware permite acceder rápidamente a los diversos componentes de hardware. Los dispositivos y módulos necesarios para la tarea de automatización se arrastran desde el catálogo de hardware hasta el área gráfica de la vista de dispositivos.

6.7.7.- CONFIGURAR EL CONTROLADOR

Introducción

Los pasos siguientes muestran cómo configurar la interfaz PROFINET del controlador insertado.

Requisitos

- El proyecto está creado.
- El controlador está abierto en la vista de dispositivos del editor de hardware y redes.

Procedimiento

Para configurar el controlador, proceda del siguiente modo:

1. Seleccione la interfaz PROFINET en la representación gráfica.

En la ventana de inspección aparecen las propiedades de la interfaz PROFINET.

2. Introduzca la dirección IP del controlador en la opción "Direcciones Ethernet" de la ventana de inspección.

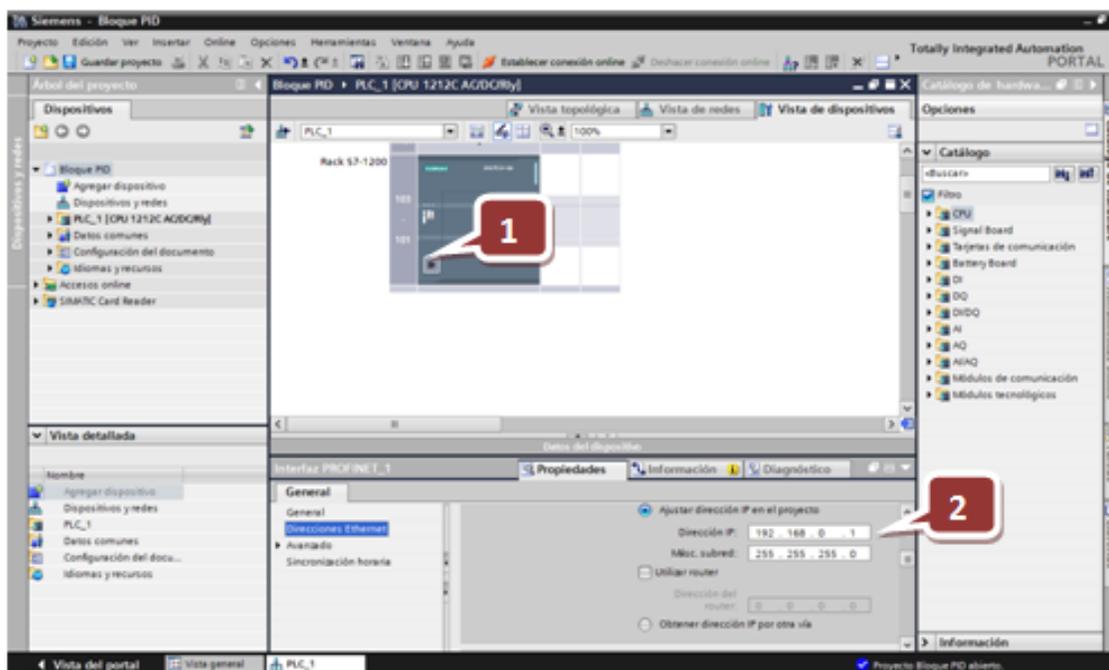


Fig. VI 43 Configuración Interfaz Profinet

3. Guarde el proyecto haciendo clic en el icono "Guardar proyecto" de la barra de herramientas.
4. Cierre el editor de hardware y redes.

El controlador se ha configurado al ajustar las propiedades de la interfaz PROFINET.

6.7.7.1.- AGREGAR BLOQUES DE PROGRAMACIÓN

- 1) Seleccionamos la opción PLC
- 2) Agregar nuevo Bloque y nos sale los siguientes bloques que tiene el programa.
- 3) Bloque de Organización
- 4) Bloque de Función
- 5) Función Cíclica
- 6) Bloque de datos.

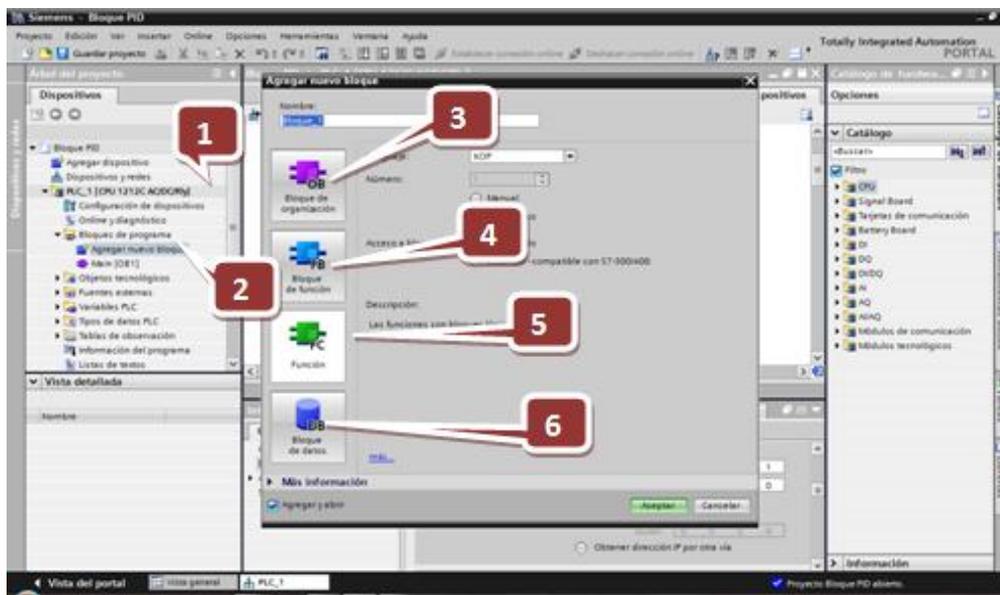


Fig. VI 44 Bloques de Programa

6.7.8.- CONFIGURACIÓN DE LA PANTALLA HMI

- 1) Seleccionamos agregar dispositivos para agregar la pantalla
- 2) Seleccionamos HMI
- 3) Simatic Basic Panel
- 4) 4" Display
- 5) KTP400 Basic Mono PN
- 6) Luego aceptamos agregar

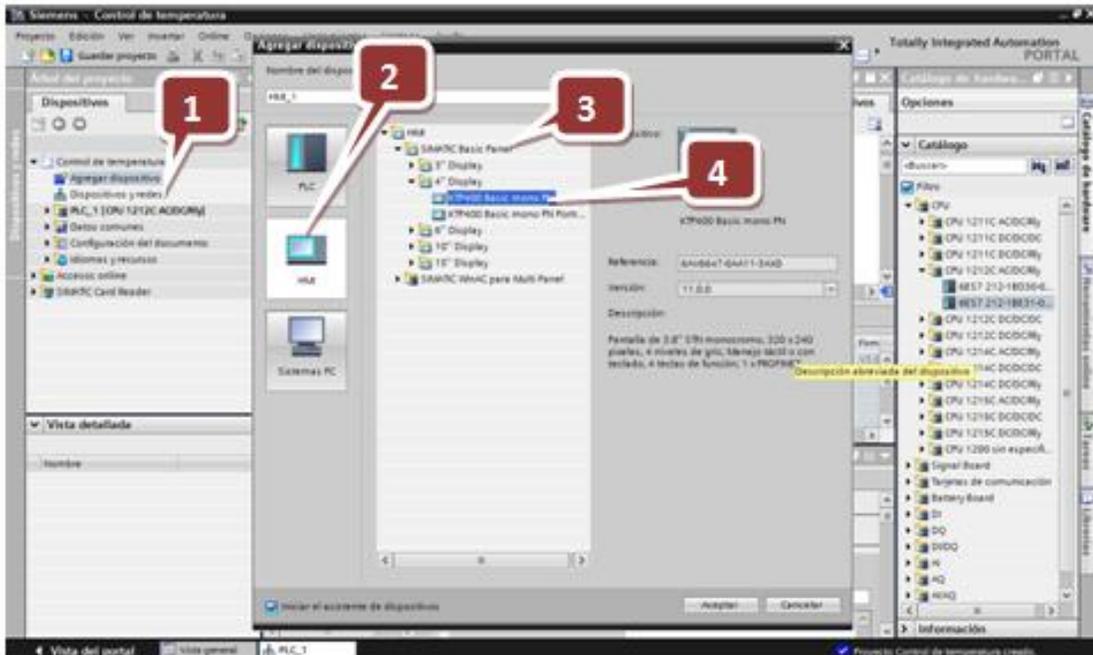


Fig. VI 45 Configuración de Pantalla HMI

- ✓ Sale la siguiente pantalla
- ✓ En la opción examinar escogemos la CPU agregada

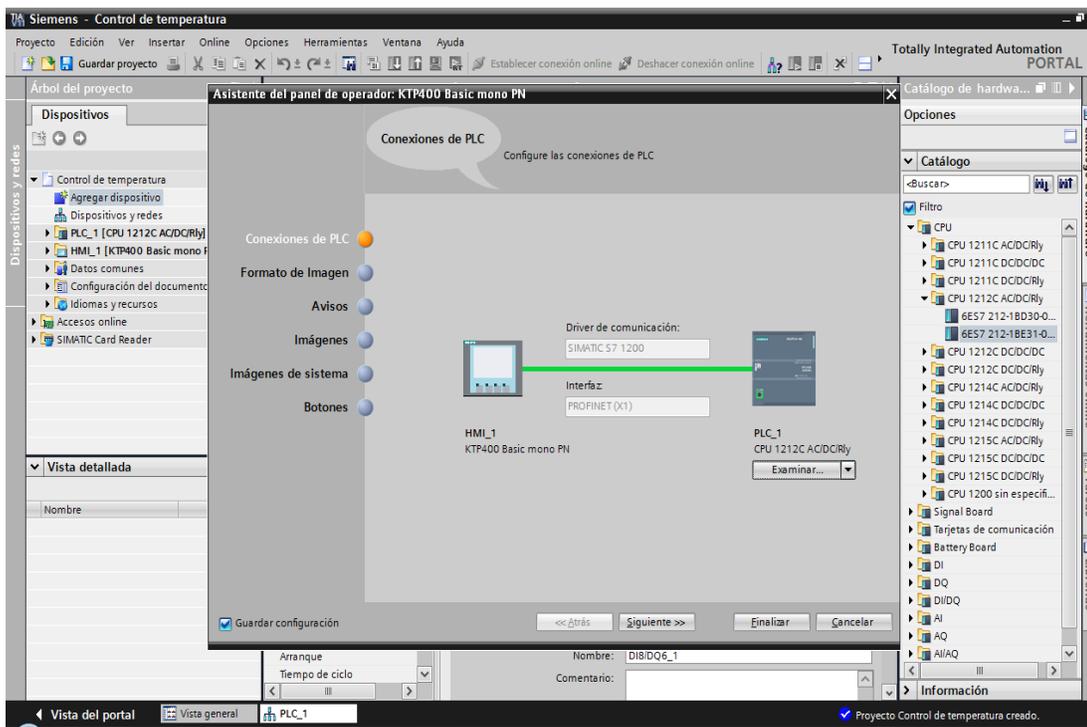


Fig. VI 46 Configuración Profinet PLC Y HMI

- ✓ Damos clic en siguiente y sale la siguiente pantalla escogemos las opciones de la pantalla como:
 - Color de fondo
 - Encabezado
 - Fecha / hora
 - Logotipo

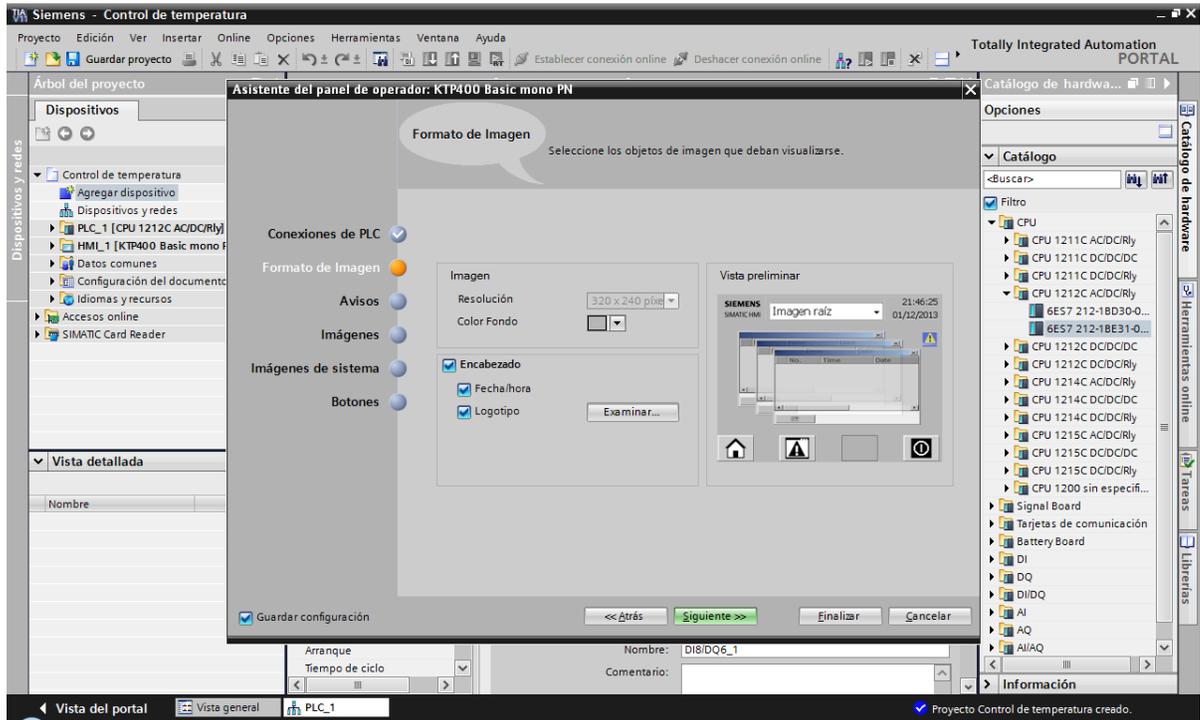


Fig. VI 47 Configuración de Imágenes en Pantalla HMI

- ✓ Seleccionamos siguiente y sale la siguiente pantalla
- ✓ Aquí seleccionamos los avisos de alarma

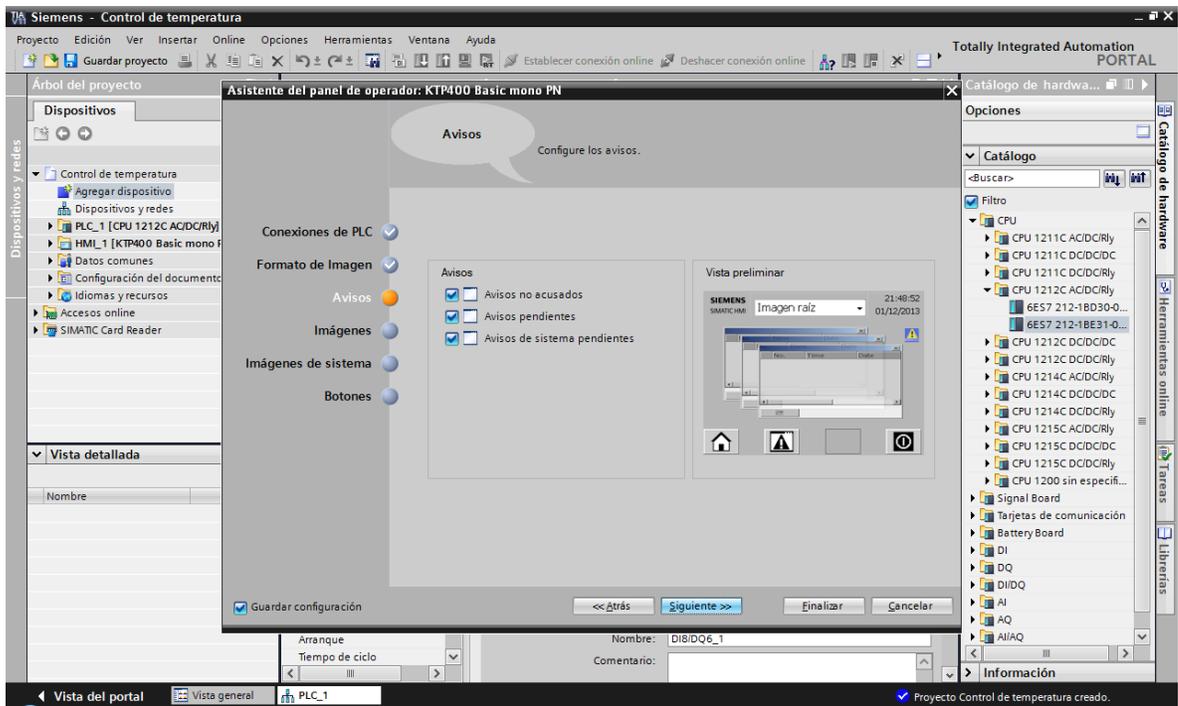


Fig. VI 48 Configuración de avisos de la Pantalla HMI

- ✓ Seleccionamos Siguiente y sale la siguiente pantalla
- ✓ Aquí seleccionamos el número de ventanas que deseamos tener en el proyecto.

