



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“REDISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN DE LA PLANTA GUNT RT 450 DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL DE LA FIEC, MEDIANTE EL USO DE UN PLC SIEMENS S7-1200, LABVIEW Y OPC”

INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentado por:

Alberto Andrés León Batallas

Carlos Aníbal Molina Muñoz

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

A Dios

A nuestras familias.

A todas las personas que contribuyeron en la realización de este trabajo y al personal docente por brindarnos la oportunidad de adquirir conocimientos y formarnos profesionalmente.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fortaleza y llenarme de bendiciones.

A mis padres Jorge y Mirtha, por el amor y el sacrificio de formarme como una persona de bien, son mi inspiración y ejemplo a seguir.

A mis hermanos Jorge y Michelle por brindarme su cariño y apoyo incondicional.

A mi enamorada Milly por su amor y comprensión en todo momento.

Alberto León Batallas.

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en cada momento de mi vida.

A mi mamá Isabel, por su amor y apoyo incondicional.

A Carolina y Fernando por la ayuda que me han brindado.

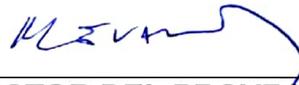
Carlos Molina Muñoz.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



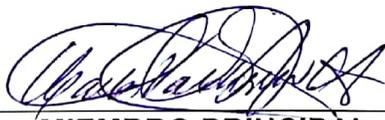
PRESIDENTE

Dr. Sixto García



**DIRECTOR DEL PROYECTO
DE GRADUACIÓN**

Máster Holger Cevallos



MIEMBRO PRINCIPAL

Msc. Carlos Valdivieso

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Informe nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Alberto Andrés León Batallas



Carlos Aníbal Molina Muñoz

RESUMEN

El proyecto comprende el rediseño de hardware y software del sistema de control de presión de la planta GUNT RT 450 del Laboratorio de Instrumentación Industrial de la FIEC.

Este proyecto se enfoca en la aplicación práctica de un sistema de control, por lo cual se implementó un PLC Siemens S7-1200, en el cual se encontrará el lazo de control de la planta; se dispone de modos de operación local y remota además de base de datos, monitoreo y control tanto manual como automático del sistema de presión.

El proceso se puede visualizar remotamente en una computadora por medio de una interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW con su herramienta DSC para generar el servidor de entradas y salidas; para la interacción entre el PLC y la computadora se utiliza el estándar de comunicación OPC, en la cual se configura el cliente y servidor respectivo y así se puede interactuar directamente con la planta de presión.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ABREVIATURAS	xvii
SIMBOLOGÍA	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.	1
1.1. Descripción del Problema.....	1
1.2. Solución Propuesta y Justificación de la Solución.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.4. Metodología	4
CAPÍTULO 2.....	6
REDISEÑO DE HARDWARE DE CONTROL.....	6
2.1. Análisis de requerimiento del Hardware para la elaboración de este proyecto.....	6
2.2. Diagrama y conexión del Hardware.....	10
CAPÍTULO 3.....	14
REDISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL Y MONITOREO.	14

3.1	Programación de PLC Siemens S7-1200.....	14
3.2	Programación servidor y cliente OPC.....	47
3.3	Programación de Interfaz Gráfica con LabVIEW.....	57
CAPÍTULO 4.....		69
PRUEBAS Y ANÁLISIS DE PRUEBAS.....		69
4.1	Diseño de Pruebas.....	69
4.2	Análisis de Pruebas.....	71
CAPÍTULO 5.....		78
OPERACIÓN DEL SISTEMA.....		78
5.1	Puesta en Marcha.....	78
5.2	Operación Autónoma.....	79
5.3	Operación Remota.....	82
CAPÍTULO 6.....		87
GUÍA DE PRÁCTICAS PARA IMPLEMENTACIÓN EN LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.....		87
6.1	Práctica#1: Configuración cliente/servidor - OPC – S7-1200.....	87
6.2	Práctica#2: Operación de Planta.....	105
6.3	Práctica#3: Registro de Datos Históricos del Sistema.....	114
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		120
BIBLIOGRAFÍA.....		123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Válvula proporcional.	7
Figura 2.2	Sensor de Presión.	8
Figura 2.3	Módulo de regulación de presión.....	9
Figura 2.4	S7-1200 1212C AC/DC/RLY y módulo SM 1234.....	10
Figura 2.5	Diagrama P&ID.....	11
Figura 2.6	Conexión de las Entradas del módulo PLC	12
Figura 2.7	Conexión de las Salidas del módulo PLC.....	12
Figura 2.8	Conexión de las Entradas del módulo Analógico del PLC..	13
Figura 2.9	Conexión de las Salidas del módulo Analógico del PLC. ...	13
Figura 3.1	Primera Parte del Segmento 1 del bloque Programa Principal: Activación del sistema.....	17
Figura 3.2	Segunda Parte del Segmento 1 del bloque Programa Principal: Elección del modo de control.	18
Figura 3.3	Tercera Parte del Segmento 1 del bloque Programa Principal: No control - Validación de control local.	19
Figura 3.4	Segmento 2 del bloque Programa Principal: Lectura del sensor de presión.	20
Figura 3.5	Segmento 3 del bloque Programa Principal: Señal a la válvula proporcional.	21

Figura 3.6	Segmento 4 del bloque Programa Principal: Valores iniciales y Transición.	22
Figura 3.7	Segmento 5 del bloque Programa Principal: Modo automático - control SCADA.	23
Figura 3.8	Segmento 6 del bloque Programa Principal: Modo manual - control SCADA.	23
Figura 3.9	Segmento 7 del bloque Programa Principal: Indicador de variable en modo automático.	24
Figura 3.10	Segmento 8 del bloque Programa Principal: Indicador de variable en modo.	25
Figura 3.11	Segmento 9 del bloque Programa Principal: Protección.	25
Figura 3.12	Segmento 10 del bloque Programa Principal: Alarmas.	26
Figura 3.13	Primera parte del bloque PID.	27
Figura 3.14	Segunda parte del Bloque PID.	28
Figura 3.16	Modelo en simulink con ecuación 4.2.	32
Figura 3.17	Gráfico ecuación 3.2 comparado con planta real.	32
Figura 3.18	Modelo en simulink con ecuación 3.3.	33
Figura 3.19	Gráfico ecuación 3.3 comparado con planta real.	34
Figura 3.20	Modelo de la planta en lazo cerrado.	36
Figura 3.21	Respuesta del sistema utilizando Auto sintonizado de TIA Portal.	40

Figura 3.22	Constantes sugeridas por el fabricante y ajuste en la ponderación P.....	41
Figura 3.23	Respuesta del sistema utilizando valores sugeridos por el fabricante y ajuste en la ponderación P.	42
Figura 3.24	Segmento 1 del bloque Operación Local: Conexión local. .	43
Figura 3.25	Primera parte del Segmento 2 del bloque Operación Local: Modo automático – Operación Local.	44
Figura 3.26	Segunda parte del Segmento 2 del bloque Operación Local: Modo automático – Operación Local.	45
Figura 3.27	Primera parte del Segmento 3 del bloque Operación Local: Modo manual – Operación Local.	46
Figura 3.28	Segunda parte del Segmento 3 del bloque Operación Local: Modo manual – Operación Local.	47
Figura 3.29	Configuración del canal del Comunicación.....	48
Figura 3.30	Configuración del canal del Dispositivo.	50
Figura 3.31	Etiqueta Estática.....	52
Figura 3.32	Etiquetas de variables a Utilizar.....	54
Figura 3.33	Configuración del cliente OPC.....	55
Figura 3.34	Propiedades de las variables compartidas.	56
Figura 3.35	Variables compartidas en LabVIEW.	57
Figura 3.36	Configuración Access Mode.	58
Figura 3.37	Diagrama de Bloques.	59

Figura 3.38	Conversión de unidades y representación grafica del control.	60
Figura 3.39	Bloque para visualización de alarmas y eventos.	60
Figura 3.40	Configuración de alarma de variable booleana.....	61
Figura 3.41	Configuración de alarmas de variable analógica.	62
Figura 3.42	Envío de variables hacia la tabla de datos.	63
Figura 3.43	Envío de alarmas hacia la tabla de datos.	64
Figura 3.44	Envío de eventos hacia la tabla de datos.	64
Figura 3.45	Arreglo de datos enviados hacia la tabla.	65
Figura 3.46	Bloque de captura de Gráfica.	66
Figura 3.47	Segmento de envío de datos al reporte en Excel.	66
Figura 3.48	Salir de LabVIEW.	68
Figura 4.1	OPC Quick Client mostrando una buena comunicación.	71
Figura 4.2	Escritura de nuevo valor en una variable ya configurada. ..	72
Figura 4.3	Valor de variable Marcha_LB modificado.	73
Figura 4.4	Valor de presión mostrado en SCADA.	74
Figura 4.5	Respuesta del sistema ante control manual.	75
Figura 4.6	Respuesta del sistema ante control automático.	76
Figura 4.7	Test de vinculación satisfactorio.	76
Figura 4.8	Test de conexión satisfactorio.	77
Figura 5.1	Panel Frontal con pestañas Modo Manual y Gráfica Tiempo Real	83

Figura 5.2	Panel Frontal con pestañas Modo Automático y Reporte...	83
Figura 5.3	Iniciar cesión.....	85
Figura 5.4	Botón Generar Reporte visible.....	86
Figura 5.5	Reporte en Excel.	86
Figura 6.1	Añadir Canal.....	88
Figura 6.2	Nombre del canal.....	89
Figura 6.3	Tipo de PLC.....	89
Figura 6.4	Interfaz de Red.	90
Figura 6.5	Optimizaciones.	91
Figura 6.6	Resumen de configuración del canal.....	91
Figura 6.7	Añadir Dispositivo.....	92
Figura 6.8	Nombre del Dispositivo.....	93
Figura 6.9	Modelo del PLC.....	93
Figura 6.10	Dirección del dispositivo.	94
Figura 6.11	Parámetros de tiempo de comunicación.....	95
Figura 6.12	Auto Demotion.....	96
Figura 6.13	Puerto de comunicación.	96
Figura 6.14	Parámetros de Comunicación.....	97
Figura 6.15	Resumen de configuración del dispositivo.....	98
Figura 6.16	Etiqueta estática.	99
Figura 6.17	Etiqueta de variables.	100
Figura 6.18	Comprobación con Quick OPC Client.....	101

Figura 6.19	Configuración del cliente OPC.....	102
Figura 6.20	OPC Client.....	102
Figura 6.21	Configuración OPC Client.....	103
Figura 6.22	Propiedades de variables compartidas.....	104
Figura 6.23	Variables compartidas en LabVIEW.	104
Figura 6.24	Marcha y Paro remoto.	109
Figura 6.25	Modo de Operación.	109
Figura 6.26	Modo de Control.	110
Figura 6.27	Indicadores y Waveform Chart.	111
Figura 6.28	Tabla de control.....	111
Figura 6.29	Iniciar cesión.....	112
Figura 6.30	Botón Generar Reporte visible.....	113
Figura 6.31	Reporte en Excel.....	113
Figura 6.32	Propiedades de la librería.	115
Figura 6.33	Configuración Base de datos.....	116
Figura 6.34	Selección de base de datos de Access.	117
Figura 6.35	Confirmación de vinculación.....	117
Figura 6.36	Prueba de Conexión.	118
Figura 6.37	Tabla de gestión.	118
Figura 6.38	Configuración de variable para ingresar a la base de datos.	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Componentes de la Planta de Presión RT450.....	11
Tabla 3.1	Entradas Digitales.....	15
Tabla 3.2	Salidas Digitales.	15
Tabla 3.3	Entradas Analógicas.....	15
Tabla 3.4	Entradas Salidas.....	16
Tabla 3.5	Variables Auxiliares.	16
Tabla 3.6	Método Ziegler – Nichols.	34
Tabla 3.7	Método Cohen – Coon.....	35
Tabla 3.8	Método Lambda.....	35
Tabla 3.9	Constantes halladas método Ziegler – Nichols.....	35
Tabla 3.10	Constantes halladas método Cohen - Coon.	36
Tabla 3.11	Constantes halladas método Lambda.	36
Tabla 3.12	Constantes halladas con PID tuner.	37
Tabla 3.13	Constantes sugeridas por el fabricante de la planta.....	37
Tabla 3.14	Resultados obtenidos de los diferentes métodos de control...	38

ABREVIATURAS

ABB	Asea Brown Boveri
DSC	Datalogging and Supervisory Control
IP	Internet Protocol
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench
MATLAB	Matrix Laboratory
P&ID	Piping and Instrumentations Diagrams
PC	Personal Computer
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLC	Programmable Logic Controller
OLE	Object Linking Embedding
OPC	OLE for Process Control
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
TIA	Totally Integrated Automation
TSAP	Transport Service Acces Point
VI	Virtual Instrument

SIMBOLOGÍA

Kp	Ganancia del sistema
L	Retardo
ms	Mili-segundos
mA	Mili-amperios
Psi	Pound per Square Inch
Td	Constante derivativa
Ti	Constante integral
τ	Constante de tiempo

INTRODUCCIÓN

Este proyecto está encaminado para aportar al desarrollo académico del Laboratorio de Instrumentación Industrial de la FIEC, enfocándose en el monitoreo y adquisición de señales analógicas y digitales, para el control de la variable de proceso en la Planta de Presión RT 450.

La planta será controlada por un PLC Siemens S7-1200, el cual adquiere y procesa los datos, y muestra el accionar de la planta en una interfaz gráfica hecha en LabVIEW, la comunicación entre el PLC y LabVIEW se da por conectividad OPC.

La finalidad es aportar con guías para el Laboratorio de Instrumentación Industrial y así los estudiantes a futuro elaboren las prácticas, y desarrollen sus destrezas en el área de la instrumentación industrial.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.

1.1. Descripción del Problema.

Al momento, la planta de presión RT 450 cuenta con un controlador industrial Digitric 500 de ABB y un PLC Moeller para encargarse del control de presión; el PLC Moeller presenta el inconveniente de ser de escasa utilización en nuestra industria, por lo que pretendemos dar la alternativa de control PID mediante un PLC Siemens S7-1200 y software TIA Portal para su programación.

Utilizando el controlador Digitric 500 necesitamos acercarnos a la planta para cambiar parámetros tanto en modo manual, apertura de válvula, como en modo automático para modificar el set-point por lo que se pretende dar la posibilidad de hacer un sistema de control

remoto, para lo que se va a utilizar una interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW.

Debido a que al querer comunicar dispositivos entre sí, no siempre se tiene compatibilidad entre sus protocolos, se va a utilizar el estándar OPC para la comunicación entre el PLC y la interfaz de usuario (en un computador).

Lo que se pretende hacer con este proyecto es lo siguiente:

- Reemplazar el PLC Moeller por uno más utilizado en nuestra industria como es el Siemens S7-1200 y con éste realizar los respectivos experimentos en la planta de Presión.
- Crear un sistema que permita controlar remotamente la planta con una interfaz basada en LabVIEW para monitoreo y operación de la planta de presión, tanto en modo manual y automático.
- Hacer uso del estándar de comunicación OPC para hacer la comunicación entre el PLC Siemens S7-1200 y la interfaz gráfica.

1.2. Solución Propuesta y Justificación de la Solución.

Debido a la realidad de la industria de nuestro país, se hace necesario renovar el PLC actual en la planta de Presión RT 450 por uno más utilizado a nivel local, además de implementar su programación con el software TIA Portal que es el más reciente de Siemens.

La solución planteada es la siguiente:

- Implementaremos una medida alternativa para hacer un sistema SCADA utilizando y a la vez dejando ver la utilidad de LabVIEW en estas aplicaciones, con lo cual los estudiantes de Laboratorio de Instrumentación Industrial podrán desarrollar sistemas de monitoreo y control con un software alternativo al que se imparte en otros cursos.
- En este proyecto se comunicarán PLC e interfaz gráfica de usuario mediante el estándar OPC y el estándar de red Ethernet siendo este muy popular a nivel industrial; con esto ampliaremos las prácticas y contenidos que se abarcan en el Laboratorio de Instrumentación Industrial acercándolo un poco más a la realidad de la industria local.

1.3 Objetivos

- Aplicar conocimientos de instrumentación y control industrial.
- Realizar un sistema de control y monitoreo alternativo para la planta de Presión GUNT RT 450 del laboratorio de Instrumentación Industrial.
- Desarrollar una interfaz gráfica que permita el monitoreo y adquisición de datos de la planta desde un PC utilizando la plataforma LabVIEW.
- Elaborar un conjunto de prácticas de laboratorio que detallen los procedimientos para realizar los experimentos dirigidos a la planta de presión GUNT RT 450
- Implementar el control de lazo cerrado PID de la planta de Presión RT 450 con el PLC S7-1200 utilizando TIA Portal para su programación.