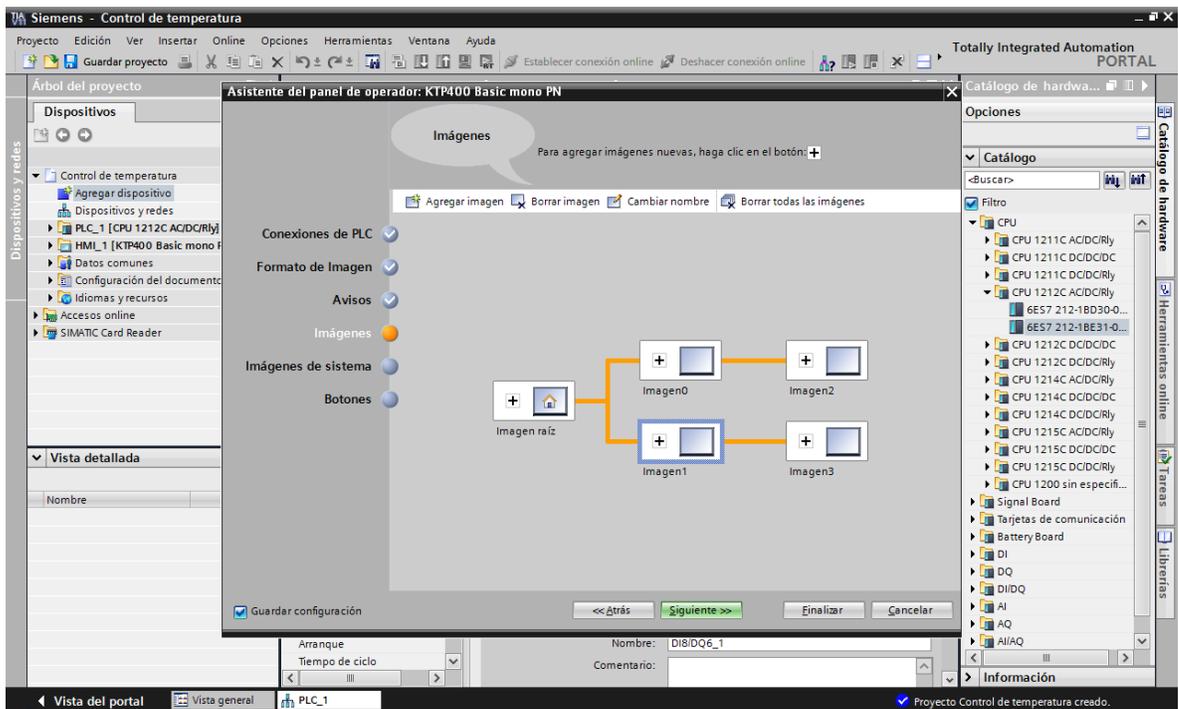


Fig. VI 49 Configuración de Imágenes en Pantalla HMI

- ✓ Seleccionamos siguiente y sale la siguiente pantalla
- ✓ Aquí seleccionamos las pantallas que vamos a habilitar

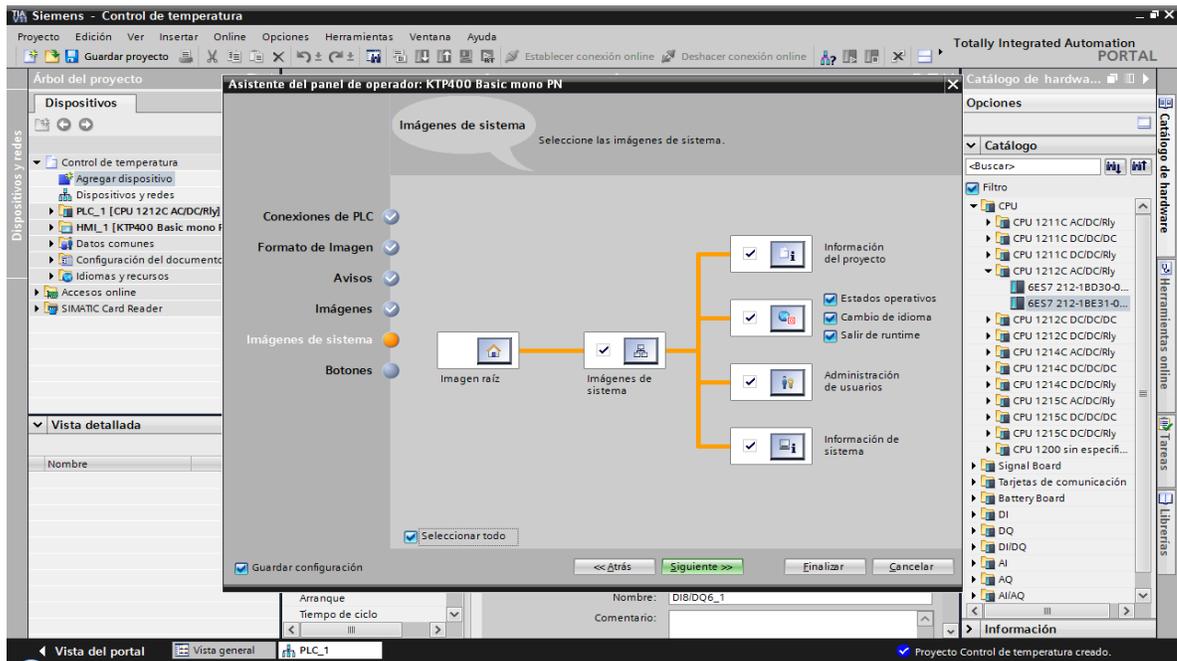


Fig. VI 50 Configuración de Imágenes del Sistema.

- ✓ Seleccionamos siguiente y sale la siguiente ventana
- ✓ Aquí seleccionamos la ubicación de los botones o iconos que están dentro de la pantalla

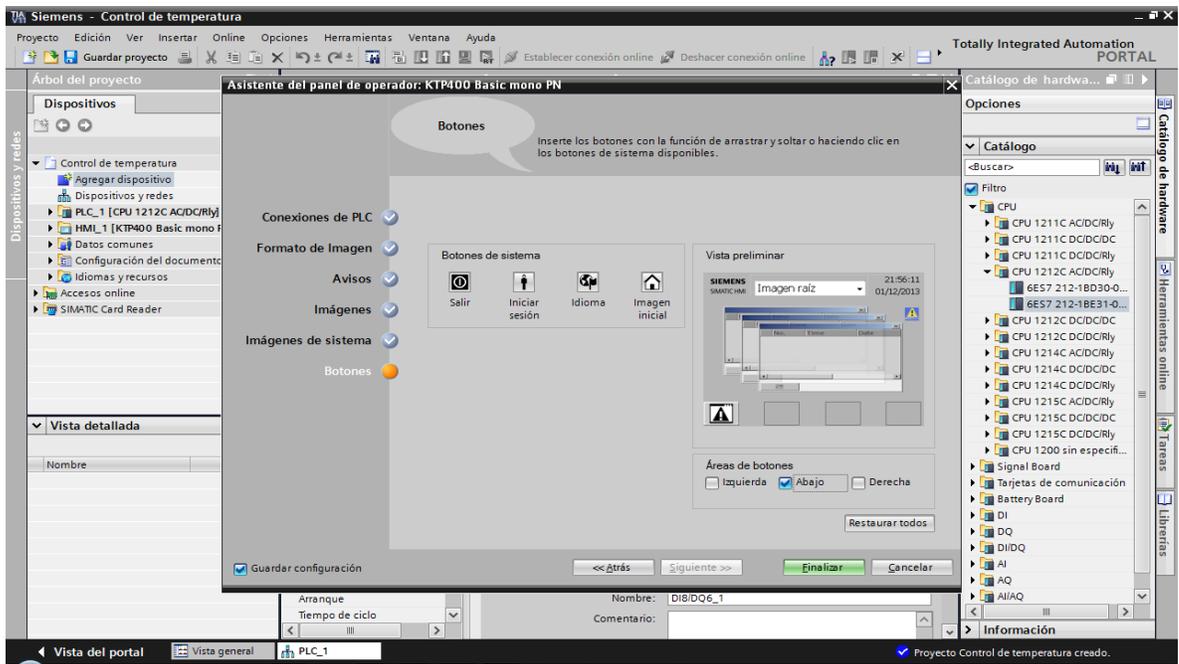


Fig. VI 51 Configuración de Botones en Pantalla HMI

- ✓ Luego seleccionamos finalizar y sale la siguiente ventana.

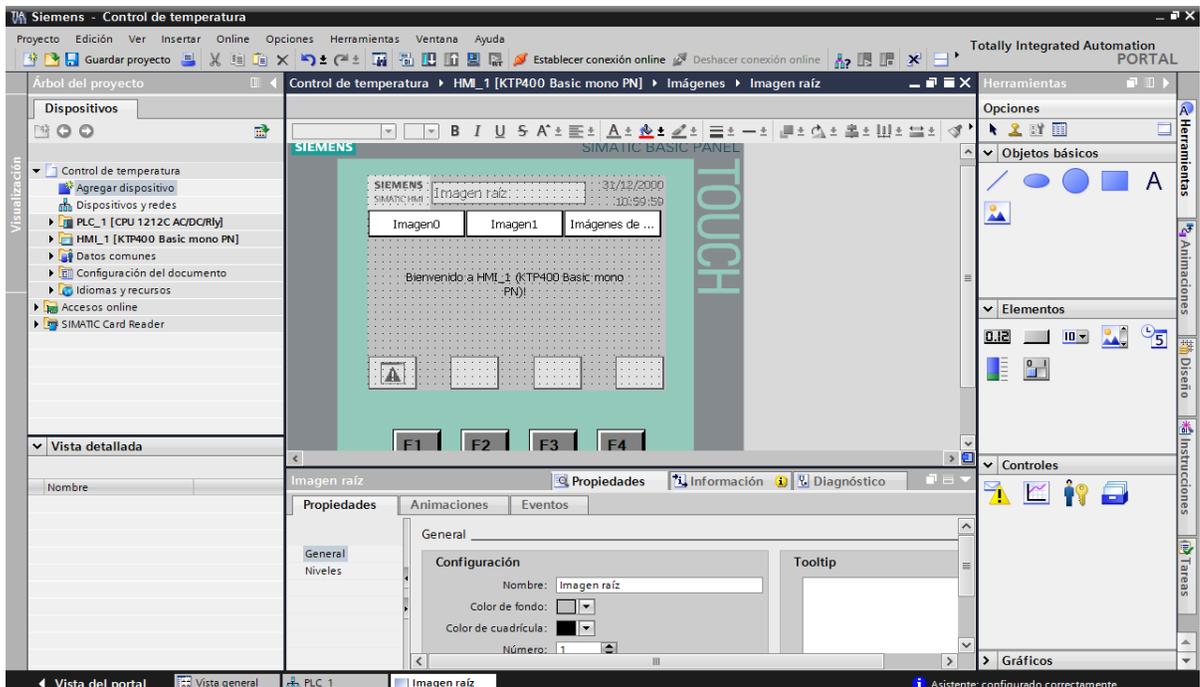


Fig. VI 52 Ventalla de programación de Pantalla HMI

- ✓ Aquí ya podemos a programar tanto EL PLC como la pantalla.

- ✓ Detallo parte de la programación en la pantalla.

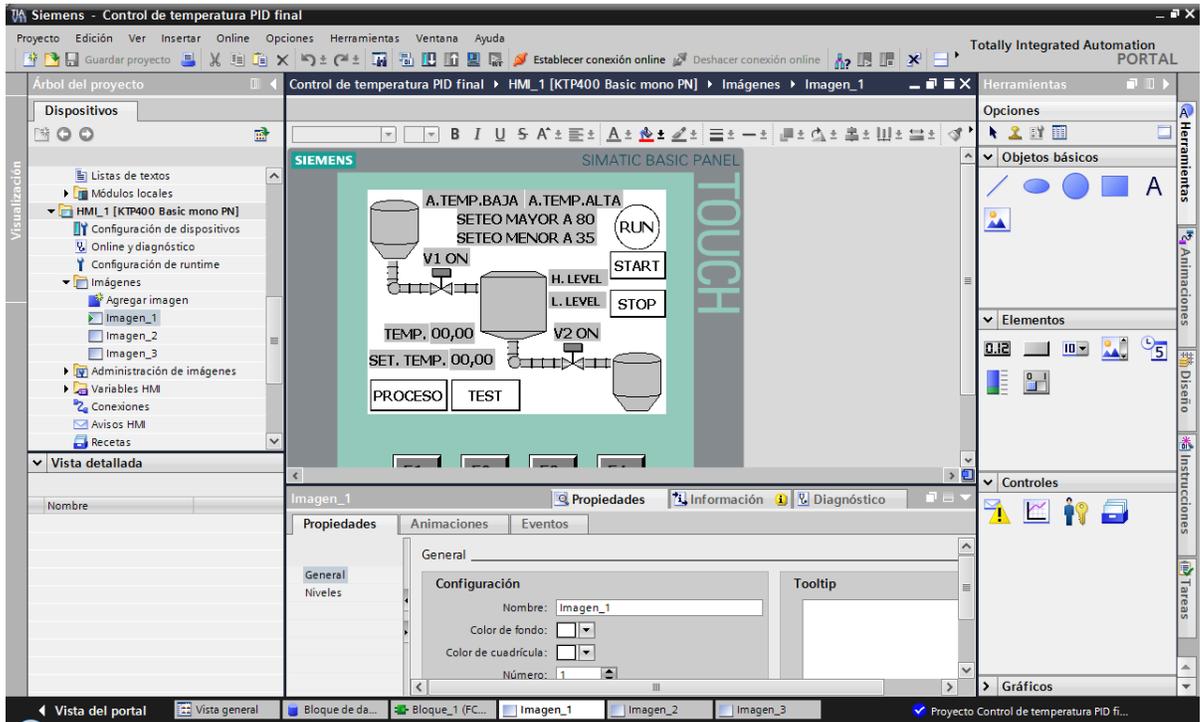


Fig. VI 53 Programación en pantalla HMI

- ✓ Detallo pantalla de programación del PLC.

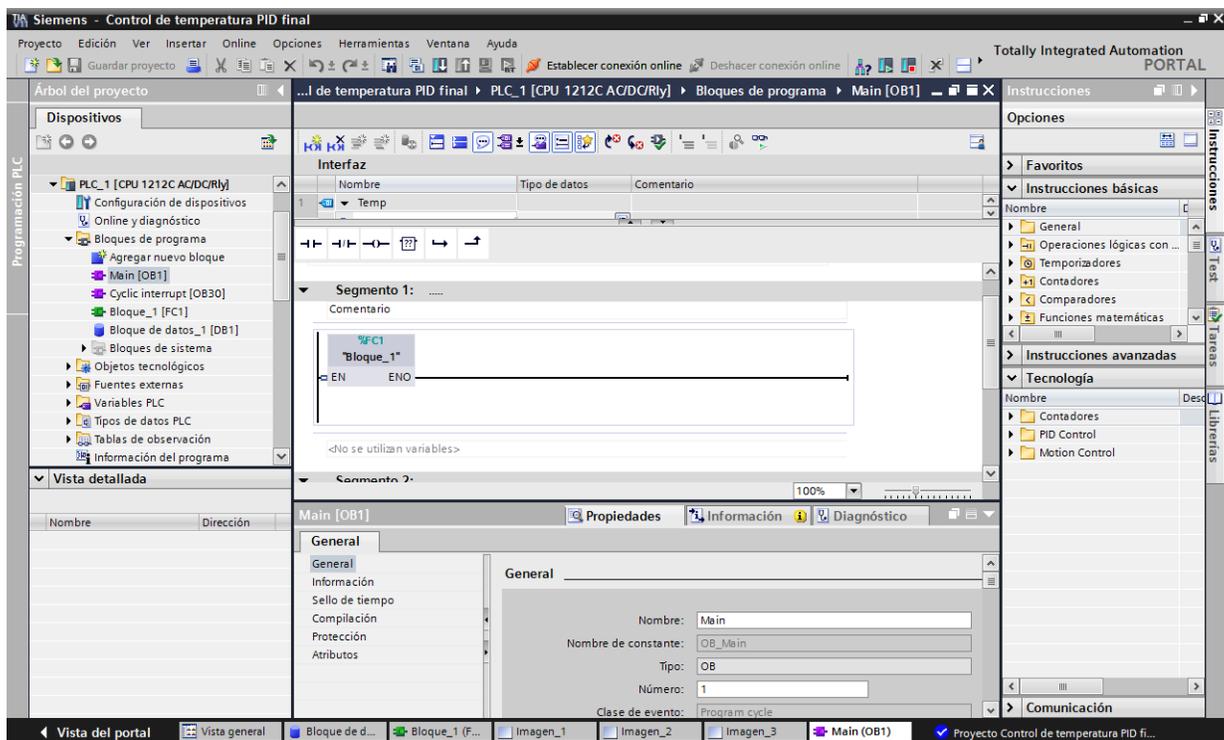


Fig. VI 54 Ventana de Programación Bloque Principal.

6.8.- PROCEDIMIENTO PARA LA PROGRAMACION DEL CONTROL PID

Para crear un bloque PID en el TIA PORTAL

En insertar Bloques seleccionamos Función Cíclica que es donde vamos a insertar el Bloque PID.

En el cuadro de funciones avanzadas escogemos PID.

Seleccionamos *PID Compact* y lo arrastramos a ventana de Trabajo.

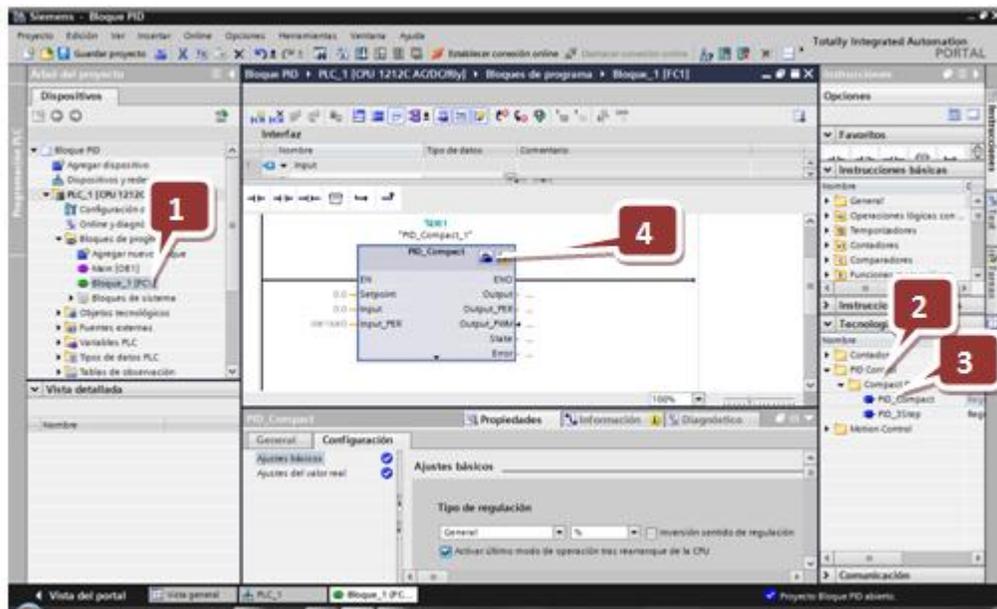


Fig. VI 55 Insertar Bloque PID en Bloque Función Cíclica

Aquí es necesario configurar los:

- 1) **(Ajustes básicos)**", p. ej. el tipo de regulación y la conexión de la estructura interna del regulador. (Ajustes básicos) →
- 2) Seleccionamos el Tipo de control para este caso vamos a seleccionar
- 3) Temperatura: pero se puede controlar, presión, caudal, longitud, Fuerza, masa, etc...
- 4) En la Entrada *_PER* (analógica) seleccionamos el bloque de datos que se colocó la Termocupla para medir la temperatura.
- 5) En la (Salida): *Output_PER*) vamos a colocar la salida digital que va a controlar la resistencia por medio de un relé de estado sólido..

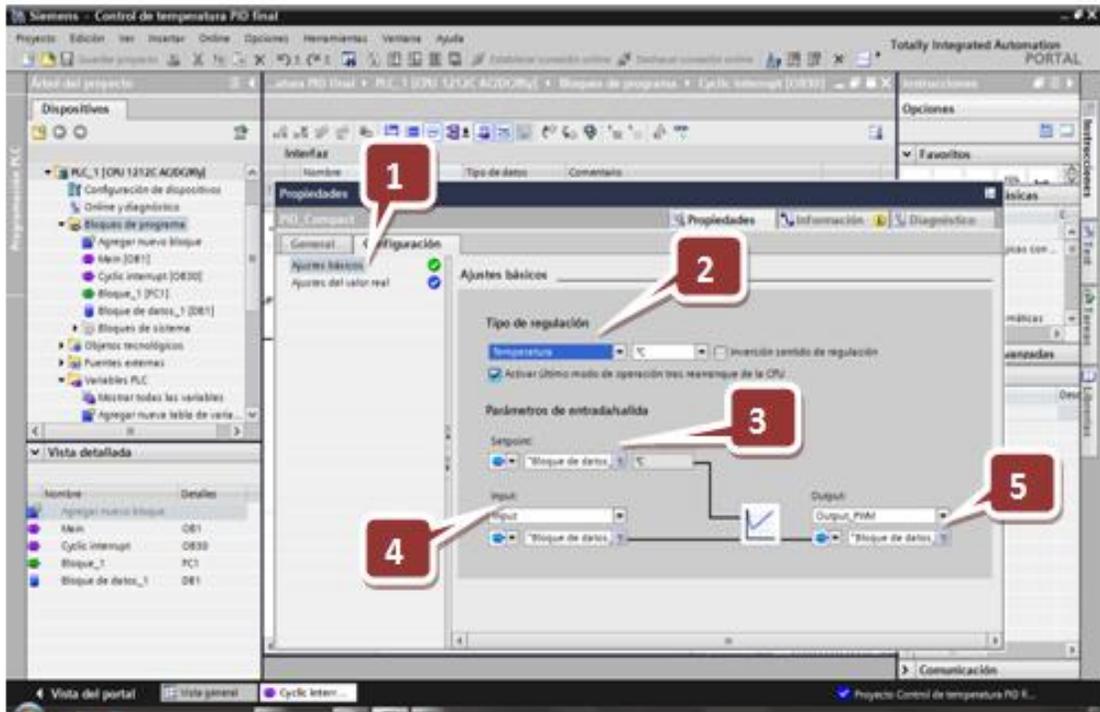


Fig. VI 56 Configuración del ajuste básico del Bloqué PID

En la opción de ajuste de valor real colocamos los siguientes valores.