1.4 Metodología

Este proyecto de graduación busca crear un sistema de monitoreo y adquisición de datos de Presión en la Planta RT 450 utilizando para este fin un PLC Siemens S7-1200 que comunicándose por medio del estándar OPC con un sistema SCADA basado en LabVIEW versión

2011, el cual nos va permitir controlar remotamente dicha planta para un control tanto manual como automático.

Los pasos que se van a seguir se detallan a continuación:

- Programación del control manual y automático en el PLC S7-1200 utilizando el software TIA Portal.
- Configuración del servidor OPC necesario para comunicar el PC con el PLC.
- Configuración del cliente OPC sobre la plataforma LabVIEW.
- Diseño de interfaz gráfica de usuario en LabVIEW para control y monitoreo de los parámetros de la planta de presión.
- Puesta en marcha del sistema, ajustes y modificación de diseño en caso de ser necesario.
- Almacenamiento y procesamiento de datos históricos para dar la posibilidad de analizar el comportamiento de la planta en el tiempo.
- Diseño de las prácticas de laboratorio, de tal manera que abarquen todo el proceso de desarrollo de este proyecto.

CAPÍTULO 2

REDISEÑO DE HARDWARE DE CONTROL.

2.1 Análisis de requerimiento del Hardware para la elaboración de este proyecto.

Para la elaboración del proyecto propuesto que se desarrolla en la Planta de Presión RT 450 es necesario el uso de diversos equipos como:

Válvula proporcional (RT450.20).

Funciona como un actuador que nos ayuda con el abastecimiento de aire a la planta, ya que permite el control del porcentaje del flujo de aire que pasa a los tanques, este dispositivo tiene un accionamiento electro-neumático con regulación de posición, trabaja con señales de corriente de 4 a 20 mA. Ver Figura 2.1.

Para el accionamiento del control de la regulación de posición, la válvula proporcional trabaja con una presión de hasta 2.5 bares, mientras para el abastecimiento se utilizara una presión máxima de 6 bares.

En ausencia de energía la válvula proporcional por seguridad permanece cerrada.

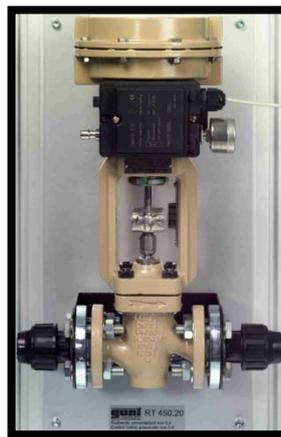


Figura 2.1 Válvula proporcional.

Sensor de presión (RT450.30).

Este dispositivo se encarga de medir la presión en la que se encuentra el sistema, el sensor es de tipo piezoeléctrico, mide de 0 a 6 bares y trabaja con señales de corriente de 4 a 20 mA.



Figura 2.2 Sensor de Presión.

Módulo de regulación de presión (RT450.03).

El modulo contiene dos tanques pulmón que almacenan el aire comprimido durante el proceso, estos tanques soportan una presión máxima de 10 bares, pero en este proyecto operaran con una presión de 5.5 bares para evitar daños en la válvula proporcional. Además cada tanque cuenta con un manómetro, una válvula de purga y una válvula de seguridad.

Entre los dos tanques hay una válvula manual que permite el paso del aire, y a la salida del sistema se encuentra otra válvula manual que cumple la función de ser la perturbación del sistema.



Figura 2.3 Módulo de regulación de presión.

Módulo de entradas y salidas digitales (RT450.42).

Dispone de seis pulsantes para utilizarse como entradas digitales y de seis luces piloto para utilizarse como indicadores de salidas digitales.

PLC Siemens S7-1200 1212C AC/DC/RLY con módulo SM 1234

La CPU 1212C fue elegida debido a que utilizamos ocho entradas digitales y seis salidas del mismo tipo. Esta CPU ofrece 1MB de memoria lo que es suficiente para albergar la programación para esta planta y su correspondiente lazo PID. La alimentación es de 110/220 VAC y sus entradas son a 24 VDC, esto se ajusta a nuestros

requerimientos debido a que la planta RT 450 dispone tanto de corriente alterna como continua.

Ya que utilizamos una entrada para el sensor de presión y dos salidas para la válvula proporcional e indicador de variable controlada, ambas de tipo analógica, debemos añadir el módulo SM 1234 que dispone de cuatro entradas analógicas y dos salidas del mismo tipo, y además permite configurarlas para voltaje o corriente; la alimentación de este módulo es DC misma que podemos proveerla desde el PLC o desde la fuente continua de la planta.



Figura 2.4 S7-1200 1212C AC/DC/RLY y módulo SM 1234.

2.2 Diagrama y conexión del Hardware.

Diagrama P&ID de la planta de Presión RT 450.

En la Tabla 2.1 nos da la descripción de los elementos se que encuentran en el diagrama P&ID mostrado en la Figura 2.5.

Elemento	Descripción
V001	Electroválvula
V002	Válvula manual
V003	Válvula manual
V004	Válvula de seguridad
V005	Válvula de seguridad
V006	Válvula de purga
V007	Válvula de purga
T001	Tanque pulmón
T002	Tanque pulmón
P001	Sensor de presión
PI002	Manómetro
PI003	Manómetro
PC001	PLC Siemens S7-1200

Tabla 2.1 Componentes de la Planta de Presión RT450

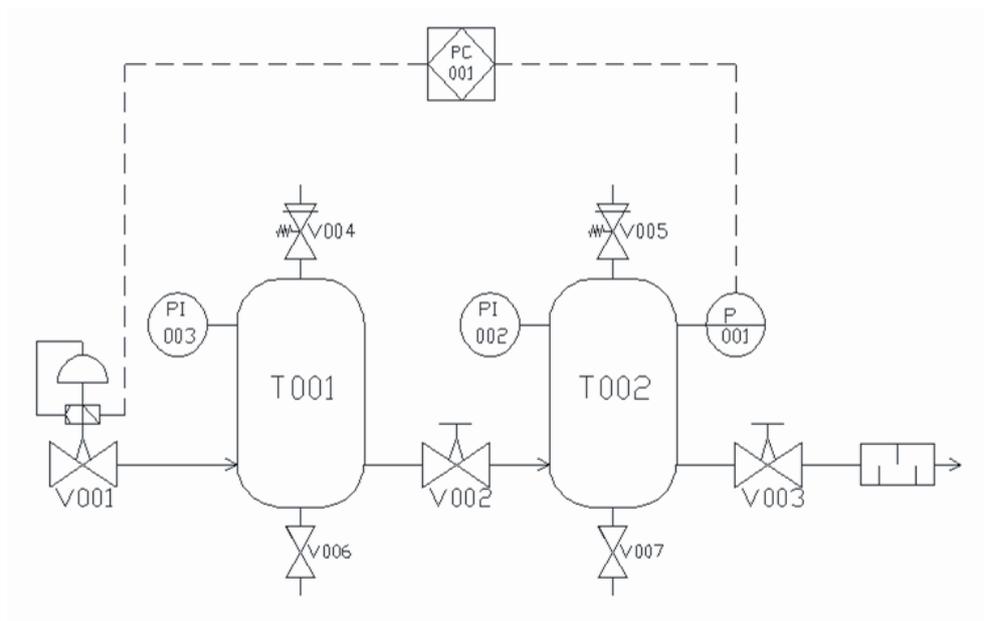


Figura 2.5 Diagrama P&ID.

Diagrama de conexiones eléctricas.

Las Figuras 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9, muestran las conexiones eléctricas.

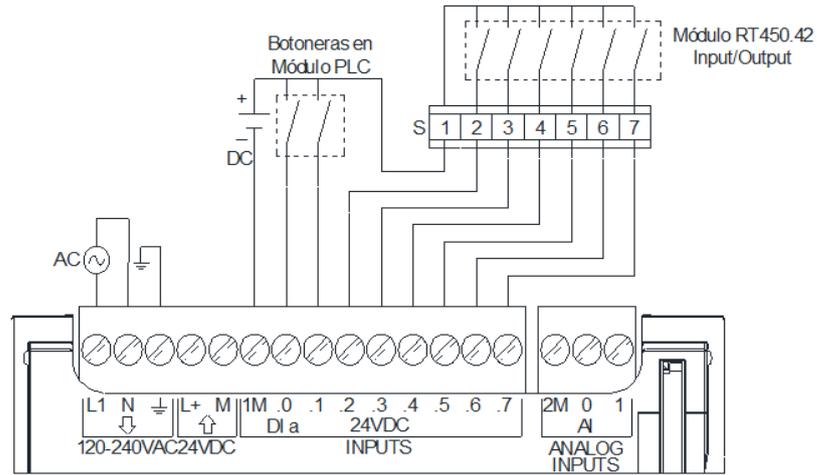


Figura 2.6 Conexión de las Entradas del módulo PLC

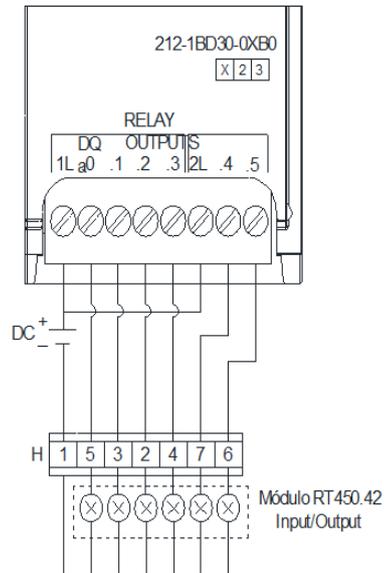


Figura 2.7 Conexión de las Salidas del módulo PLC.

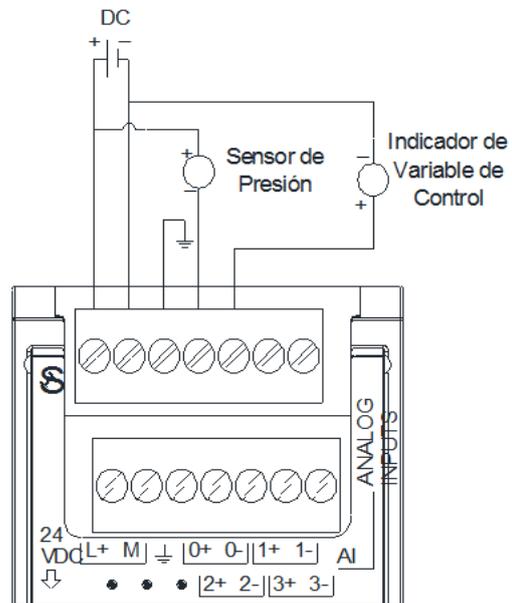


Figura 2.8 Conexión de las Entradas del módulo Analógico del PLC.

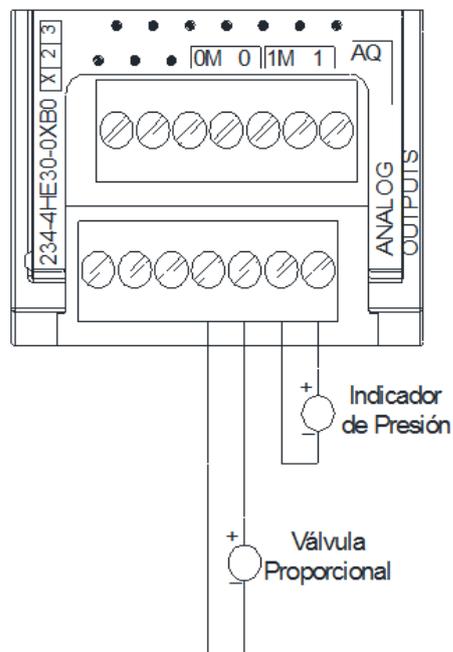


Figura 2.9 Conexión de las Salidas del módulo Analógico del PLC.

CAPÍTULO 3

REDISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL Y MONITOREO.

3.1 Programación de PLC Siemens S7-1200.

La programación del PLC Siemens S7-1200 está distribuida en tres bloques de programación, los cuales son: Programa principal, Bloque PID y Operación Local.

Estos bloques nos ayudaran en la adquisición, procesamiento y envío de señales y datos de nuestro sistema.

Para el desarrollo de la programación del PLC se utilizaron entradas y salidas tanto digitales como analógicas, así como también el uso de

variables auxiliares, las Tablas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 describen el nombre, el tipo y la dirección lógica de cada variable utilizada.

Nombre	Tipo de dato	Dirección lógica
Marcha	Bool	%I0.0
Paro	Bool	%I0.1
Modo_Automático	Bool	%I0.2
Modo_Manual	Bool	%I0.3
Suma_Auto	Bool	%I0.4
Resta_Auto	Bool	%I0.5
Suma_Manual	Bool	%I0.6
Resta_Manual	Bool	%I0.7

Tabla 3.1 Entradas Digitales.

Nombre	Tipo de dato	Dirección lógica
Activo	Bool	%Q0.0
Modo_Automático_OK	Bool	%Q0.1
Modo_Manual_OK	Bool	%Q0.2
Indicador_Control_Local	Bool	%Q0.3
Alarmas	Bool	%Q0.4
No_Control	Bool	%Q0.5

Tabla 3.2 Salidas Digitales.

Nombre	Tipo de dato	Dirección lógica
SensorP_bits	Int	%IW96

Tabla 3.3 Entradas Analógicas.

Nombre	Tipo de dato	Dirección lógica
Valve1_bits	Int	%QW96
Indicador_Local	Int	%QW98

Tabla 3.4 Entradas Salidas.

Nombre	Tipo de dato	Dirección lógica
SetPoint_Load	Bool	%M0.1
Marcha_LB	Bool	%M0.2
Paro_LB	Bool	%M0.3
Auto_LB	Bool	%M0.4
Manual_LB	Bool	%M0.5
Apertura_Load	Bool	%M0.6
Local_OK	Bool	%M9.0
SCADA_OK	Bool	%M9.1
Local_LB	Bool	%M9.2
Conexión_OK	Bool	%M9.3
Paro_Alarma	Bool	%M9.4
SensorP_norm	Real	%MD1
SensorP_psi	Real	%MD10
Enlace_Auto	Real	%MD24
Enlace_Manual	Real	%MD25
Valve1_norm	Real	%MD5
Valve1_percent	Real	%MD50
Keep_Valve1_Percent	Int	%MW4
Apertura_Manual_local	Int	%MW10
SetPoint_LabView	Int	%MW14
SetPoint_PID	Int	%MW16
Apertura_Labview	Int	%MW18
Apertura_Manual	Int	%MW20
SetPoint_Local	Int	%MW8

Tabla 3.5 Variables Auxiliares.

Programa Principal.

Iniciando por el Bloque Programa Principal, la Figura 3.1 nos muestra la activación del sistema, dada por su respectiva entrada de marcha, el desarrollo del sistema de la planta está protegido por diferentes variables de paro que se activaran para interrumpir la operación en el caso de ser necesario.

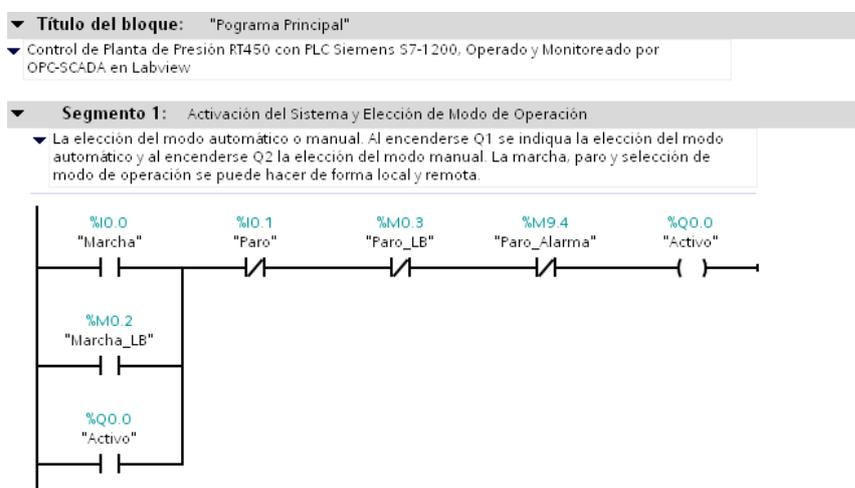


Figura 3.1 Primera Parte del Segmento 1 del bloque Programa Principal: Activación del sistema.

Luego de que el sistema sea activado, podemos notar en la Figura 3.2 que se puede elegir entre dos modos de control, puede ser automático o manual, cabe recalcar que estos dos métodos de controlar la planta funcionan en los dos tipos de operación que existe en el sistema, como lo son el local y el remoto.