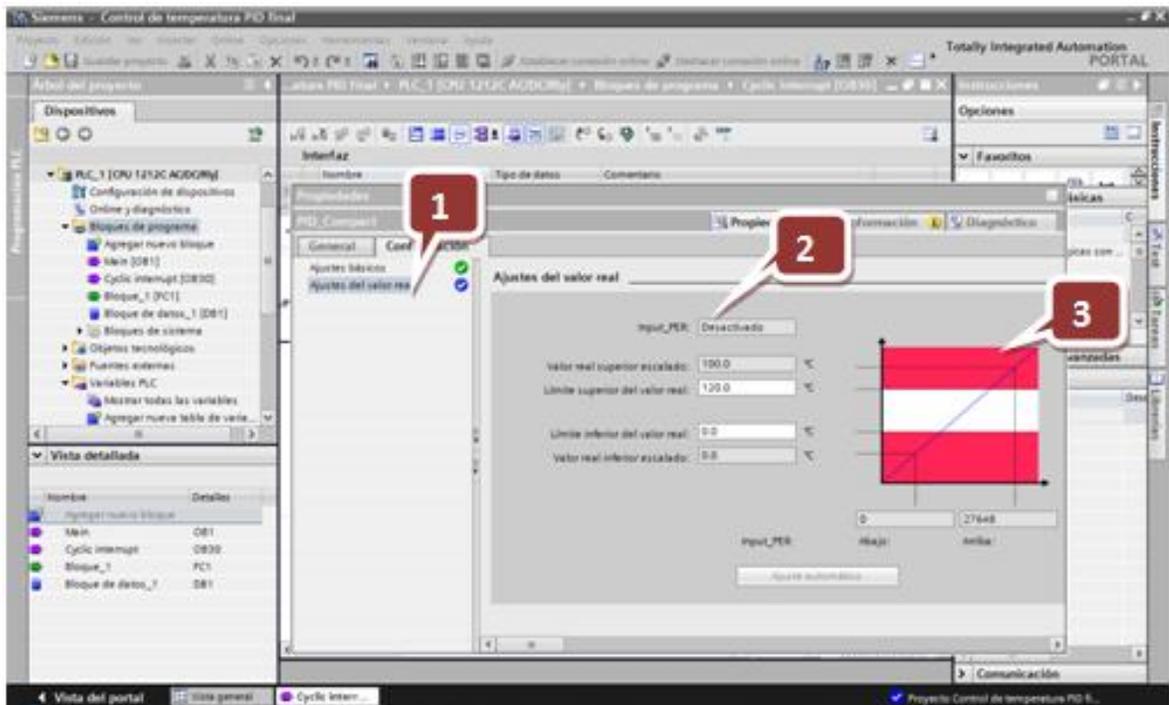


Fig.VI 57 Configuración de Valores real.

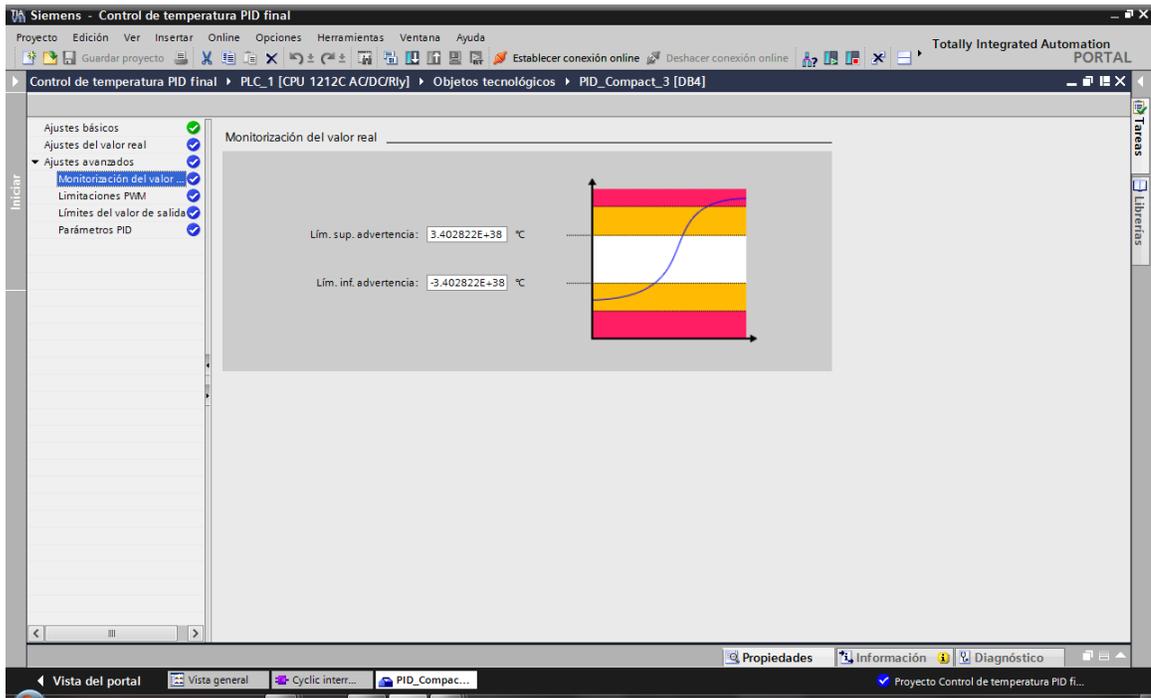


Fig.VI 58 Configuración de ajustes avanzados.

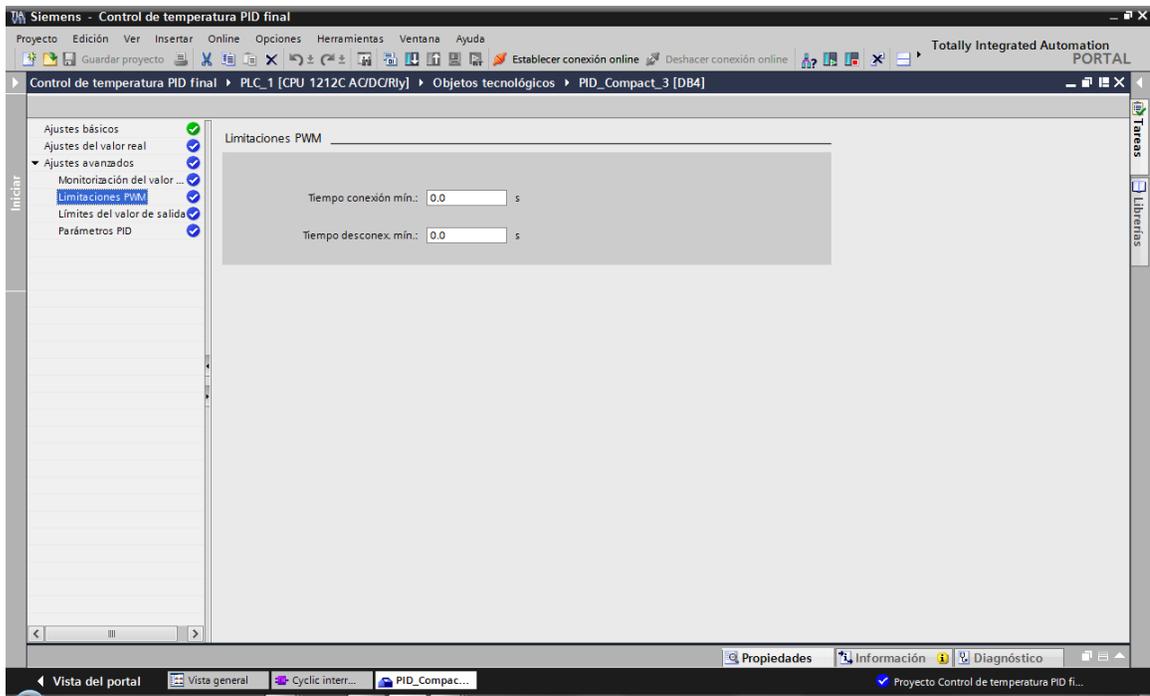


Fig. VI 59 Configuración de Ajustes Avanzadas

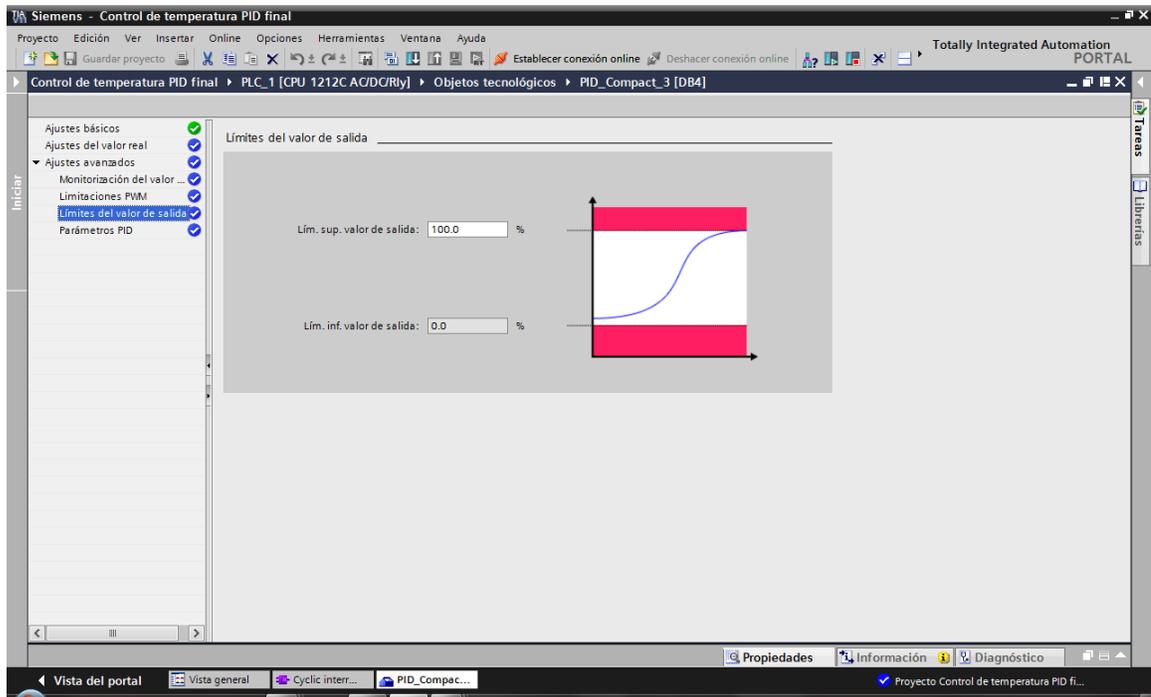


Fig. VI 60 Configuración del Límite del Valor de Salida.

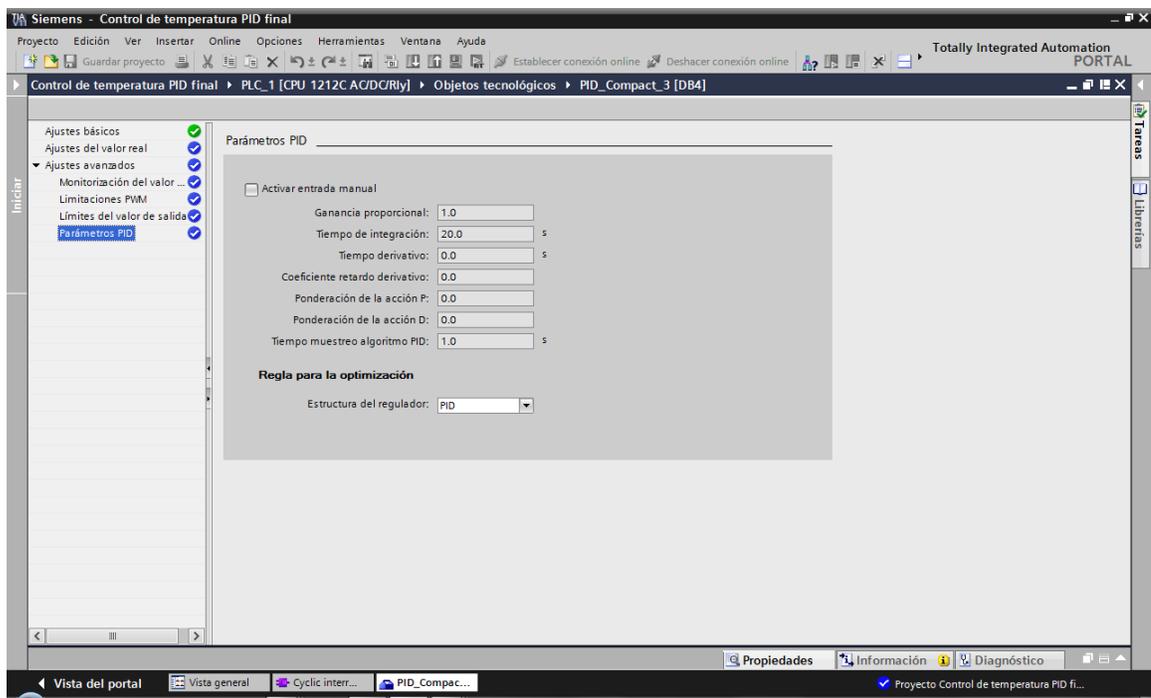


Fig. VI 61 Configuración de Parámetros del PID

6.9 PROGRAMACIÓN DE CONTROLADOR PID EN EL PROGRAMA

Descripción de los Bloques y segmentos dentro del programa

Bloque Principal

Llamado al bloque de funciones

Bloque interruptor cíclica OB30

Dependiendo del tiempo que se ponga va a interrumpir los intervalos para ejecutar el bloque de funciones y este regresa de nuevo ejecutar el bloque.

Para activar el PID

Este se activa al presionar el *run*, cuando la temperatura del proceso no sea mayor de 80°C y que el valor no esté por encima ni debajo del seteo.

Cyclic interrupt

Cyclic interrupt Propiedades

General

Nombre	Cyclic interrupt	Número	30
Tipo	OB.CyclicInterrupt	Idioma	KOP

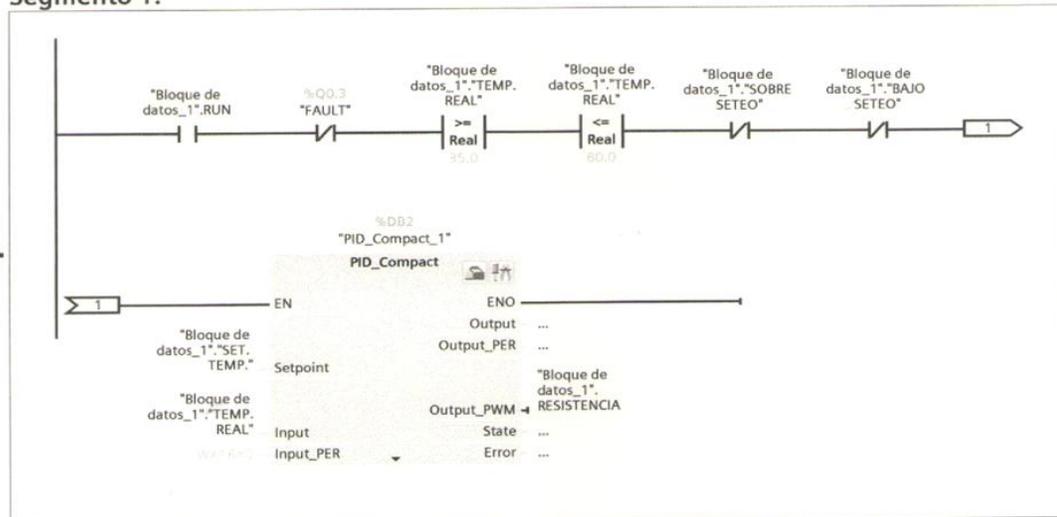
Información

Título	Autor
Comentario	Familia
Versión	0.1
	ID personalizada

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
Temp			

Segmento 1:

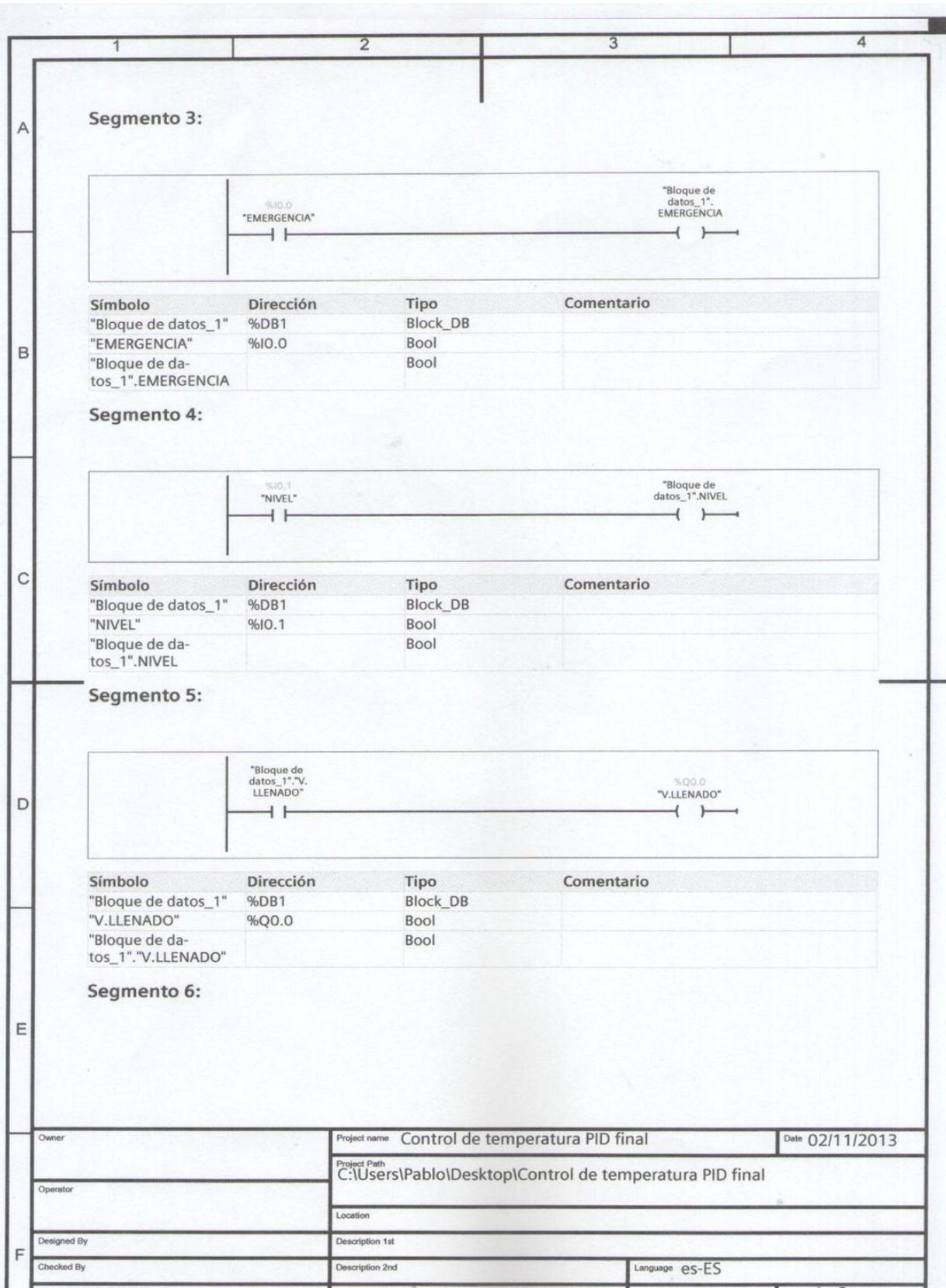
Segmento 1:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"PID_Compact_1"	%DB2	Block_FB	
"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB	
"Bloque de datos_1".SET. TEMP."		Real	
"Bloque de datos_1".TEMP. REAL"		Real	
"Bloque de datos_1".RUN		Bool	
"Bloque de datos_1".RESISTENCIA		Bool	
35.0	35.0	LReal	