La operación local se dará en el sitio donde está instalado el PLC y la activación de las entradas se harán de forma física, mientras que la operación Remota se da por medio de la PC en una interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW.

Los tipos de operación de la planta serán descritos con detalle en el bloque de programación llamado Operación Local.

Cabe indicar que solo se puede tener un modo de control a la vez ya que la activación de un modo de control es el bloqueo del otro, estos bloqueos se dan tanto en la operación manual como en la remota.

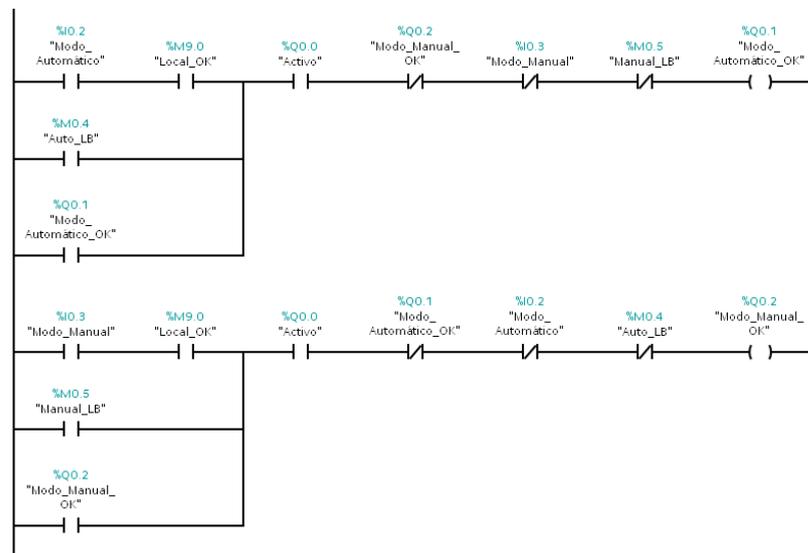


Figura 3.2 Segunda Parte del Segmento 1 del bloque Programa Principal: Elección del modo de control.

En la Figura 3.3 si el sistema está en marcha pero a la vez no se ha elegido ningún modo de control, se activará la salida %Q0.5 (*No_Control*) que nos indica que no hay control.

La variable auxiliar %M9.0 (*Local_OK*) al activarse, energiza la salida %Q3.0 (*Indicador_Control_Local*), indicándonos que hay operación local.

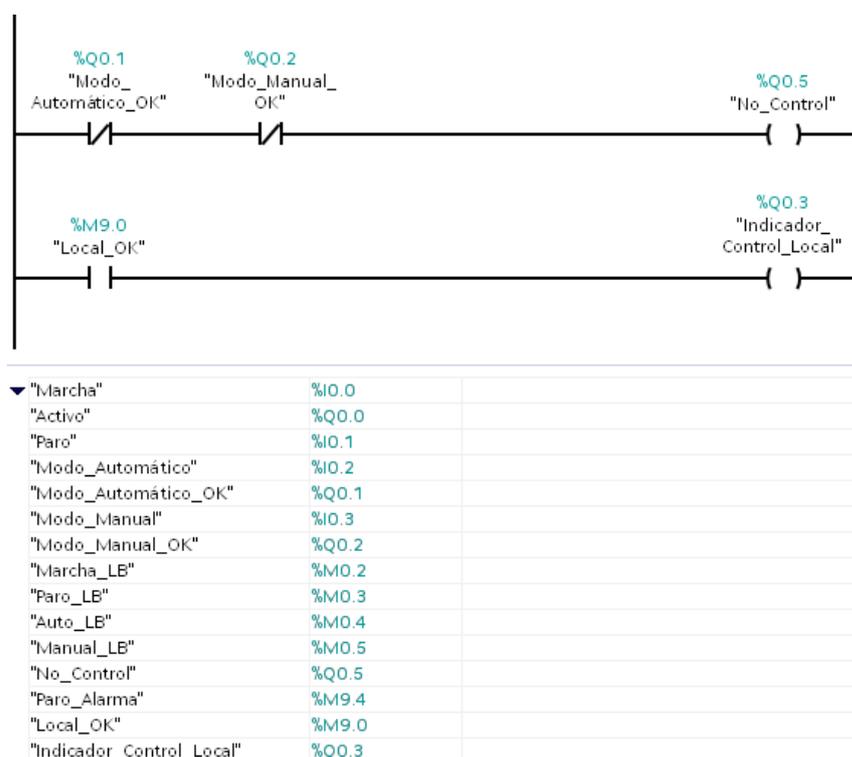


Figura 3.3 Tercera Parte del Segmento 1 del bloque Programa Principal:
No control - Validación de control local.

En la Figura 3.4 se recibe la señal en bits del sensor de presión mediante la entrada analógica %IW96 (*SensorP_bits*), dicha señal ingresa a un bloque de normalización y la salida de este entra a un bloque que escala la señal normalizada entre valores reales antes de ser enviada al bloque PID. Cabe indicar que el bloque de normalización estará siempre activo mientras este energizado el PLC y reciba la señal del sensor de presión.

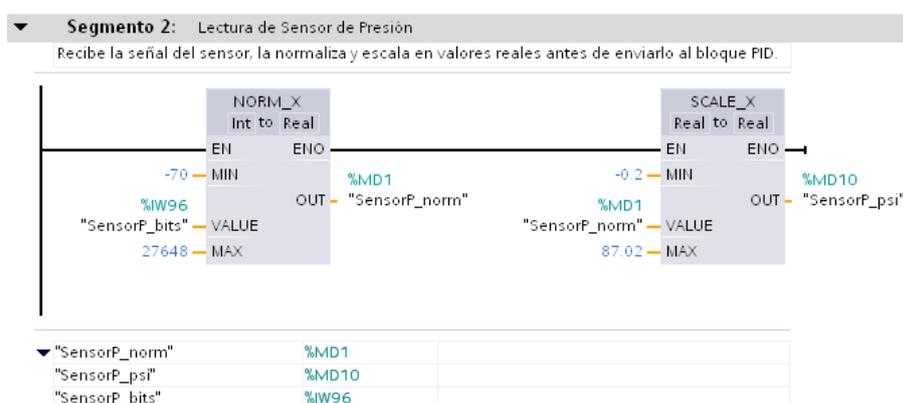


Figura 3.4 Segmento 2 del bloque Programa Principal: Lectura del sensor de presión.

En la Figura 3.5 se muestra la activación de un bloque de normalización que se da mientras se escoja un modo de control y este activo el sistema, la señal que entra al bloque de normalización es la salida del bloque PID, esta señal es normalizada y luego entra a un bloque que escala la señal en valores bits y después es enviada a la válvula proporcional.

Cuando el sistema esté inactivo, un bloque *Move* enviara a cero la señal de la válvula proporcional, esto se da para que no se quede guardado ningún valor en cualquier eventualidad en que el programa sea desactivado y quiera volver arrancar.

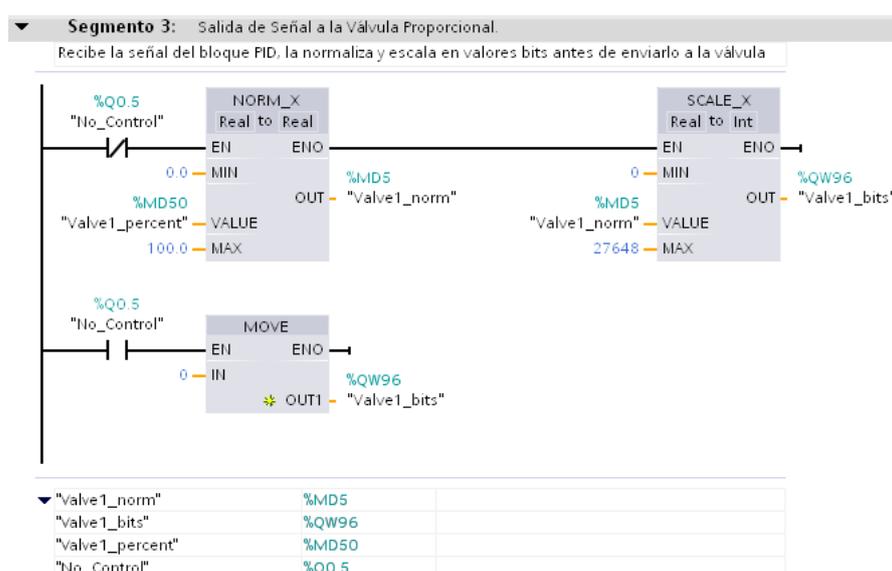


Figura 3.5 Segmento 3 del bloque Programa Principal: Señal a la válvula proporcional.