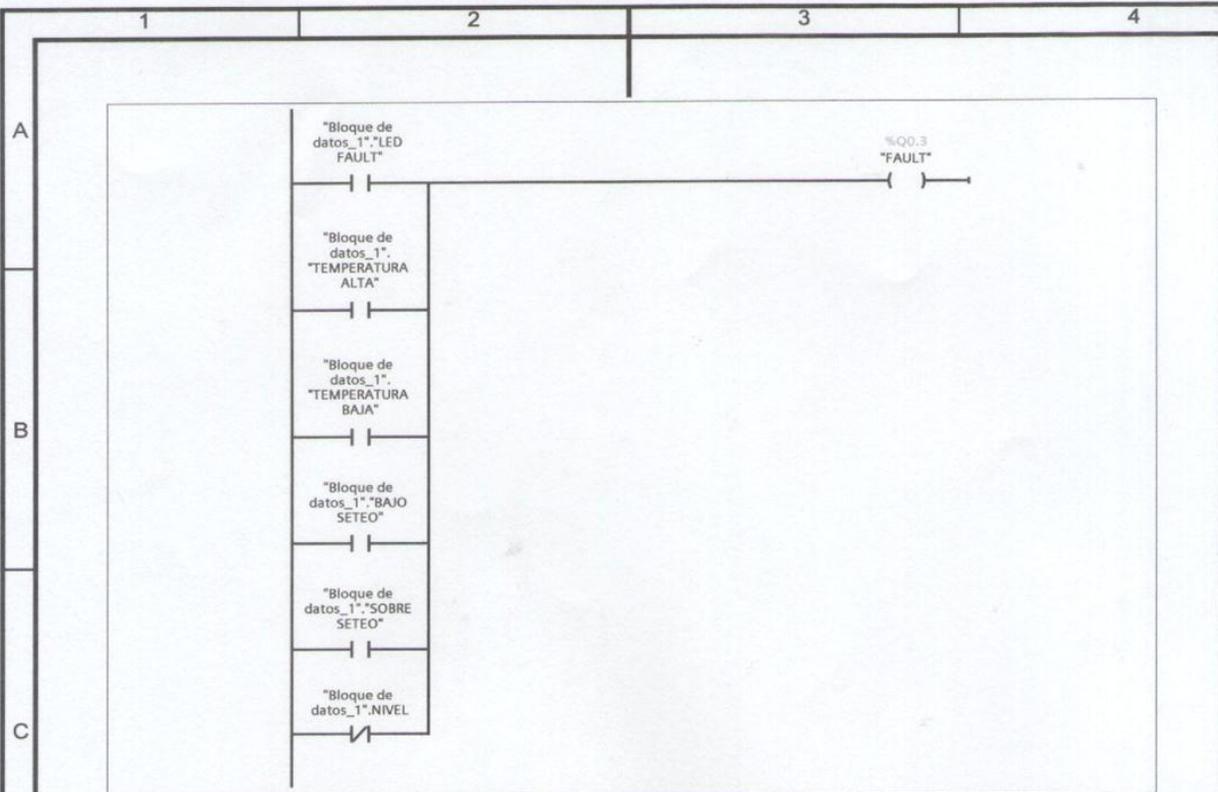
Owner	Project name	Control de temperatura PID final	Date	02/11/2013
Operator	Project Path	C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final		
Designed By	Description 1st			
Checked By	Description 2nd	Language	es-ES	

	1	2	3	4
A	Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
	80.0	80.0	LReal	
	"Bloque de datos_1". "BAJO SETEO"		Bool	
	"Bloque de datos_1". "SOBRE SETEO"		Bool	
	"FAULT"	%Q0.3	Bool	
B				
C				
D				
E				
F	Owner	Project name Control de temperatura PID final		Date 02/11/2013
	Operator	Project Path C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final		
		Location		
	Designed By	Description 1st		
	Checked By	Description 2nd	Language es-ES	



	1	2	3	4							
A	Bloque de datos_1										
B	Bloque de datos_1 Propiedades										
	General										
	Nombre	Bloque de datos_1	Número	1							
	Tipo	DB	Idioma	DB							
C	Información										
	Título		Autor								
	Comentario		Familia								
	Versión	0.1	ID personalizada								
D	Bloque de datos_1										
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI	Visible en HMI	Comentario			
	▼ Static										
	RUN	Bool		false	False	True	True				
	STOP	Bool		false	False	True	True				
	START	Bool		false	False	True	True				
	EMERGENCIA	Bool		false	False	True	True				
	TEMPERATURA	Int		0	False	True	True				
	NIVEL	Bool		false	False	True	True				
	V.LLENADO	Bool		false	False	True	True				
	V.VACIADO	Bool		false	False	True	True				
	RESISTENCIA	Bool		false	False	True	True				
	TEMPERATURA 1	Real		0.0	False	True	True				
	TEMP.REAL	Real		0.0	False	True	True				
	TEMPERATURA ALTA	Bool		false	False	True	True				
	TEMPERATURA BAJA	Bool		false	False	True	True				
	SET. TEMP.	Real		0.0	False	True	True				
	LED RUN	Bool		false	False	True	True				
	LED FAULT	Bool		false	False	True	True				
	DIFERENCIA	Real		0.0	False	True	True				
	TEST V. 1	Bool		false	False	True	True				
	TEST V. 2	Bool		false	False	True	True				
	BAJO SETEO	Bool		false	False	True	True				
	SOBRE SETEO	Bool		false	False	True	True				
	TEST RESISTENCIA	Bool		false	False	True	True				
	E	Owner		Project name		Control de temperatura PID final		Date		02/11/2013	
		Operator		Project Path		C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final					
				Location							
Designed By		Description 1st									
Checked By		Description 2nd		Language		es-ES					

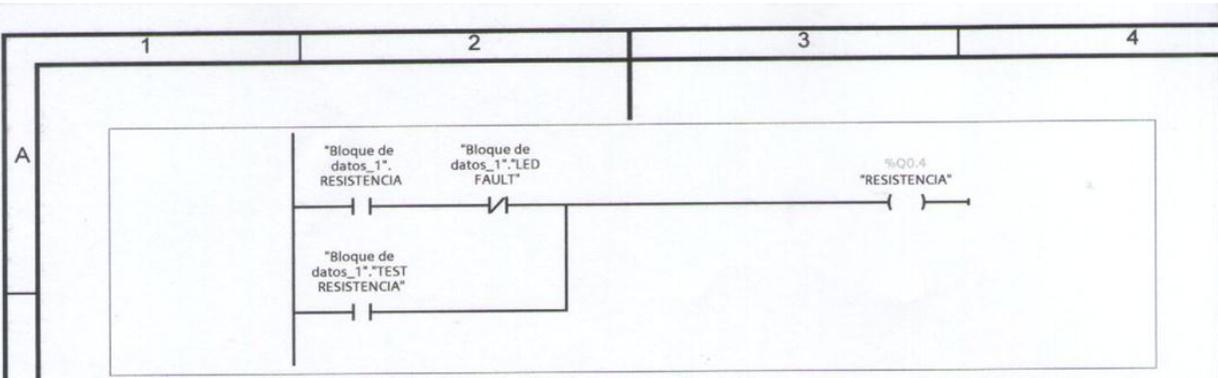
	1	2	3	4																				
A																								
B	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Símbolo</th> <th>Dirección</th> <th>Tipo</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"Bloque de datos_1"</td> <td>%DB1</td> <td>Block_DB</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"V.VACIADO"</td> <td>%Q0.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Bloque de datos_1".V.VACIADO"</td> <td></td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario	"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB		"V.VACIADO"	%Q0.1	Bool		"Bloque de datos_1".V.VACIADO"		Bool					
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																					
"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB																						
"V.VACIADO"	%Q0.1	Bool																						
"Bloque de datos_1".V.VACIADO"		Bool																						
C	<p>Segmento 7: Controla solo la luz de run se activa cuando una presiona run y cuando uno hace un test de las válvulas.</p>																							
D	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Símbolo</th> <th>Dirección</th> <th>Tipo</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"Bloque de datos_1"</td> <td>%DB1</td> <td>Block_DB</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Bloque de datos_1".RUN</td> <td></td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"LED RUN"</td> <td>%Q0.2</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Bloque de datos_1".LED RUN"</td> <td></td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario	"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB		"Bloque de datos_1".RUN		Bool		"LED RUN"	%Q0.2	Bool		"Bloque de datos_1".LED RUN"		Bool	
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																					
"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB																						
"Bloque de datos_1".RUN		Bool																						
"LED RUN"	%Q0.2	Bool																						
"Bloque de datos_1".LED RUN"		Bool																						
E	<p>Segmento 8: Un move mueve el valor de la entrada física a una variable interna.</p>																							
F	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Símbolo</th> <th>Dirección</th> <th>Tipo</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"Bloque de datos_1"</td> <td>%DB1</td> <td>Block_DB</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"TEMPERATURA"</td> <td>%IW80</td> <td>Word</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Bloque de datos_1".TEMPERATURA</td> <td></td> <td>Int</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Segmento 9: Fallo solo se activa con una entrada de test, temperatura alta, temperatura baja, Nivel sobre el valor de seteo y por bajo seteo.</p>				Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario	"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB		"TEMPERATURA"	%IW80	Word		"Bloque de datos_1".TEMPERATURA		Int					
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																					
"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB																						
"TEMPERATURA"	%IW80	Word																						
"Bloque de datos_1".TEMPERATURA		Int																						
Owner		Project name	Control de temperatura PID final	Date	02/11/2013																			
Operator		Project Path			C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final																			
Designed By		Location																						
Checked By		Description 1st		Language																				
		Description 2nd		es-ES																				



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB	
"Bloque de datos_1".NIVEL		Bool	
"FAULT"	%Q0.3	Bool	
"Bloque de datos_1".LED FAULT		Bool	
"Bloque de datos_1".TEMPERATURA ALTA		Bool	
"Bloque de datos_1".TEMPERATURA BAJA		Bool	
"Bloque de datos_1".BAJO SETEO		Bool	
"Bloque de datos_1".SOBRE SETEO		Bool	

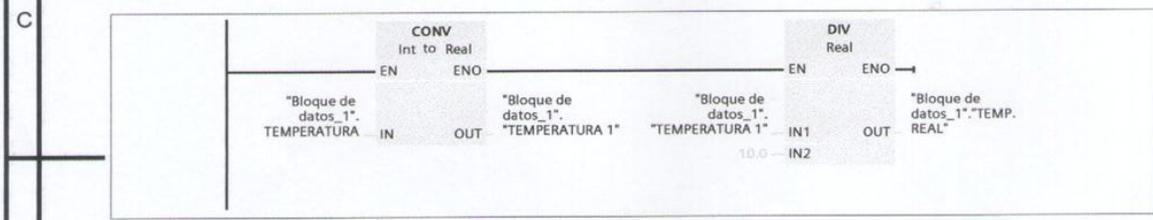
Segmento 10: Controla la resistencia, se activa por la variable de resistencia que se activa en el Bloque PID y se activa también por el test de la HMI

Owner	Project name	Control de temperatura PID final	Date	02/11/2013
Operator	Project Path	C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final		
Designed By	Description 1st			
Checked By	Description 2nd	Language	es-ES	



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB	
"Bloque de datos_1".RESISTENCIA		Bool	
"RESISTENCIA"	%Q0.4	Bool	
"Bloque de datos_1".LED FAULT"		Bool	
"Bloque de datos_1".TEST RESISTENCIA"		Bool	

Segmento 11: Convertidor convierte el valor de la entrada analógica de un valor entero la convierte a un valor real y esta la divide para 10.



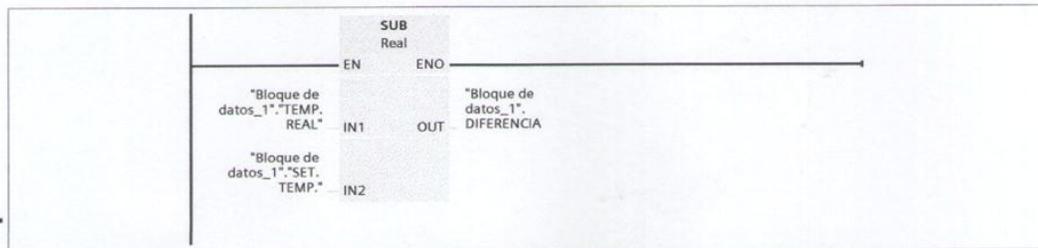
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB	
"Bloque de datos_1".TEMPERATURA		Int	
"Bloque de datos_1".TEMPERATURA 1"		Real	
10.0	10.0	LReal	
"Bloque de datos_1".TEMP. REAL"		Real	

Segmento 12: Controla la válvula de llenado se activa por el test de la HMI, confirmación del Run, confirmación del seteo, que no este ni por debajo ni por encima del valor real.

Owner	Project name	Control de temperatura PID final	Date	02/11/2013
Operator	Project Path	C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final		
Designed By	Description 1st			
Checked By	Description 2nd	Language	es-ES	

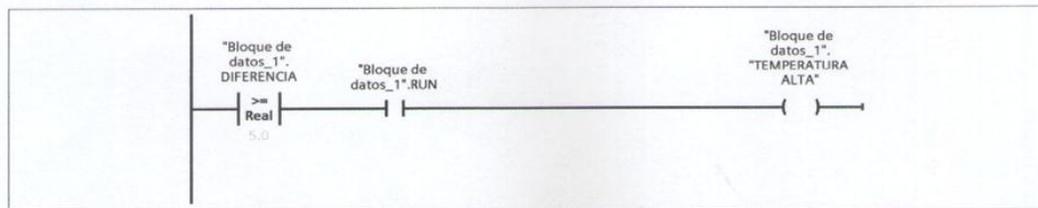
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB	
"Bloque de datos_1".RUN		Bool	
"Bloque de datos_1".V.VACIADO		Bool	
"Bloque de datos_1".TEMP.REAL		Real	
"Bloque de datos_1".TEMPERATURA ALTA		Bool	
"Bloque de datos_1".TEST V. 2"		Bool	
35.0	35.0	LReal	
"Bloque de datos_1".BAJO SETEO		Bool	
"Bloque de datos_1".SOBRE SETEO		Bool	

Segmento 14: Resta se usa para sacar un valor entre el valor real y el valor de seteo.



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB	
"Bloque de datos_1".TEMP.REAL		Real	
"Bloque de datos_1".SET.TEMP."		Real	
"Bloque de datos_1".DIFERENCIA		Real	

Segmento 15: Temperatura alta, mensaje de alarma de temperatura alta en la HMI se activa con la confirmación del run.



Owner	Project name	Control de temperatura PID final	Date	02/11/2013
Operator	Project Path	C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final		
Designed By	Location			
Checked By	Description 1st			
	Description 2nd	Language	es-ES	

	1	2	3	4
A	Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
	"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB	
	"Bloque de datos_1".RUN		Bool	
	"Bloque de datos_1"."TEMPERATURA ALTA"		Bool	
	"Bloque de datos_1".DIFERENCIA		Real	
	5.0	5.0	LReal	
Segmento 16: Alarma de temperatura baja se activa con la diferencia de -5°C del valor.				
B				
C	Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
	"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB	
	"Bloque de datos_1".RUN		Bool	
	"Bloque de datos_1".DIFERENCIA		Real	
	-5.0	-5.0	LReal	
			Bool	
Segmento 17: Alarma de sobre seteo se activa al poner un valor por encima de 80°C en la HMI.				
D				
E	Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
	"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB	
	"Bloque de datos_1".SET. TEMP."		Real	
	80.0	80.0	LReal	
	"Bloque de datos_1".SOBRE SETEO"		Bool	
F	Owner	Project name Control de temperatura PID final		Date 02/11/2013
	Operator	Project Path C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final		
	Designed By	Location		
	Checked By	Description 1st		Language es-ES
		Description 2nd		

	1	2	3	4																				
A	<p>Segmento 18:</p> <p>The diagram shows a horizontal line representing data flow. On the left, a vertical line connects to a box labeled "Bloque de datos_1". Inside this box, there is a symbol "<= Real" with "35.0" below it. On the right, another vertical line connects to a box labeled "Bloque de datos_1". Inside this box, there is a symbol "()" with "BAJO SETEO" below it.</p>																							
B	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:30%;">Símbolo</th> <th style="width:20%;">Dirección</th> <th style="width:20%;">Tipo</th> <th style="width:30%;">Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"Bloque de datos_1"</td> <td>%DB1</td> <td>Block_DB</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Bloque de datos_1"."SET. TEMP."</td> <td></td> <td>Real</td> <td></td> </tr> <tr> <td>35.0</td> <td>35.0</td> <td>LReal</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"Bloque de datos_1"."BAJO SETEO"</td> <td></td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario	"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB		"Bloque de datos_1"."SET. TEMP."		Real		35.0	35.0	LReal		"Bloque de datos_1"."BAJO SETEO"		Bool	
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																					
"Bloque de datos_1"	%DB1	Block_DB																						
"Bloque de datos_1"."SET. TEMP."		Real																						
35.0	35.0	LReal																						
"Bloque de datos_1"."BAJO SETEO"		Bool																						
C	<p>Segmento 19:</p> <p>The diagram shows a simple horizontal line with a vertical line at the left end and an arrowhead at the right end.</p>																							
D	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:30%;">Símbolo</th> <th style="width:20%;">Dirección</th> <th style="width:20%;">Tipo</th> <th style="width:30%;">Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																					
E																								
F	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:30%;">Owner</td> <td style="width:40%;">Project name Control de temperatura PID final</td> <td style="width:30%;">Date 02/11/2013</td> </tr> <tr> <td>Operator</td> <td colspan="2">Project Path C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final</td> </tr> <tr> <td> </td> <td colspan="2">Location</td> </tr> <tr> <td>Designed By</td> <td colspan="2">Description 1st</td> </tr> <tr> <td>Checked By</td> <td>Description 2nd</td> <td>Language es-ES</td> </tr> </table>				Owner	Project name Control de temperatura PID final	Date 02/11/2013	Operator	Project Path C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final			Location		Designed By	Description 1st		Checked By	Description 2nd	Language es-ES					
Owner	Project name Control de temperatura PID final	Date 02/11/2013																						
Operator	Project Path C:\Users\Pablo\Desktop\Control de temperatura PID final																							
	Location																							
Designed By	Description 1st																							
Checked By	Description 2nd	Language es-ES																						

6.10.- PRACTICA Nº. 1

6.10.1.- AJUSTE FINO DENTRO DEL BLOQUE PID CON UN VALOR DE 45°C DE SET POINT DENTRO DEL PROGRAMA (TIA PORTAL) V11.

Para realizar esta práctica el bloque PID del programa TIA PORTAL permite realizar un muestreo y un ajuste óptimo fino, en donde programa ajusta los parámetros que esta guardando al momento de realizar el muestreo según el tiempo en la cual dure la optimización fina, una vez guardado los parámetros el bloque PID se ajusta a cada valor de proceso que decidamos poner como valor *Set Point*.

Detallamos brevemente las secuencias del bloque PID hasta ajustar el valor de Set Point.

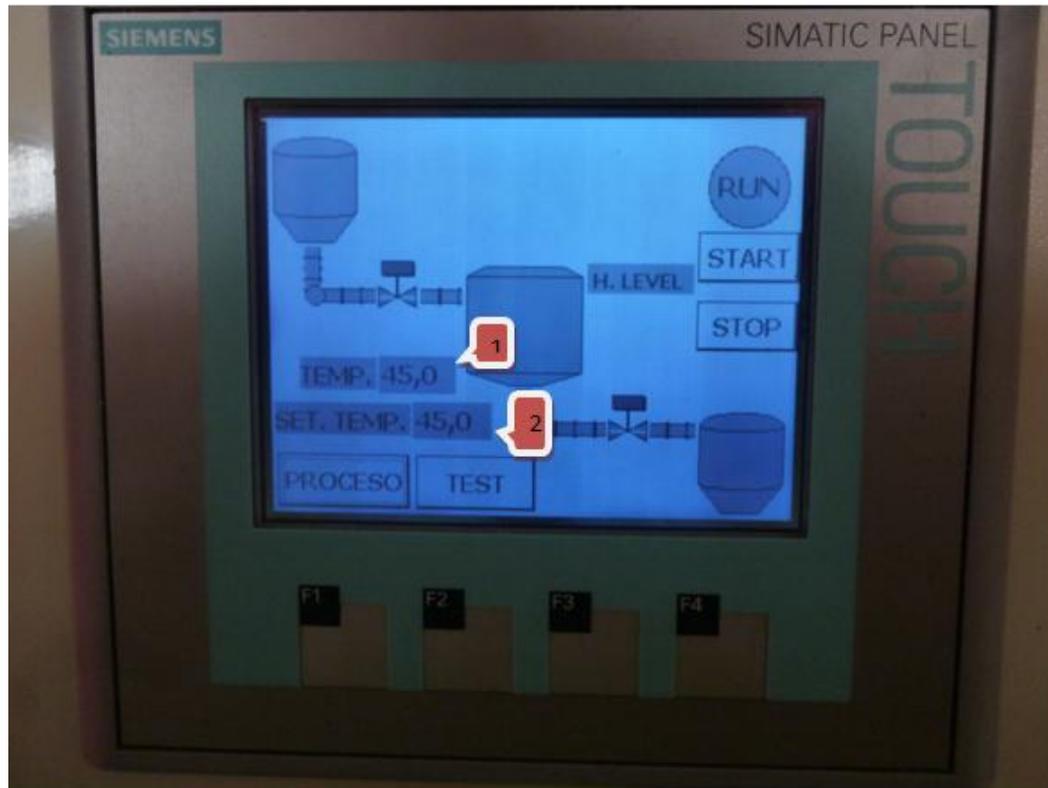


Fig. VI 62 Pantalla de *Set Point* 45°C

- 1.- Valor Real medido
- 2.- Valor de Set Point

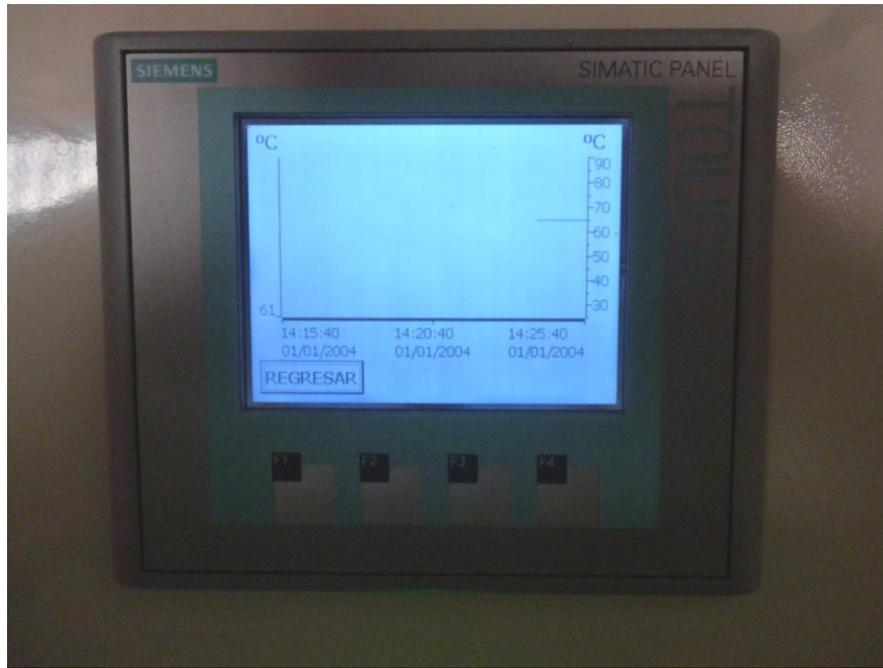


Fig. VI 63 Grafica de lectura de la Variable de Proceso 45°C

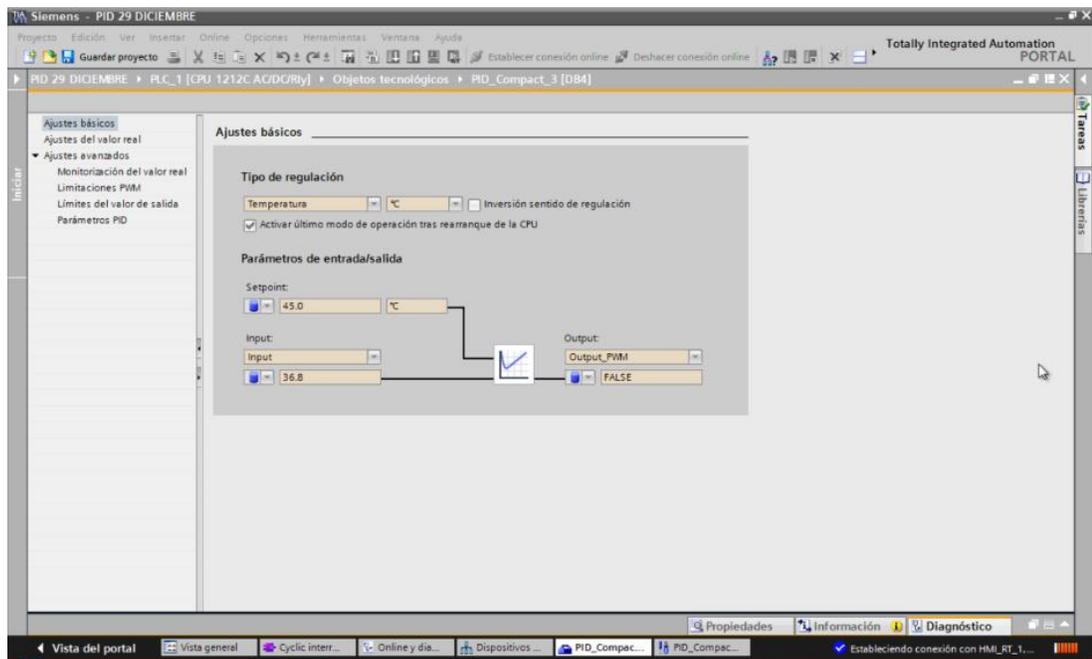


Fig. VI 64 Ventana de Ajuste Básico de Bloque PID

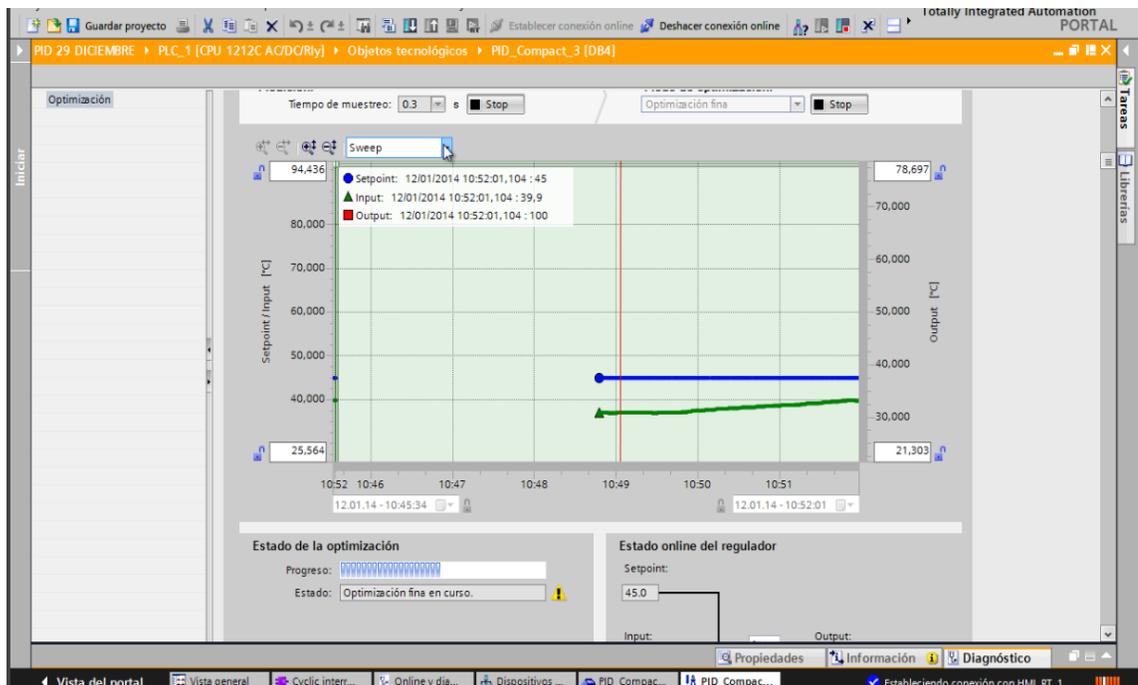


Fig. VI 65 Ventana de Ajuste y Optimización del Bloque PID (Optimizando a 45°C)

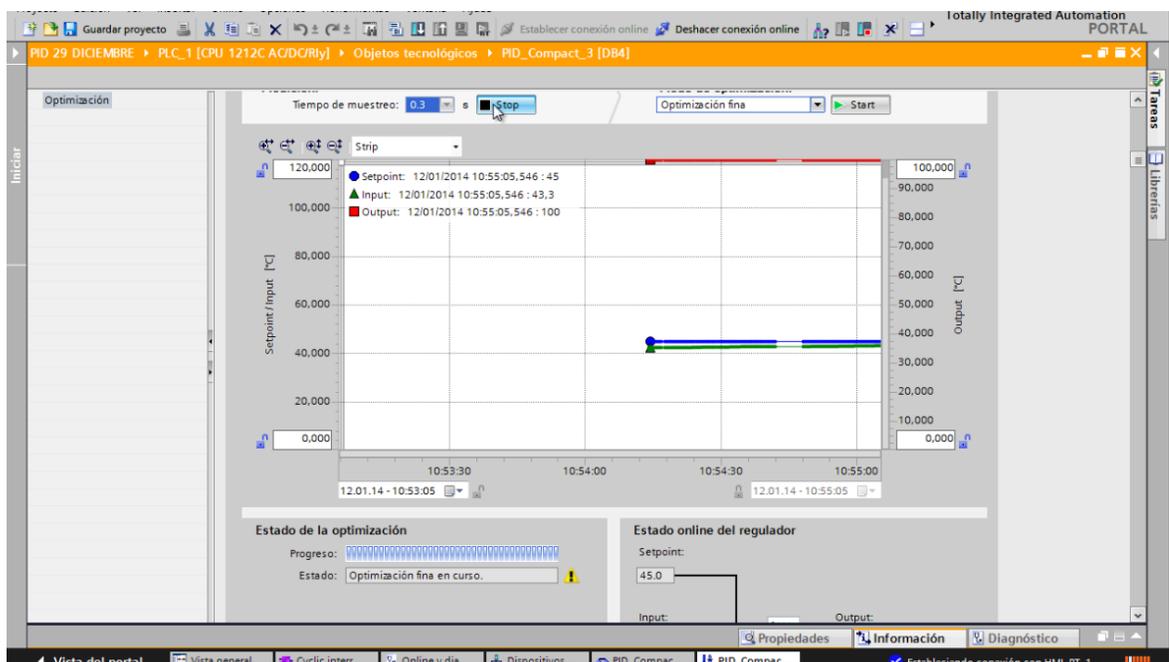


Fig. VI 66 Ventana de Optimización Llegando a valor del Set Point.

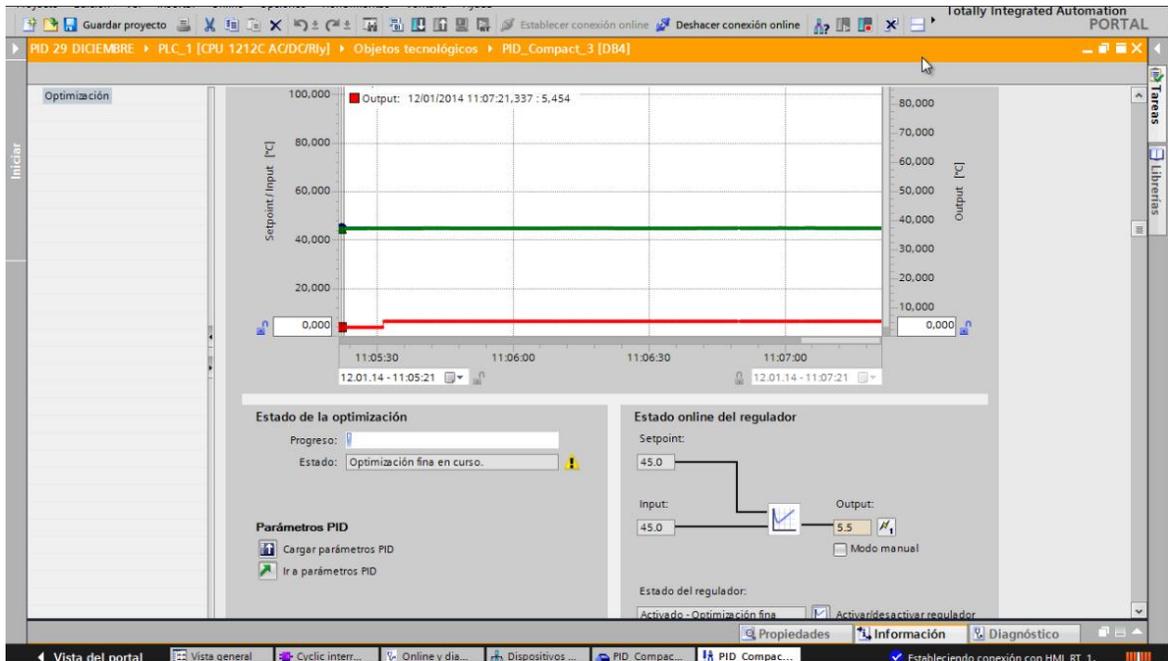


Fig. VI 67 Ventana de Optimización Final

6.11.- PRACTICA Nº. 2

6.11.1.- AJUSTE FINO DENTRO DEL BLOQUE PID CON UN VALOR DE *SET POINT* DENTRO DEL PROGRAMA (TIA PORTAL) V11.

Detallamos brevemente las secuencias del bloque PID hasta ajustar el valor de *Set Point*.
55°C.