En la Figura 3.6 mediante la activación de la marcha del sistema, tanto manual como remotamente, se cargan valores predeterminados por medio de bloques *Move*, los cuales dan inicialmente un set-point de 55 psi y una apertura manual de 0%.

Al pasar el sistema del modo automático al modo manual, se carga el último valor del porcentaje de apertura de la válvula con el que se está trabajando, por lo cual dicha señal se la redondea con un bloque *round* ya que esta es de tipo real y luego al ser cargada en %MW20 (*Apertura_Manual*) necesita ser de tipo entero para poder ser leída por el bloque PID.

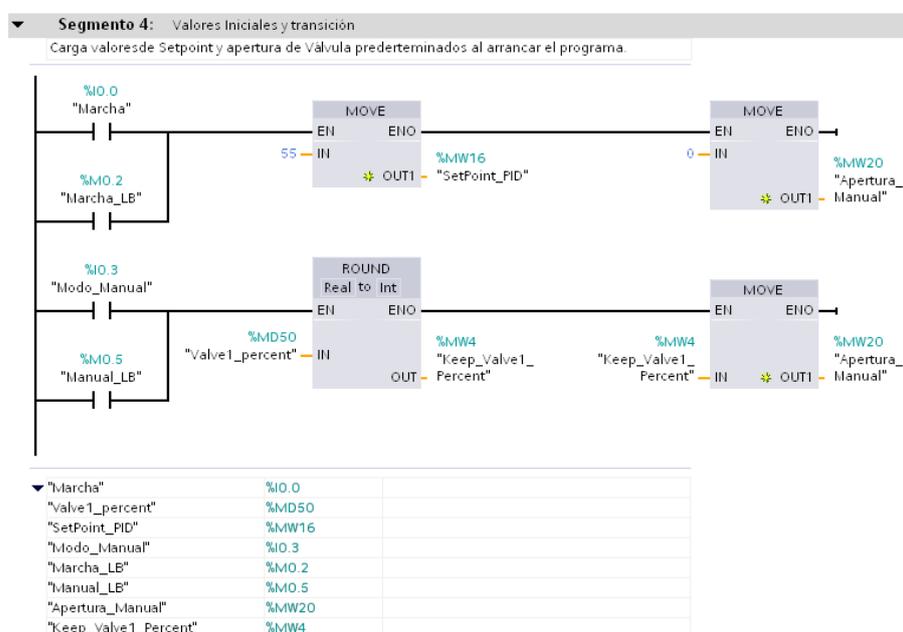


Figura 3.6 Segmento 4 del bloque Programa Principal: Valores iniciales y Transición.

La Figura 3.7 nos muestra un bloque *Move*, que funciona cuando la variable auxiliar %M0.1 (*SetPoint_Load*) se activa, cargando en el bloque PID el valor designado desde el SCADA.

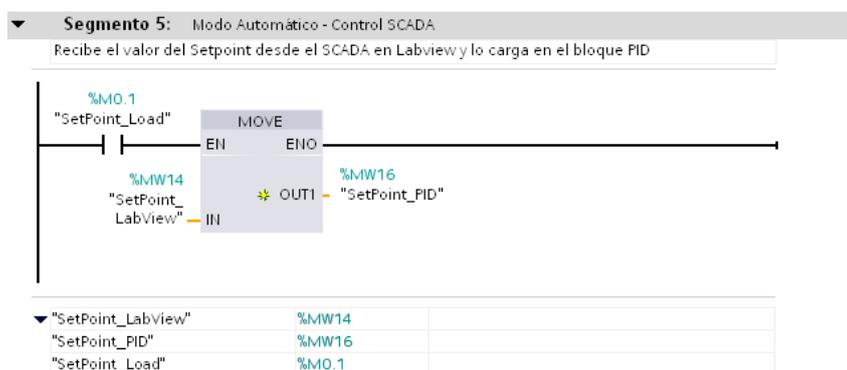


Figura 3.7 Segmento 5 del bloque Programa Principal: Modo automático - control SCADA.

En la Figura 3.8 un bloque *Move* funciona cuando la variable auxiliar %M0.6 (*Apertura_Load*) se activa, cargando en el bloque PID el valor designado desde el SCADA.

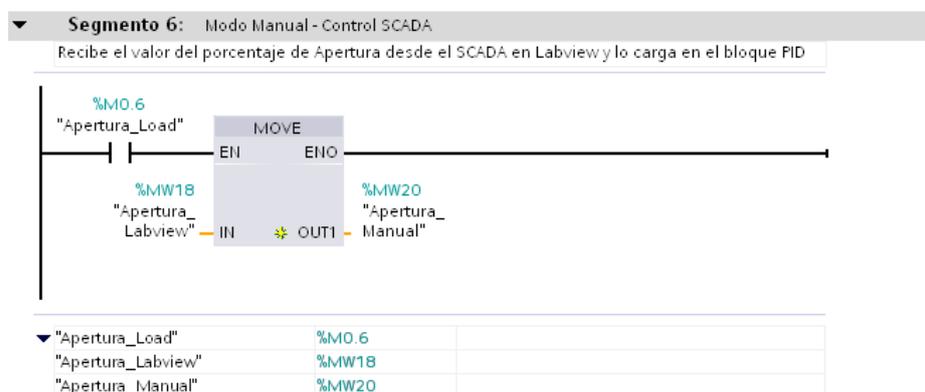


Figura 3.8 Segmento 6 del bloque Programa Principal: Modo manual - control SCADA.

En la Figura 3.9 cuando el sistema está en modo automático, la señal del set-point mediante la variable auxiliar %MW16 (*SetPoint_PID*),

ingresa a un bloque de normalización y luego entra a un bloque que escala la señal normalizada entre valores reales antes de ser enviada a la salida analógica %QW98 (*Indicador_Local*), y luego poder ser mostrada en el SCADA.

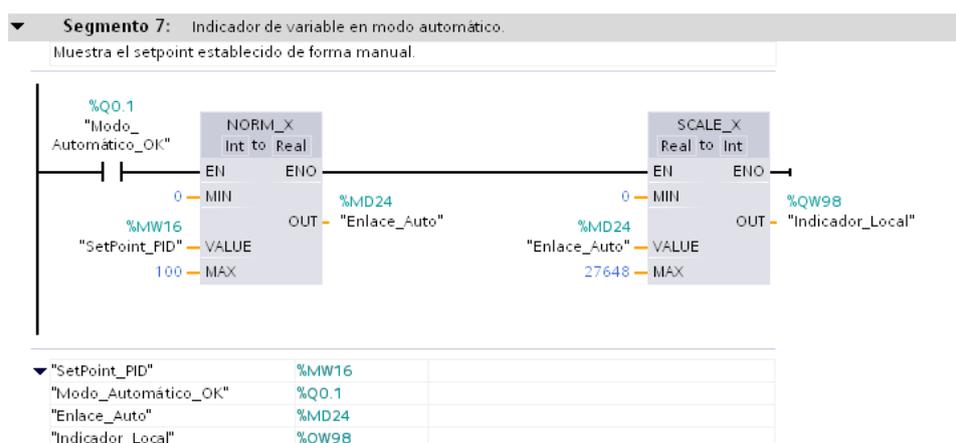


Figura 3.9 Segmento 7 del bloque Programa Principal: Indicador de variable en modo automático.

En la Figura 3.10 cuando el sistema está en modo manual, la señal del porcentaje de apertura de la válvula mediante la variable auxiliar %MD50 (*Valve1_percent*), ingresa a un bloque de normalización y luego entra a un bloque que escala la señal normalizada entre valores reales antes de ser enviada a la salida analógica %QW98 (*Indicador_Local*), y luego poder ser mostrada en el SCADA.