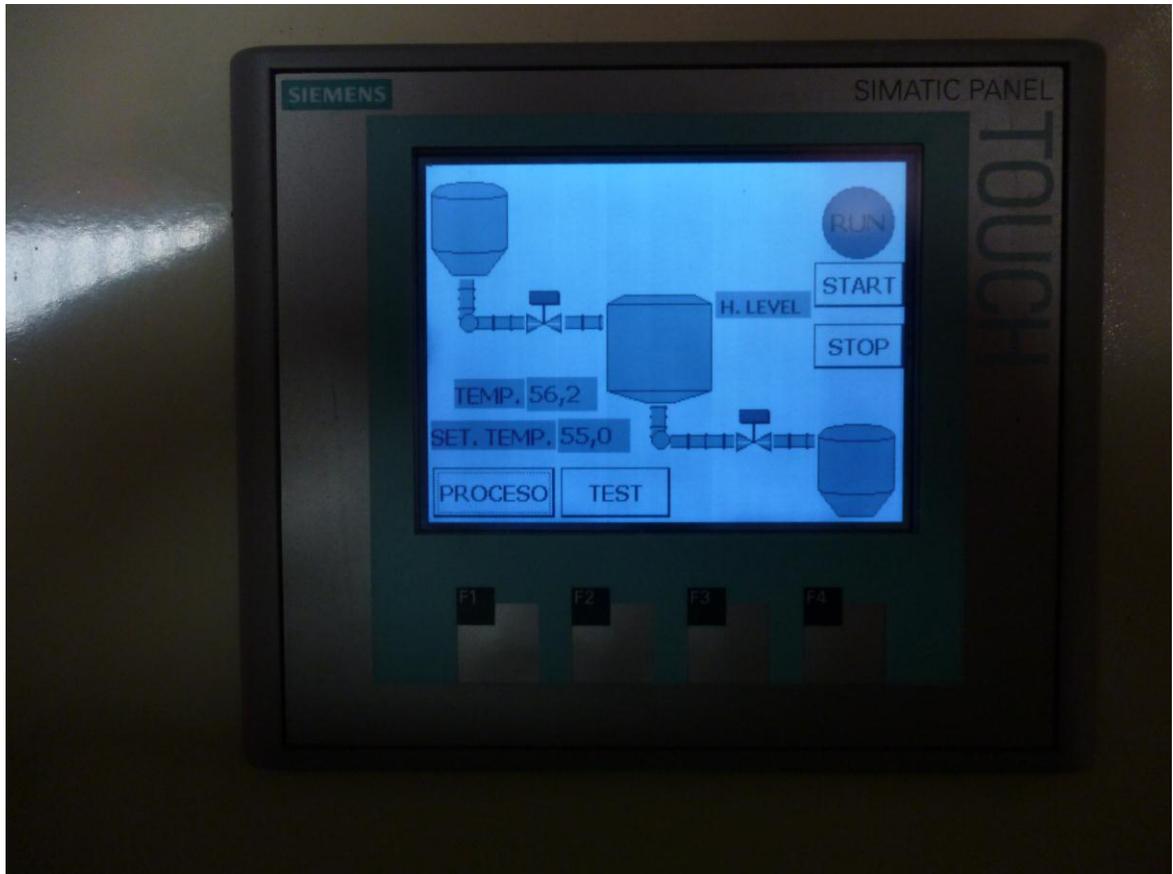


Fig. VI 68 Ventana de *Set Point* 55°C

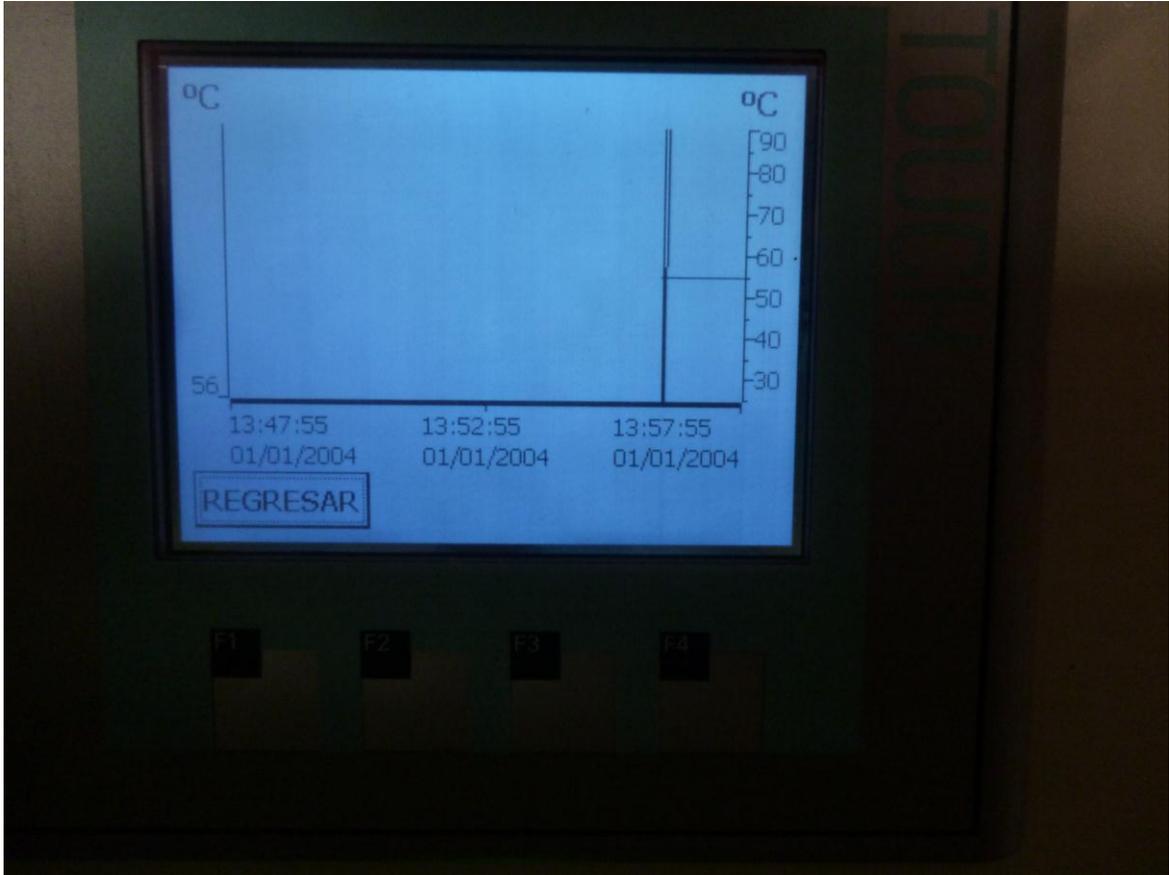


Fig. VI 69 Ventana de Grafica de la variable de Set Point 55°C

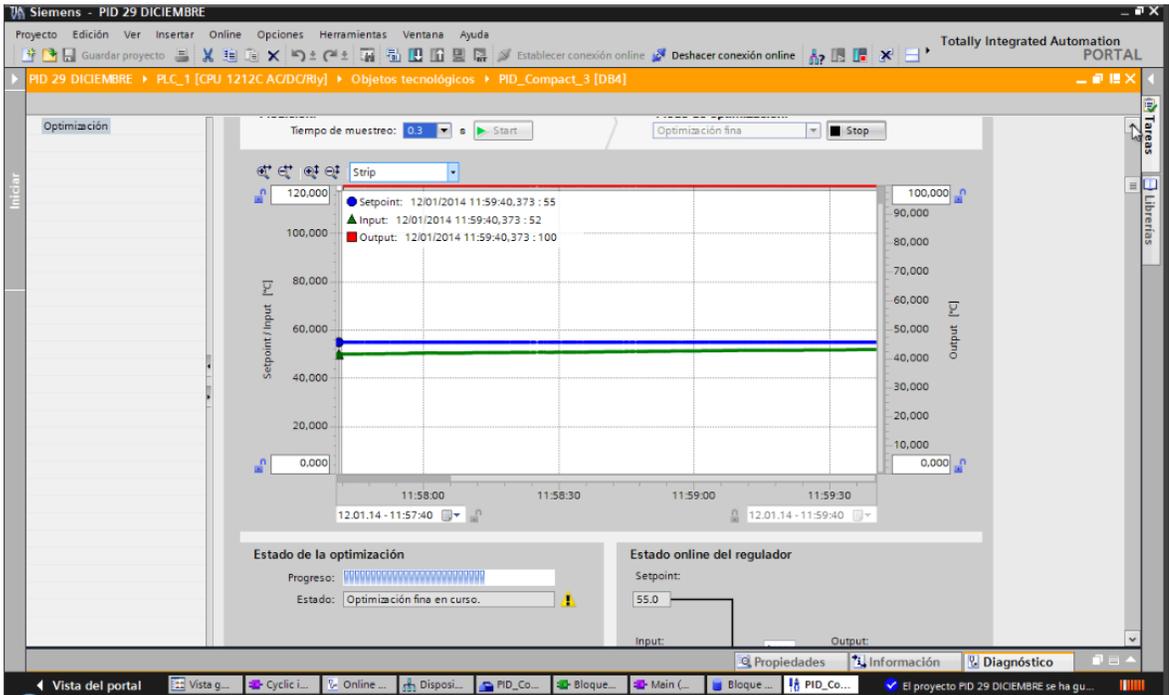


Fig. VI 70 Ventana de Ajuste y Optimización del Bloque PID (Optimizando a 55°C

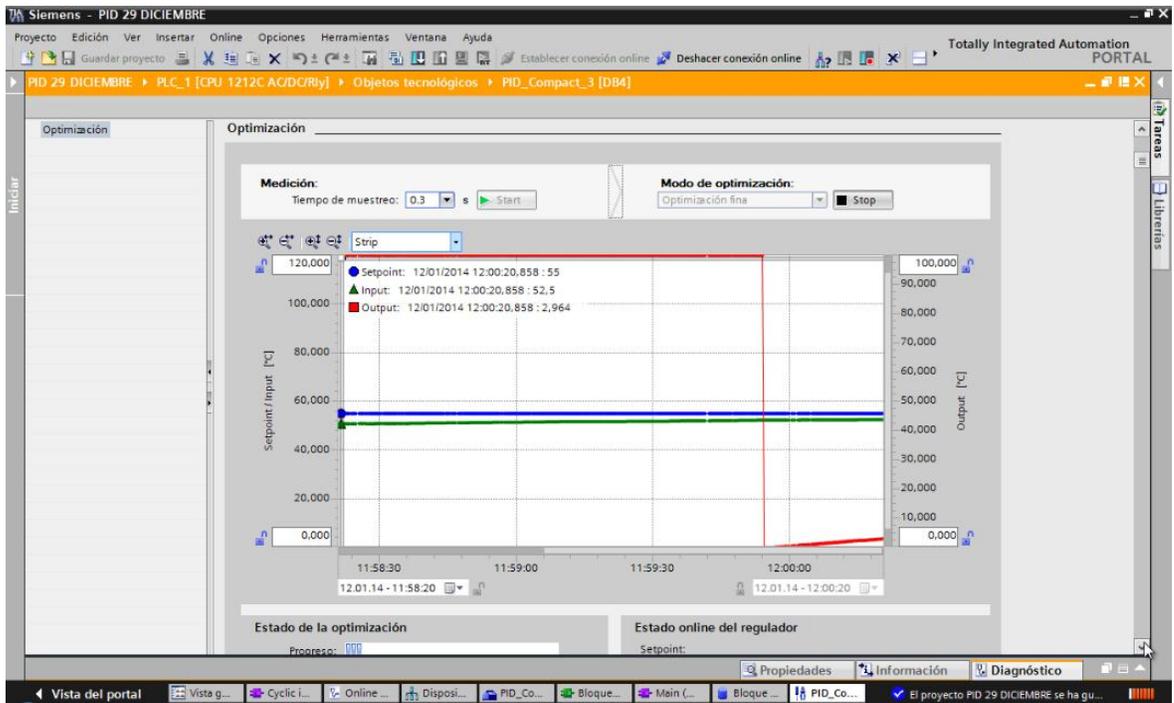


Fig. VI 71 Ventana de Optimización llegando al valor de Set Point 55°C

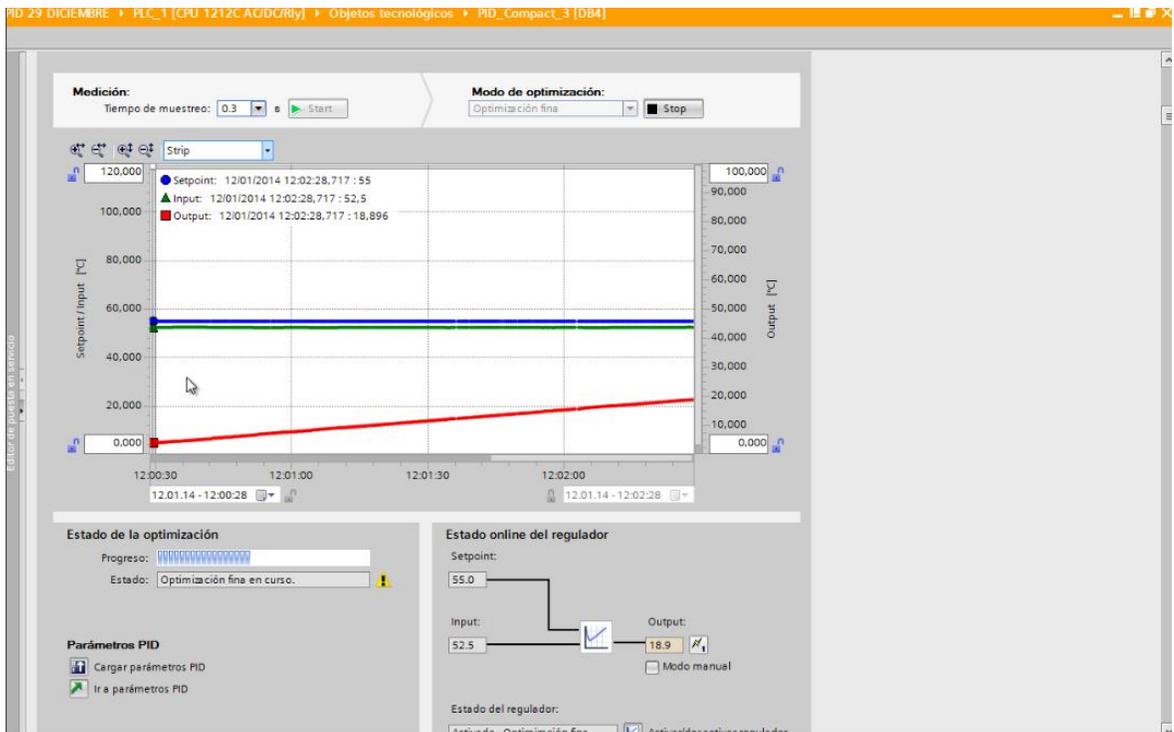


Fig. VI 72 Optimización del PID

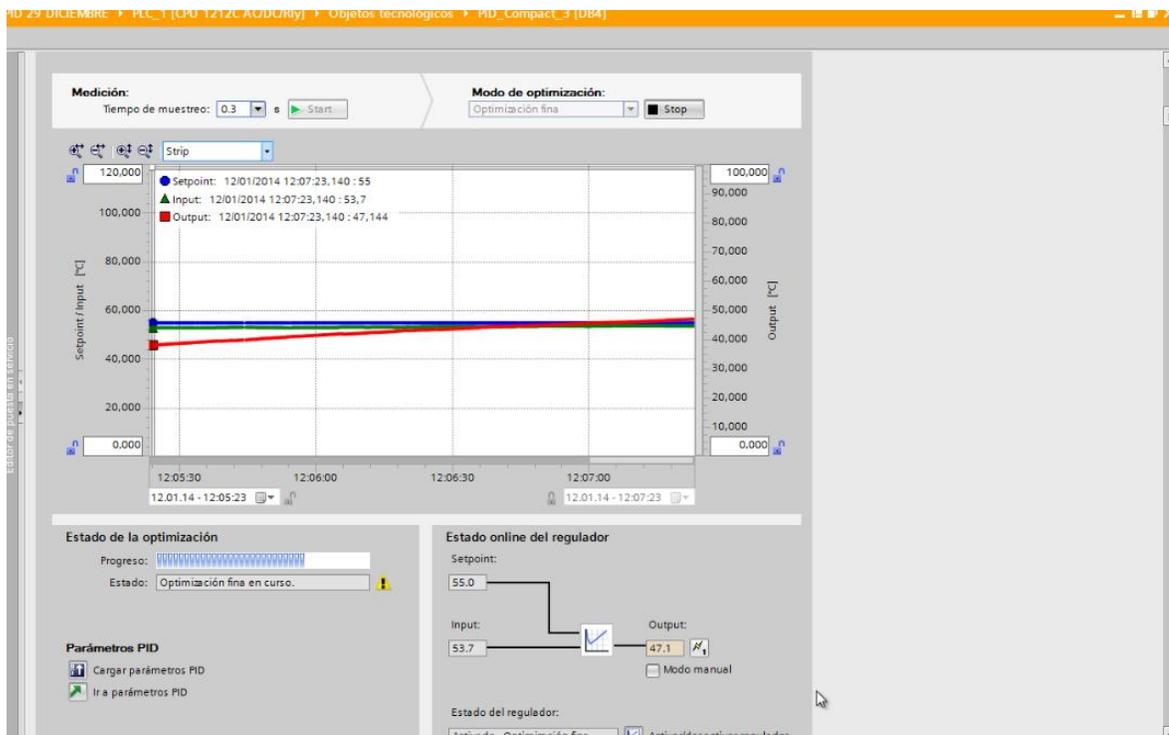


Fig. VI 73 Ventana de Optimización Llegando al valor del Set Point 55°C

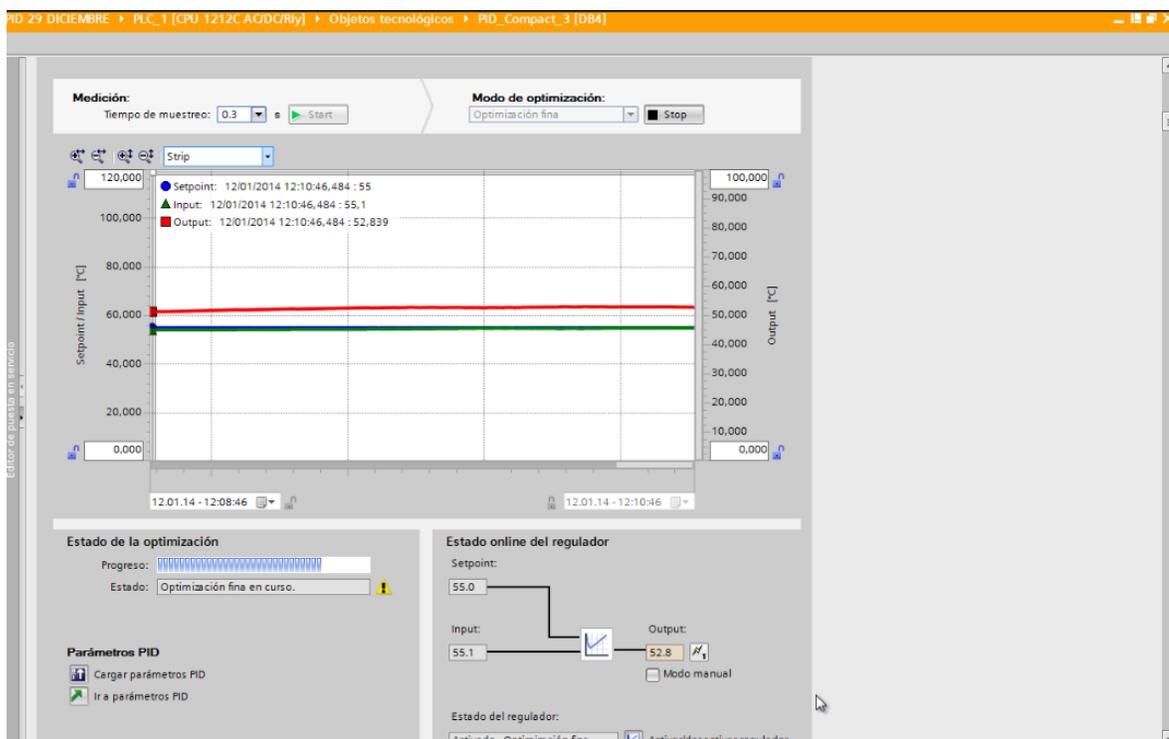


Fig. VI 74 Ventana de Optimización Final Del Bloque PID 55°C

6.12.- PRACTICA Nº. 3

6.12.1.- AJUSTE FINO DENTRO DEL BLOQUE PID CON UN VALOR DE 65°C DE SET POINT DENTRO DEL PROGRAMA (TIA PORTAL) V11.

Detallamos brevemente las secuencias del bloque PID hasta ajustar el valor de Set Point de 65°C.

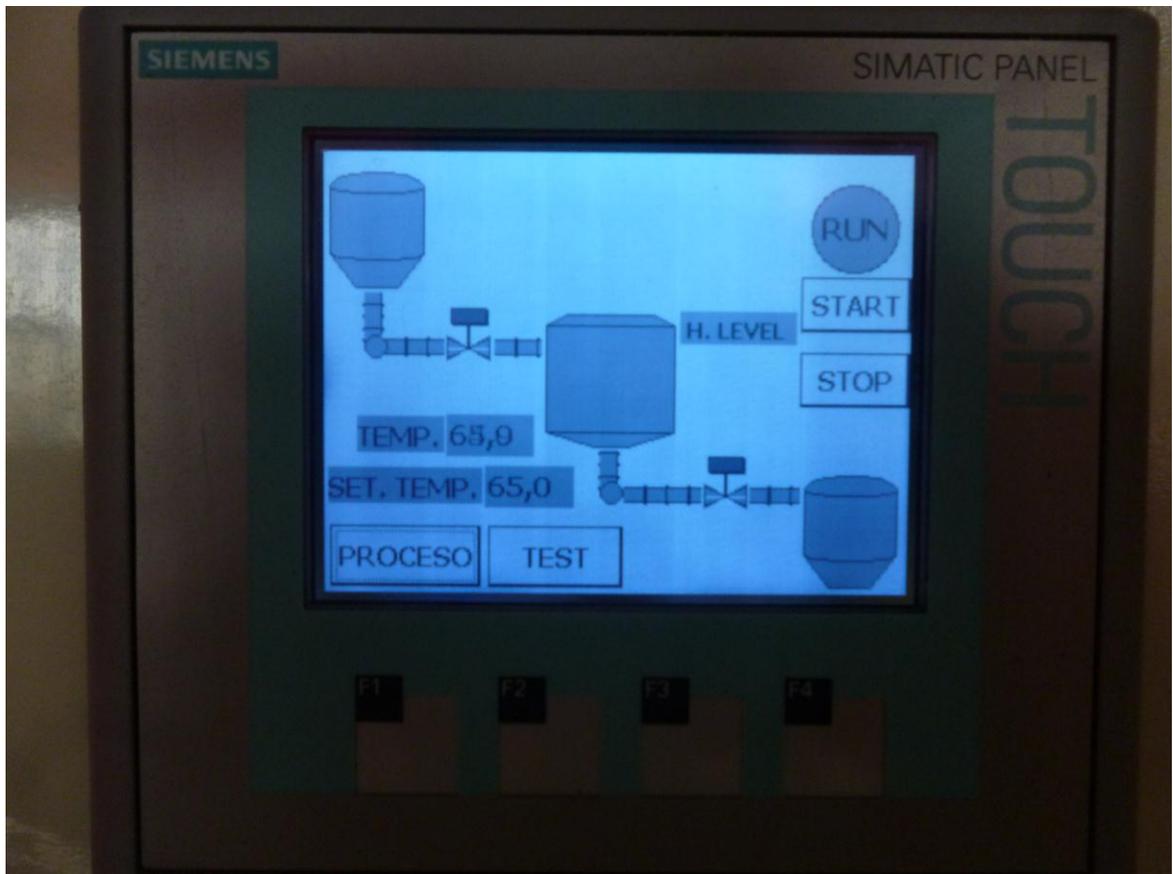


Fig. VI 75 Ventana de Set Point 65°C

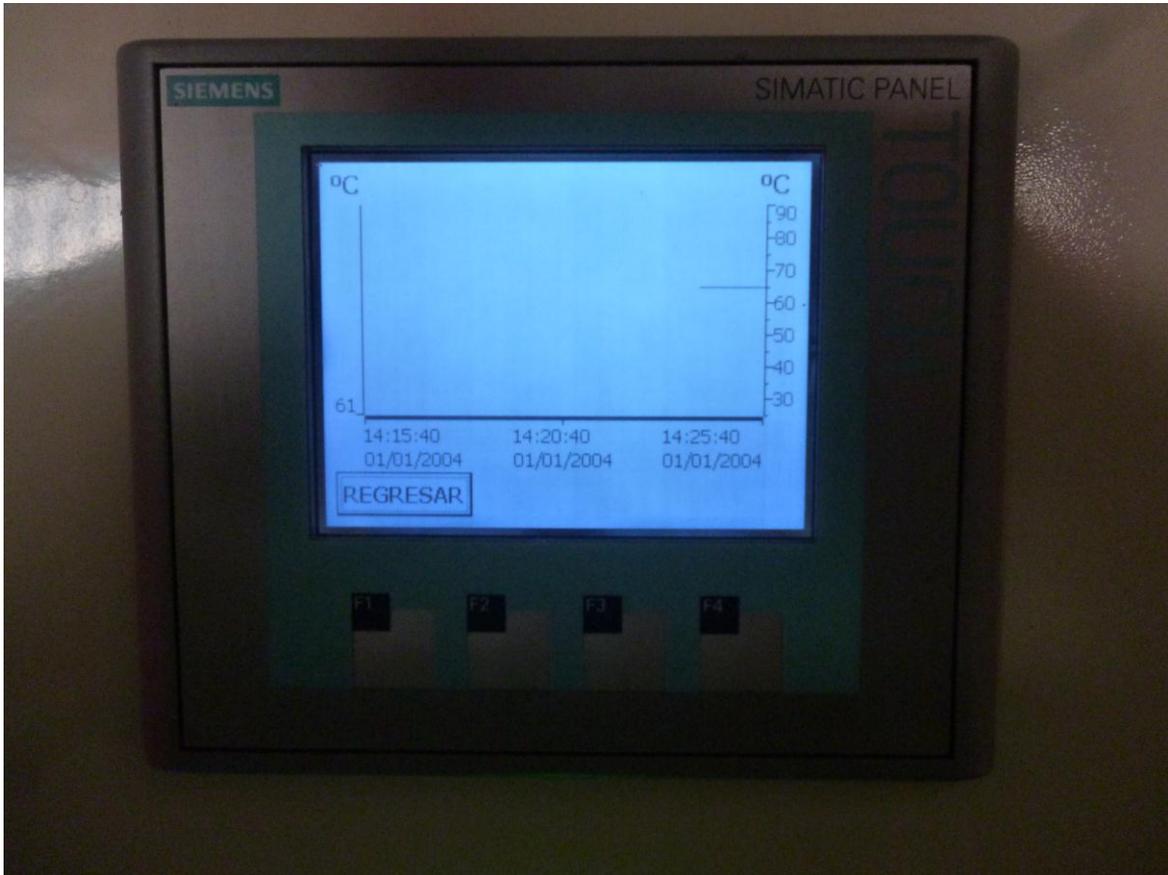


Fig. VI 76 Ventana de Grafica de la variable de Set Point 65°C



Fig. VI 77 Ventana de Ajuste y Optimización del Bloque PID (Optimizando a 65°C)