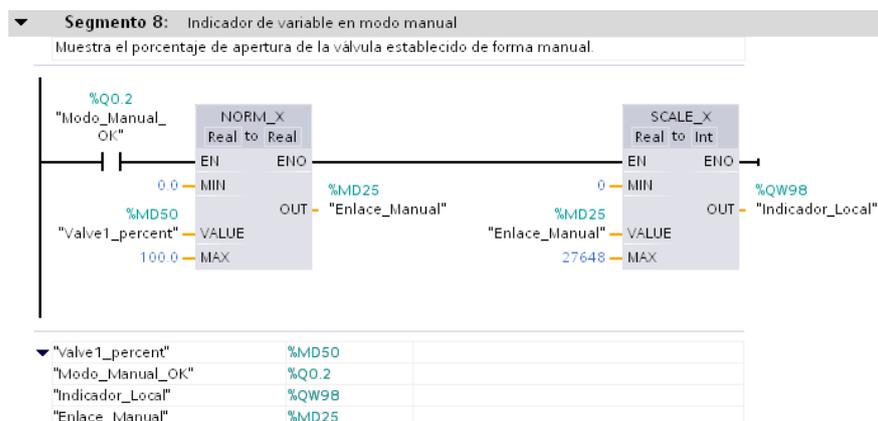


Figura 3.10 Segmento 8 del bloque Programa Principal: Indicador de variable en modo.

Para proteger el sistema de la planta de presión cuando esta activo, ver Figura 3.11, se utiliza un comparador el cual se activa si la presión es mayor o igual a 80 psi, si esta condición se mantiene por cinco segundos o más, se dará como resultado la activación de %M9.4 (*Paro_Alarma*), que ejecutará una señal de paro en el sistema.

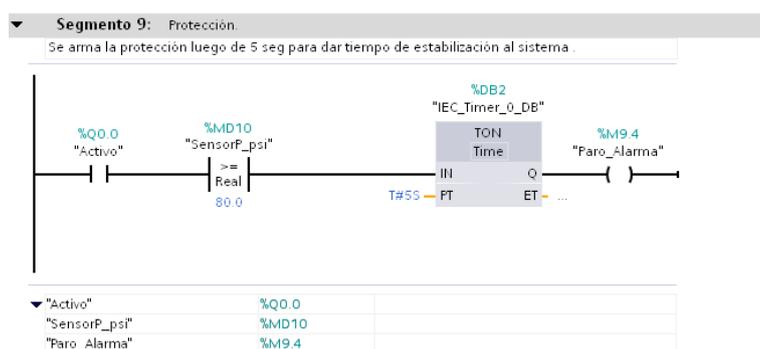


Figura 3.11 Segmento 9 del bloque Programa Principal: Protección.

En el sistema la activación de la salida %Q0.4 (*Alarmas*), nos indica que una alarma esta activa, estas alarmas se han programado para indicar cuándo hay una falla en el sensor, cuando el sensor mide una baja presión, y cuando hay alta presión. Ver Figura 3.12.

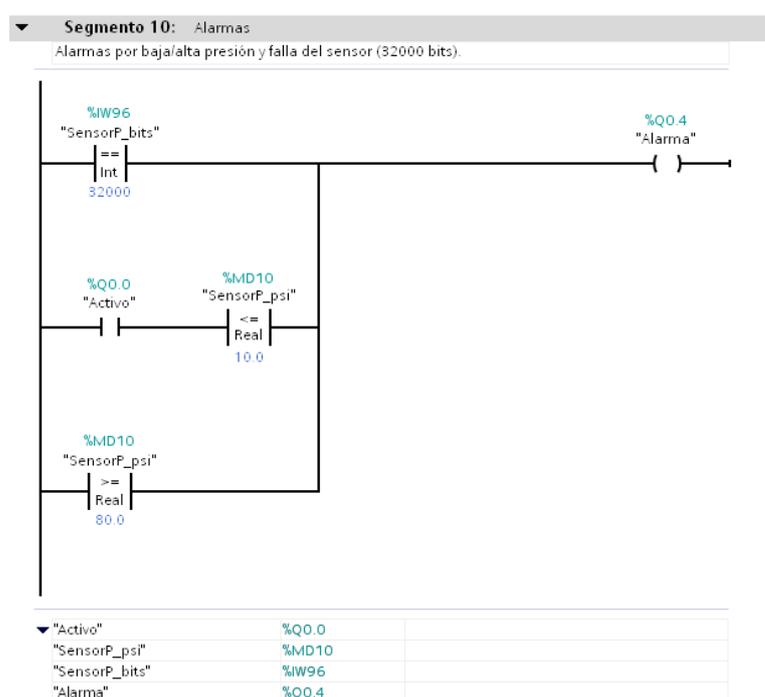


Figura 3.12 Segmento 10 del bloque Programa Principal: Alarmas.

Bloque PID

Este segmento de programación se encuentra dentro de un bloque de organización de tipo *Cyclic interrupt* a con un tiempo de ciclo de 100ms.

En la Figura 3.13 nos muestra el bloque PID, en el cual se ingresan las señales del set-point, la presión del sensor en Psi y el habilitador en modo manual del bloque.

A la salida del bloque nos da una señal en tiempo real del porcentaje de la válvula proporcional para que la presión real se ajuste a la deseada.

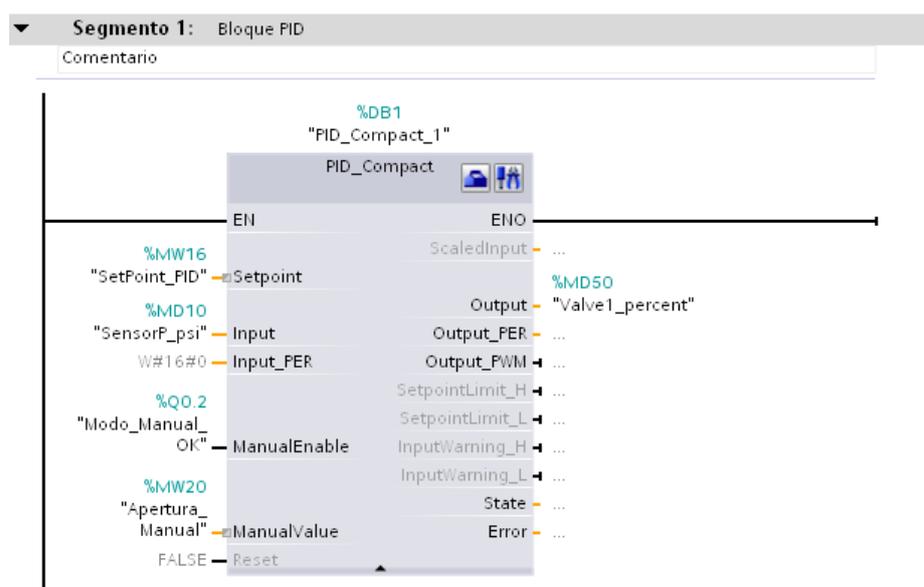


Figura 3.13 Primera parte del bloque PID.

Además de esto cuando la salida %Q0.5 (*No_Control*) se active, un bloque *Move* enviará a cero el valor de la señal del porcentaje de apertura de la válvula además de dejar en modo inactivo el bloque PID. Ver Figura 3.14.

Cuando el sistema entra en modo automático, un bloque *Move* envía el valor de tres al estado del bloque PID, lo que habilita el modo automático interno del Bloque PID.

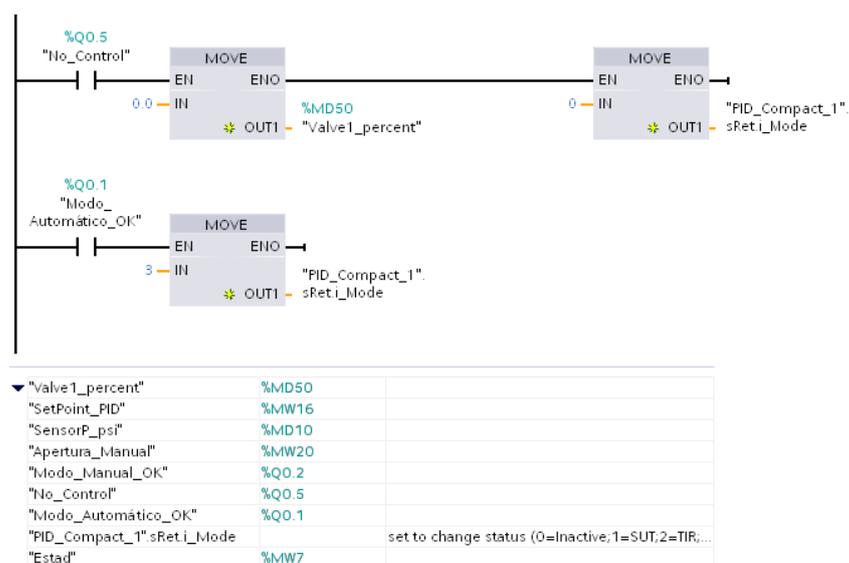


Figura 3.14 Segunda parte del Bloque PID.