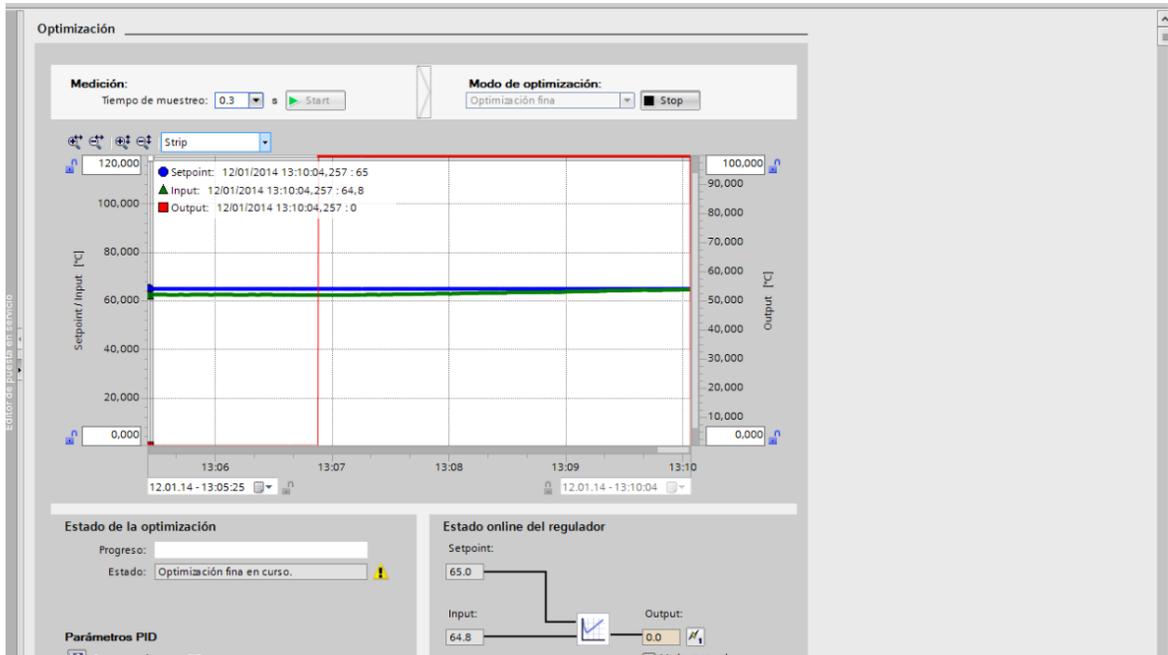


Fig. VI 78 Ventana de Optimización llegando al valor del Set Point 65°C

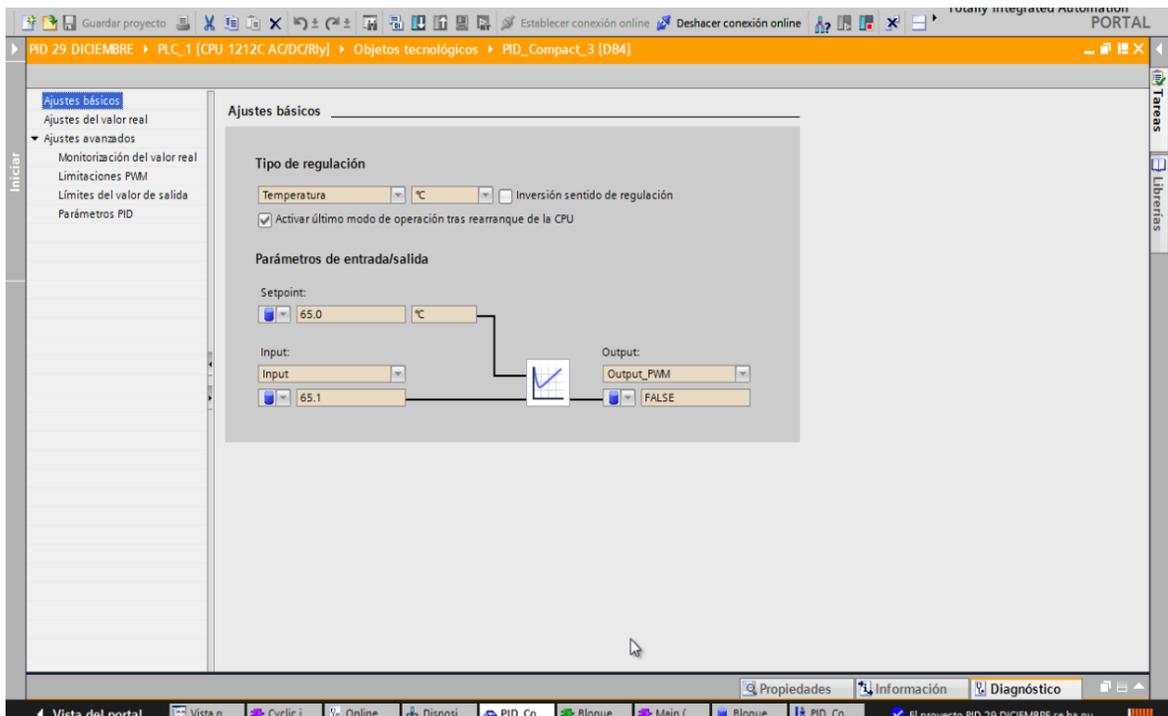


Fig. VI 79 Ventana de ajuste Básico del Bloque PID

CONCLUSIONES

El modulo didáctico proporciona una oportunidad de medir los conocimientos adquiridos en los estudios formales universitarios de la carrera de Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo de la Facultad Técnica para el Desarrollo que pertenece a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil en comparación con la realidad de una industria en un ambiente formal, este modulo servirá para que el estudiante se enfrente con problemas y dudas que se dan ya en al ambiente laboral y demás exigencias.

Este modulo didáctico abrirá espacio para que el estudiante reconozca procesos de temperatura usando lazo PID.

Este proyecto ayudara a los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera dentro de la Universidad para las materias de control de proceso y automatismos.

RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda que el Controlador Didáctico sea utilizado por personal que tenga conocimiento de programación de PLC, caso contrario podría sufrir averías por manipulación inadecuada.
- b) Dar un mantenimiento preventivo a este Controlador Didáctico semestralmente y realizar prácticas; debe ser realizado por personal capacitado.
- c) Las practicas “variables de temperatura” realizadas en este controlador didáctico, siempre debe realizarse en presencia de un instructor especializado en programación de PLC.
- d) El traslado del controlador didáctico de un lugar a otro debe de realizarse tomando en cuenta todas las precauciones del caso, pero no rayar, y que sufran movimientos bruscos los elementos instalados en especial la pantalla HMI que está instalada externamente.

Bibliografía

ArmestoQuirola, J. I. (2007 - 2008). *Universidad de Vigo Instalacion de Sistemas de autoamatación y Datos*. Recuperado el Noviembre de 2013, de Universidad de Vigo Instalacion de Sistemas de autoamatación y Datos.:
http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1567/ISAD_Tema6.pdf

Delgado Casado, J. M., & Pecellín Campos, D. (2012 - 2013). INTRODUCCIÓN A LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES. *Automatas Programables* .

Instrumentación, A. C. (s.f.). *Arian Control y Instrumentación*. Recuperado el Noviembre de 2013, de Arian Control y Instrumentación: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

Molina, F. J. (10 de OCTUBRE de 2013). *Info Plc*. Recuperado el 10 de Octubre de 2013, de Info Plc :
http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_Redес_Industrial es.pdf

Oviedo, U. d. (Enero de 2007). *Ethernet Industrial*. Recuperado el 1-2 de Diciembre de 2013, de Ethernet Industrial: http://isa.uniovi.es/~sirgo/doctorado/ethernet_industrial.pdf

Profinet, S. (5 de Octubre de 2013). *Siemens Profinet*. Recuperado el 5-6 de Noviembre de 2013, de Siemens Profinet:
https://support.automation.siemens.com/CN/llisapi.dll/csfetch/49948856/profinet_v12_function_manual_es-ES_es-ES.pdf?func=cslib.csFetch&nodeid=51549491&forcedownload=true

Siemens. (10 de Noviembre de 2013). *Siemens*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2013, de Siemens:

<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/s71200/Pages/S71200.aspx>

Siemens. (10 de Noviembre de 2013). *Siemens*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2013, de Siemens :

<https://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=es&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&objid=37432971&treeLang=es>

Termokew. (s.f.). *Termokew S.A.* Recuperado el Noviembre de 2013, de Termokew S.A:
<http://www.termokew.mx/termopares.php>

Villajulca, J. C. (03 de Septiembre de 2012). *Instrumentación y control.net Control PID*. Recuperado el 04 de Noviembre de 2013, de Instrumentación y control.net Control PID:
<http://instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-control-pid-practico.html>

Villajulca, J. C. (30 de Marzo de 2011). *Instrumentacion y control.net*. Recuperado el Noviembre de 2013, de Instrumentacion y control.net:
<http://instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-control-pid-practico/item/363-fundamentos-del-control-realimentado-una-visi%C3%B3n-pr%C3%A1ctica.html#sthash.twGnM5qp.dpuf>

Villajulca, J. C. (10 de Mayo de 2011). *Instrumentación y control.net*. Recuperado el Noviembre de 2013, de Instrumentación y control.net:
<http://instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-control-pid-practico/item/375-control-pid-en-graficos-como-responde-el-controlador-ante-determinados-estimulos??.html#sthash.vyfHK6BK.dpuf>

Villajulca, J. C. (10 de Mayo de 2011). *Instrumentación y control.net*. Recuperado el Noviembre de 2013, de Instrumentación y control.net:
<http://instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-control-pid->

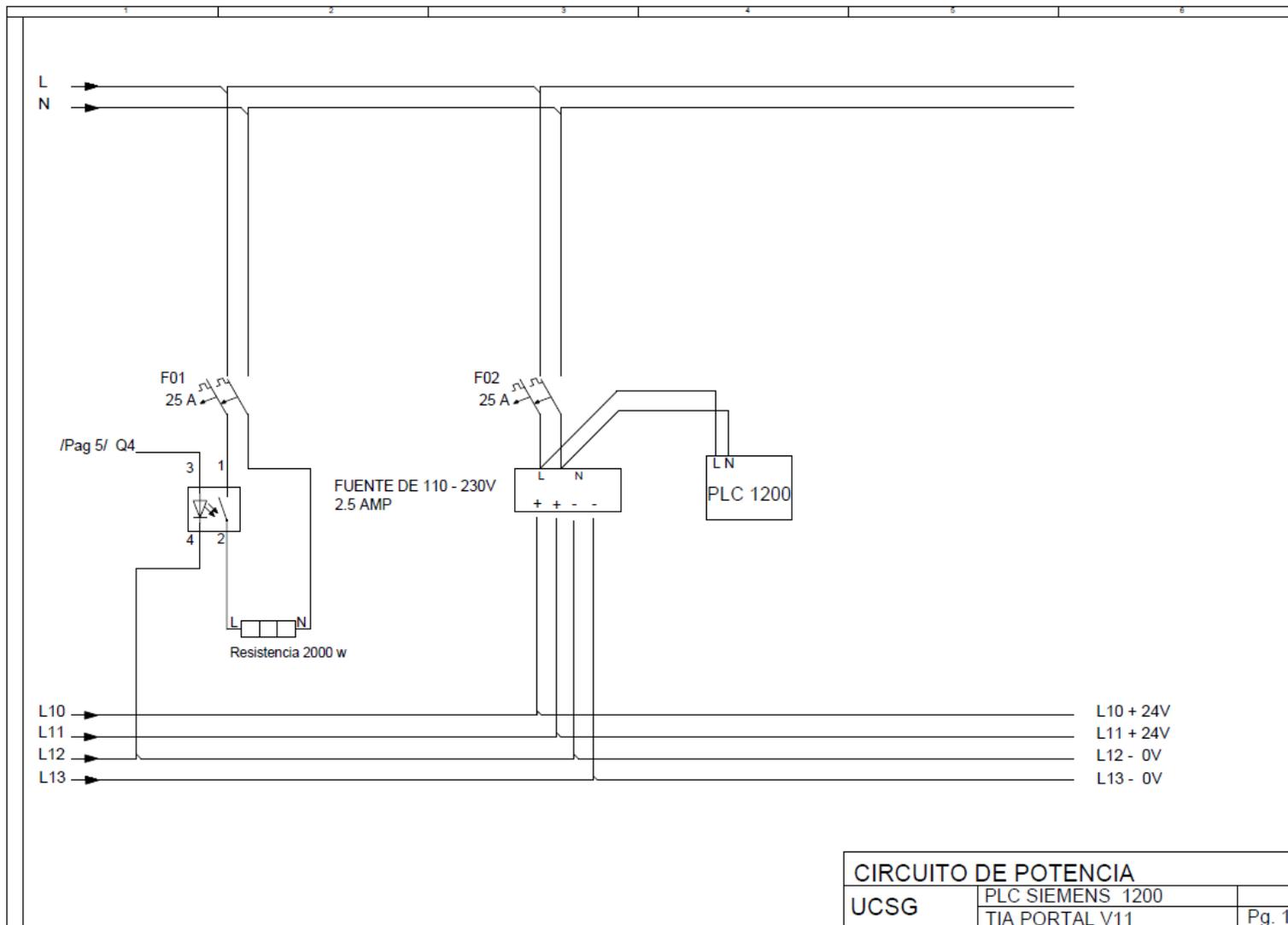
practico/item/375-control-pid-en-graficos-como-responde-el-controlador-ante-determinados-estimulos??.html#sthash.vyfHK6BK.dpuf

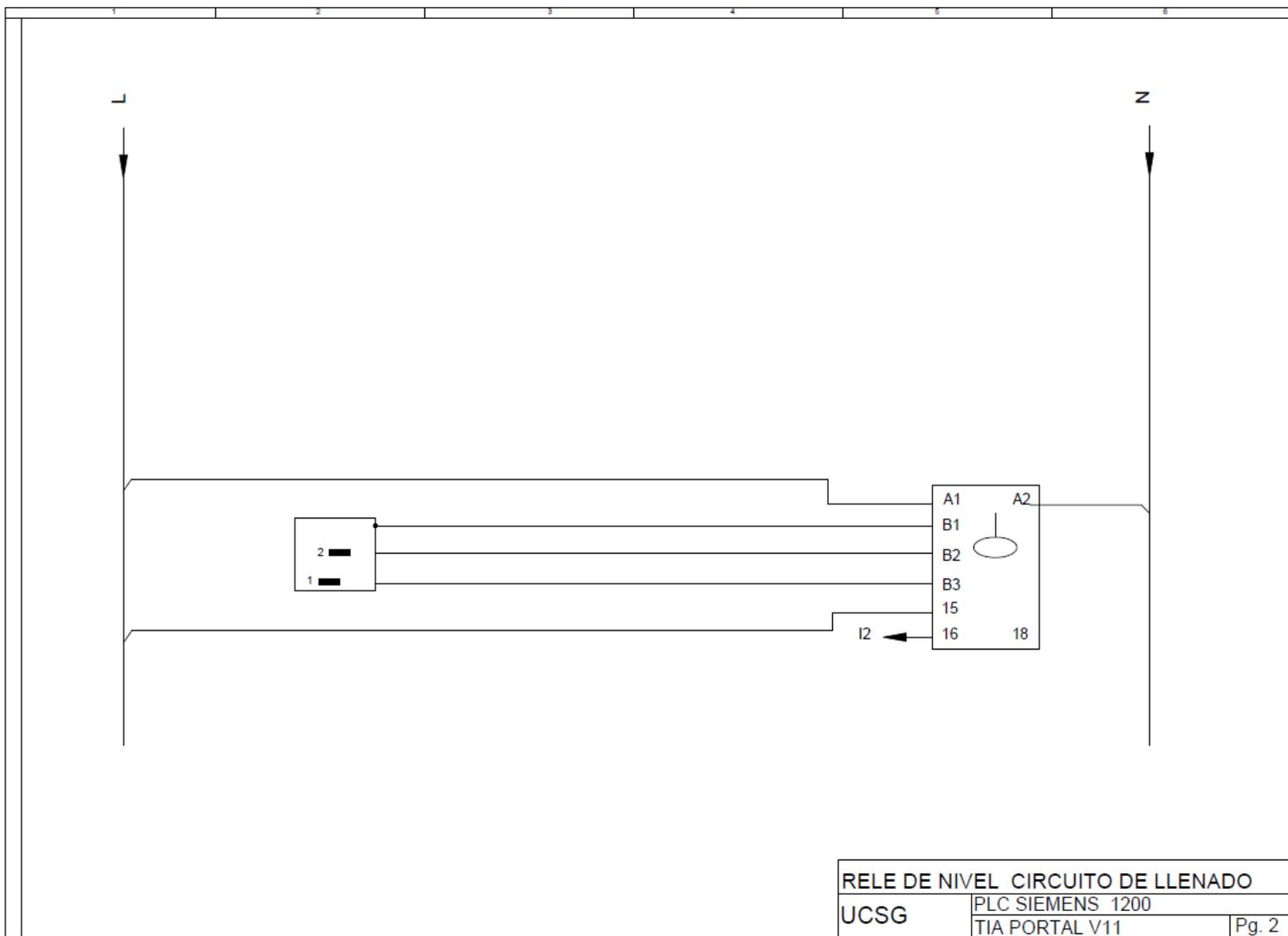
Villajulca, J. C. (13 de Abril de 2011). *Instrumentación y control.net*. Recuperado el Noviembre de 2013, de Instrumentación y control.net:
<http://instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-control-pid-practico/item/369-resumen-p-i-d-lo-justo-y-necesario-que-debes-saber-y-que-nunca-entendiste.html#sthash.5FRGB7u1.dpuf>

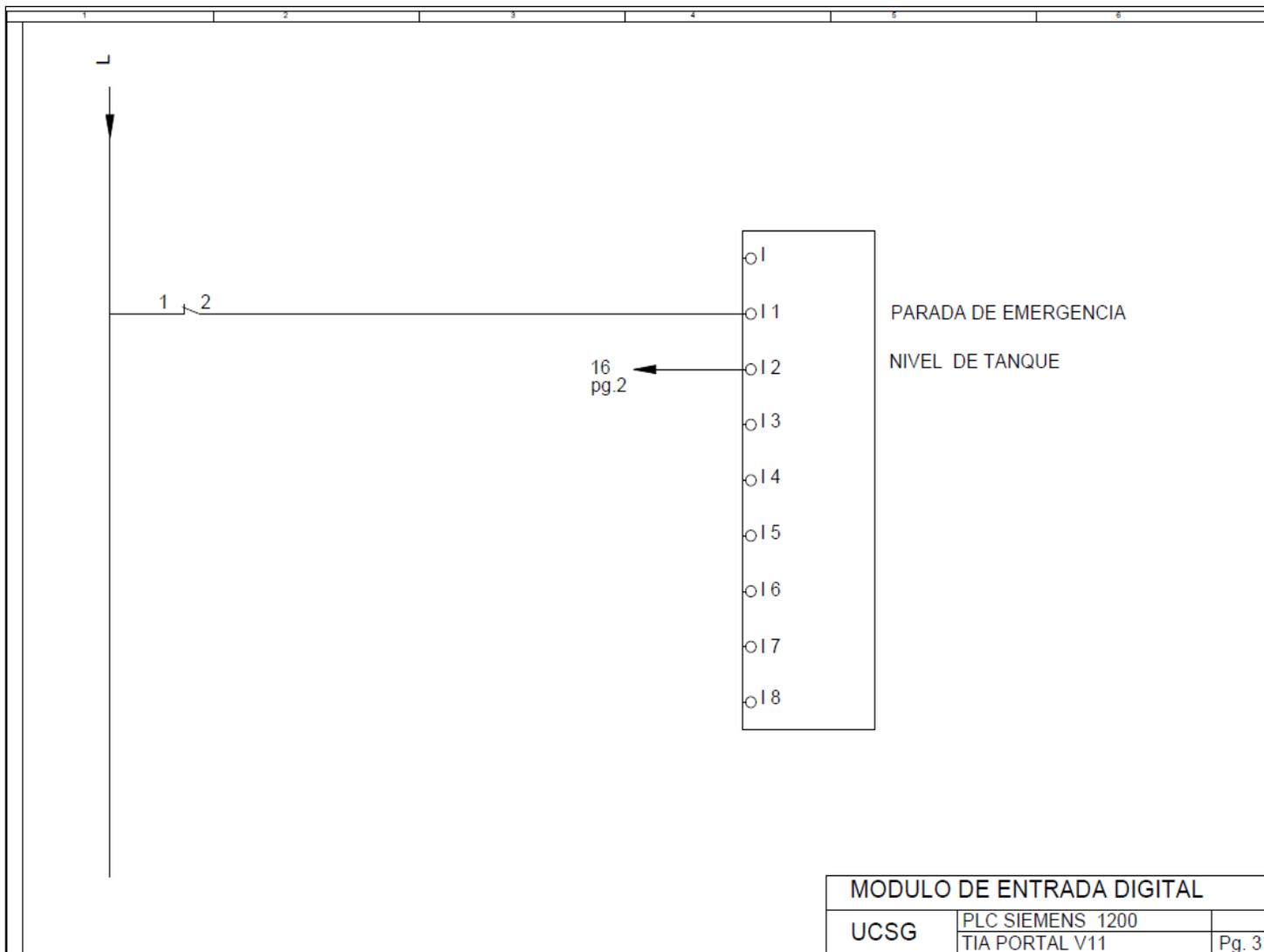
Villajulca, J. C. (01 de Mayo de 2011). *Instrumentaciónycontrol.net*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2013, de Instrumentaciónycontrol.net:
<http://www.instrumentacionycontrol.net>

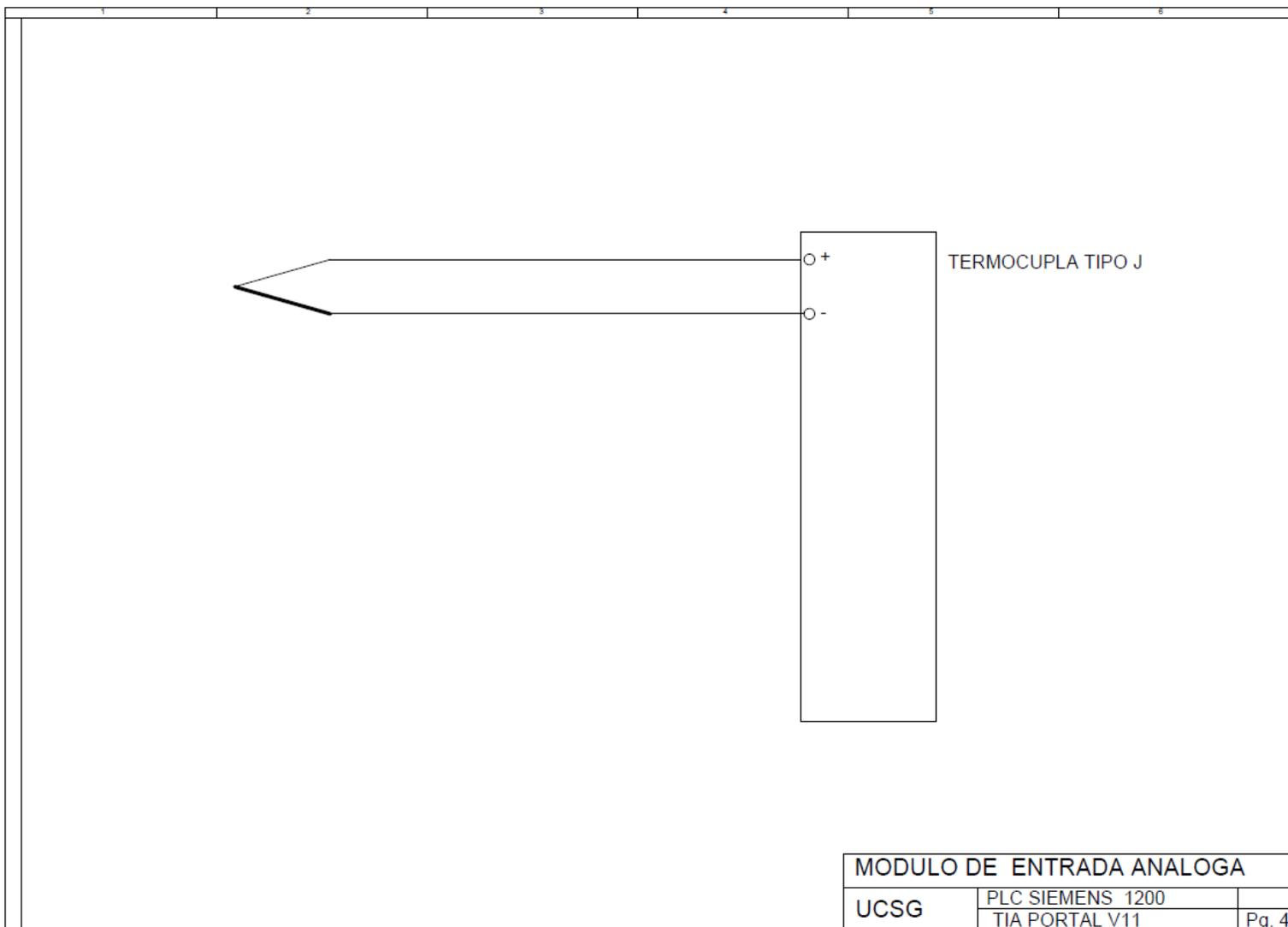
ANEKOS

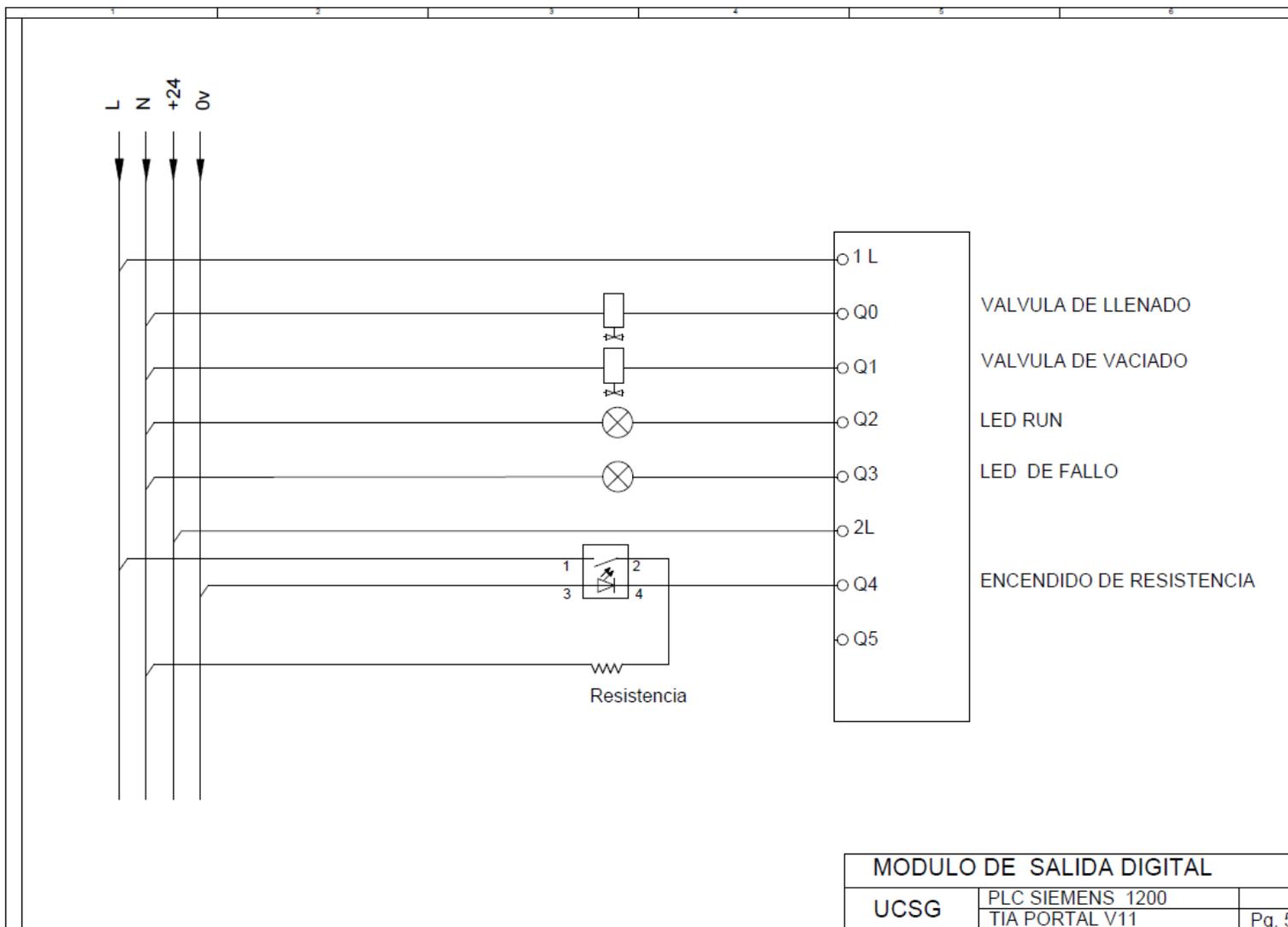
DIAGRAMAS ELECTRICOS DEL PROYECTO

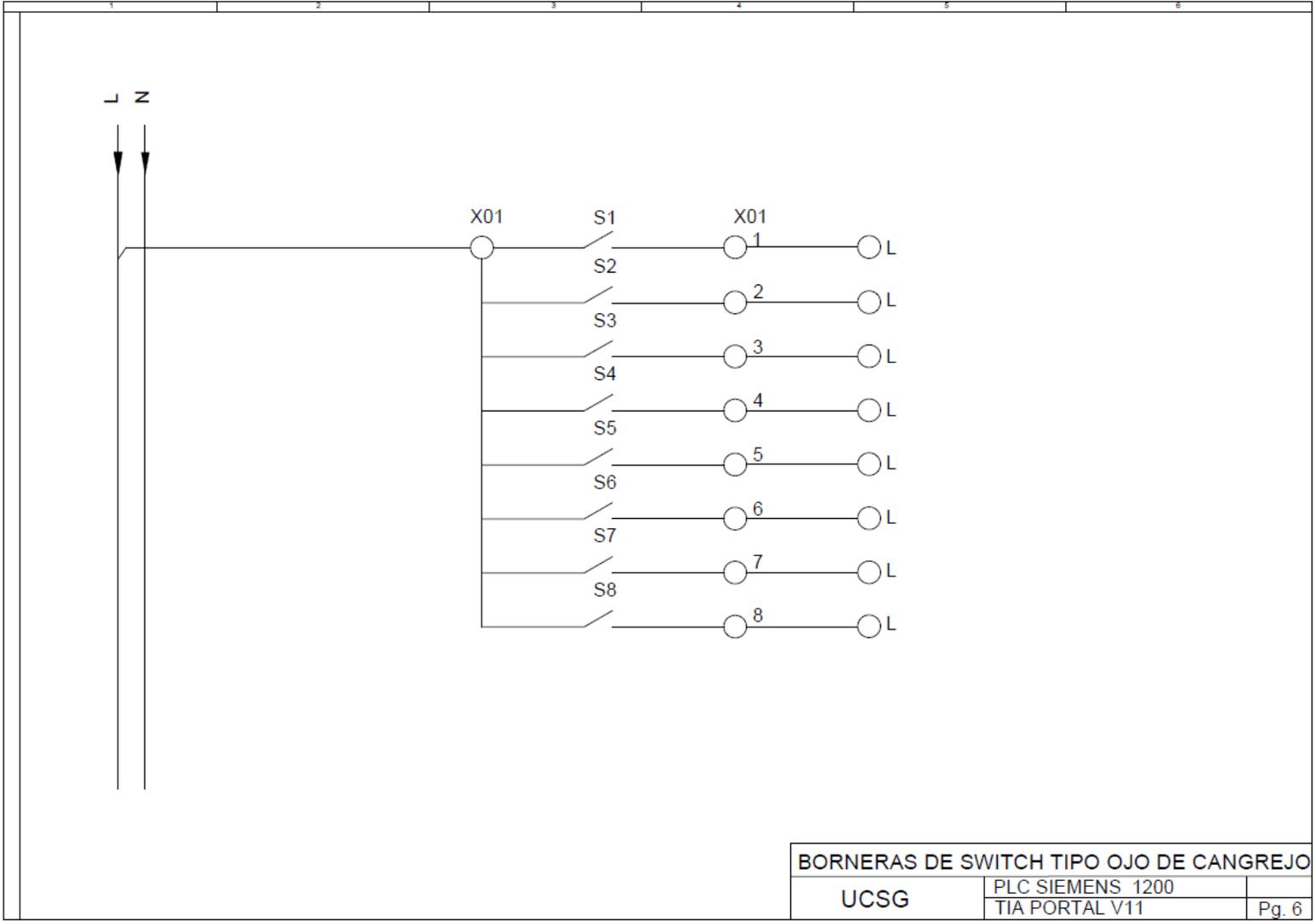


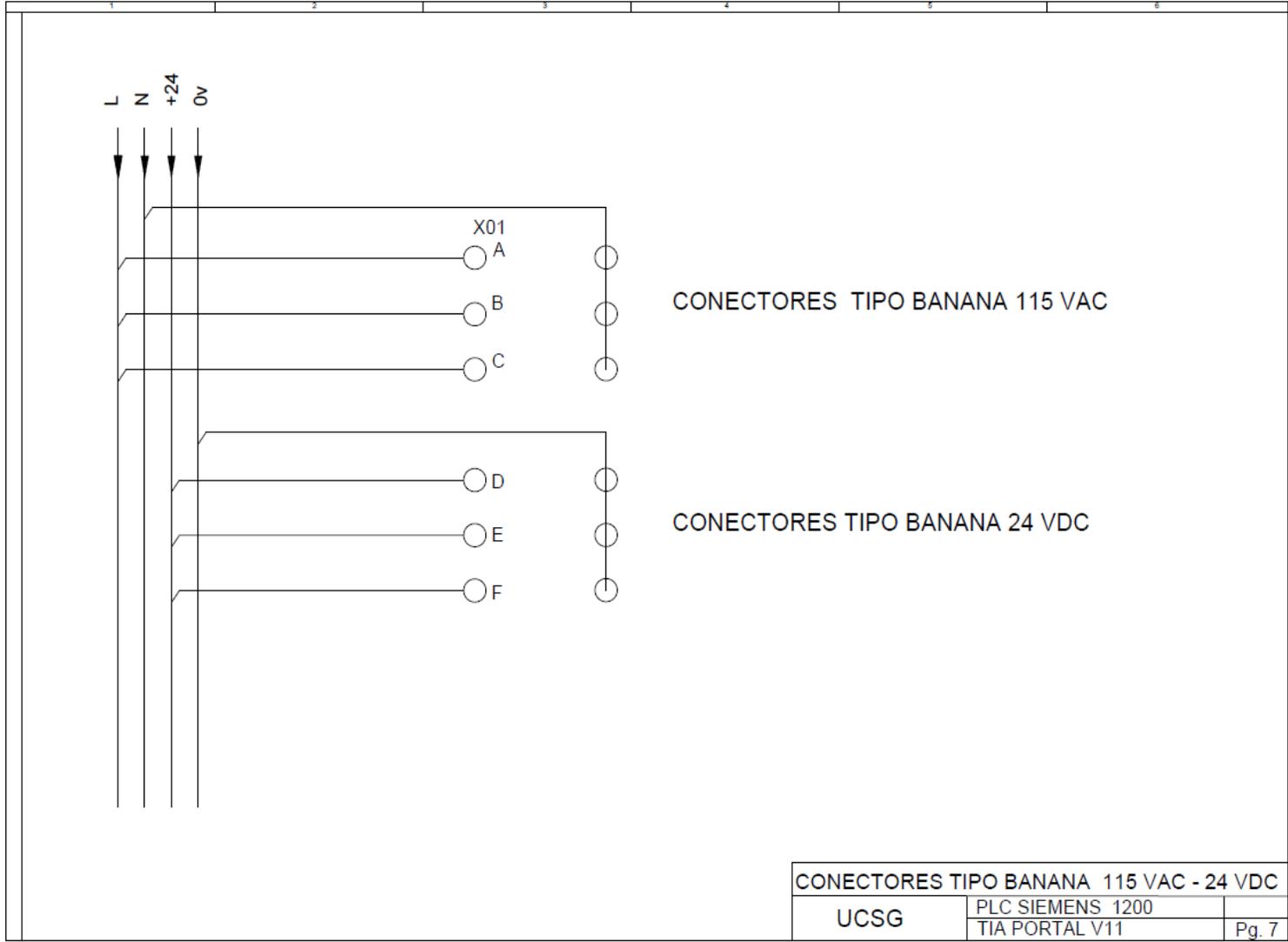












FOTOS PROYECTO