Los rangos de ajuste del valor real del bloque PID se muestran en la Figura 3.15.

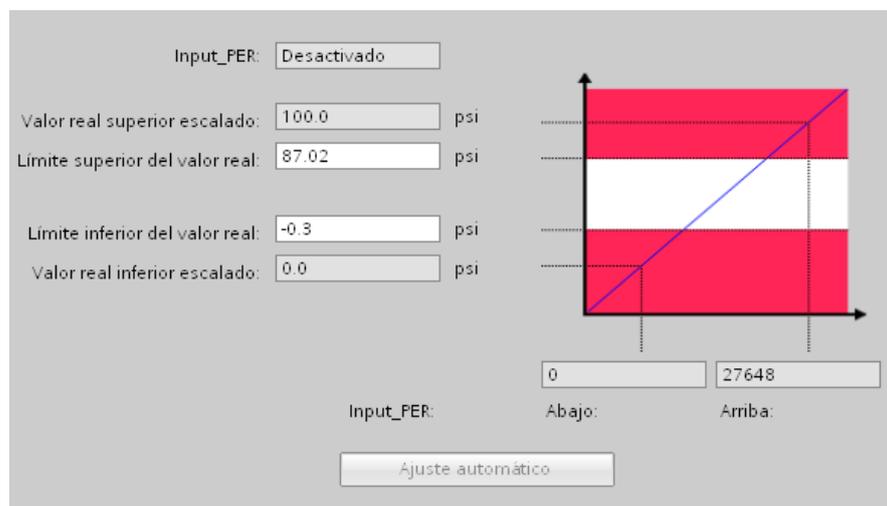


Figura 3.15 Rangos del Bloque PID.

Sintonización Bloque PID_Compact_1

Para la sintonización del controlador PID se van a proceder a utilizar los siguientes métodos:

- Métodos de Ziegler-Nichols, Cohen-Coon y Lambda en lazo abierto.
- Utilizando la herramienta *PID tuner* de MATLAB-Simulink.
- Constantes sugeridas por el fabricante de la planta RT 450.
- Sintonización Automática (*auto-tuning*) del bloque *PID_Compact* del PLC con el software TIA Portal.

Las constantes K , T_i y T_d que arrojen cada método serán puestas a prueba en la planta para obtener datos como sobre-pico y tiempos de

subida y estabilización, que servirán para comparar los diferentes métodos utilizados.

Los métodos de Ziegler-Nichols, Cohen-Coon, Lambda y la herramienta *PID tuner* de MATLAB exigen una función de transferencia lo más aproximada posible a la planta real; para obtener dicha función obtenemos la respuesta del sistema en lazo abierto ante una entrada de tipo escalón a la vez que almacenamos los valores que vaya arrojando la planta en una base de datos; con esto podemos graficar o analizar de manera conveniente los valores obtenidos para encontrar la función de transferencia que asemeje el comportamiento de nuestra planta.

Para utilizar el método de identificación del sistema en lazo abierto utilizamos la función de puesta en marcha del bloque *PID Compact* en el software TIA Portal activando el modo manual del mismo, además la base de datos a utilizar debe estar lista para tomar datos, a mayor número de datos los cálculos serán más precisos, en nuestra prueba grabaremos el valor de presión cada 30 ms. Una vez que el valor de presión en la planta tiene un valor constante, por ejemplo cero con una apertura de 0% en la válvula, se procede a variar la apertura de la

válvula, en nuestro caso a 10% creando así una entrada de tipo escalón, la toma de datos puede terminar una vez que la presión crece y se estabiliza.

Los datos adquiridos de la planta fueron normalizados y luego llevados a MATLAB -Simulink para ser graficados y comparados con su aproximación por el método de lazo abierto.

La función de transferencia que conseguimos del método en lazo abierto tendrá la forma de la ecuación 3.1.

$$G = \pi \frac{Kp}{\tau S + 1} e^{-LS} \quad (3.1)$$

Tal que:

$$kp = \frac{\Delta \text{Presión}}{\Delta \text{Apert.Válvula}} \quad (\text{Ganancia sistema})$$

$$\tau = t_{63\%} - t_{28\%} \quad (\text{Constante de tiempo})$$

$$L = t_{\text{retardo}} \quad (\text{Retardo})$$

Así tenemos el siguiente resultado expresado en la ecuación 3.2, su modelo en Simulink mostrado en la Figura 3.16 y podemos observar la respuesta simulada comparada con la real en la Figura 3.17.

$$G = \pi \frac{5.75}{24.6s+1} e^{-1.05s} \quad (3.2)$$

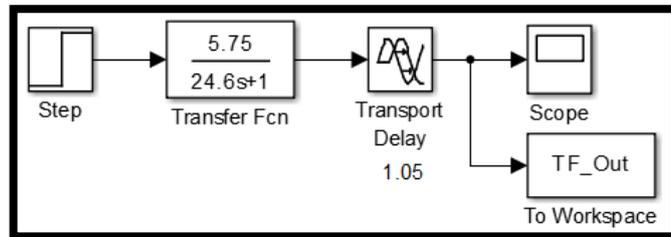


Figura 3.16 Modelo en simulink con ecuación 4.2.

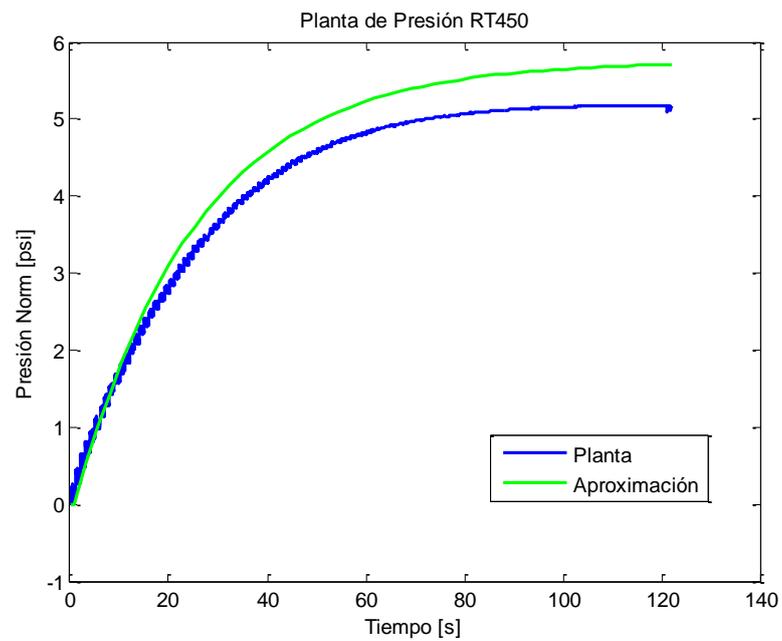


Figura 3.17 Gráfico ecuación 3.2 comparado con planta real.

Como podemos ver la aproximación dista un poco de la respuesta real por lo que tenemos que modificar los parámetros calculados para ajustarlos más a la realidad. En este caso la mayor diferencia se ve en

la ganancia calculada que está por encima de la real, así que la modificamos y simulamos el diseño en Simulink para comparar nuevamente.

Una vez ajustada la función en la ecuación 3.3 y su modelo en Simulink, ver Figura 3.18, se consigue una aproximación muy semejante a la planta real que podemos observar en la Figura 3.19.

$$G = \pi \frac{5.24}{24.3s+1} e^{-0.8s} \quad (3.3)$$

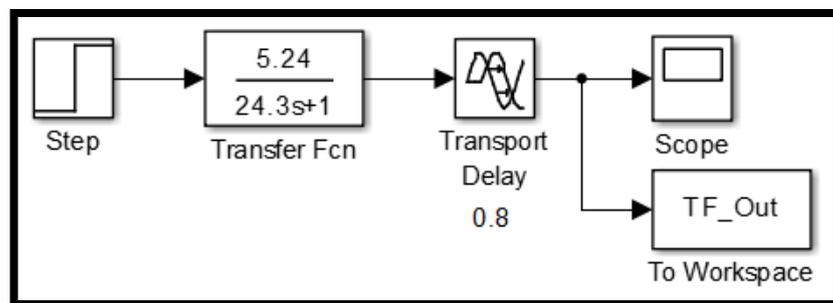


Figura 3.18 Modelo en simulink con ecuación 3.3.

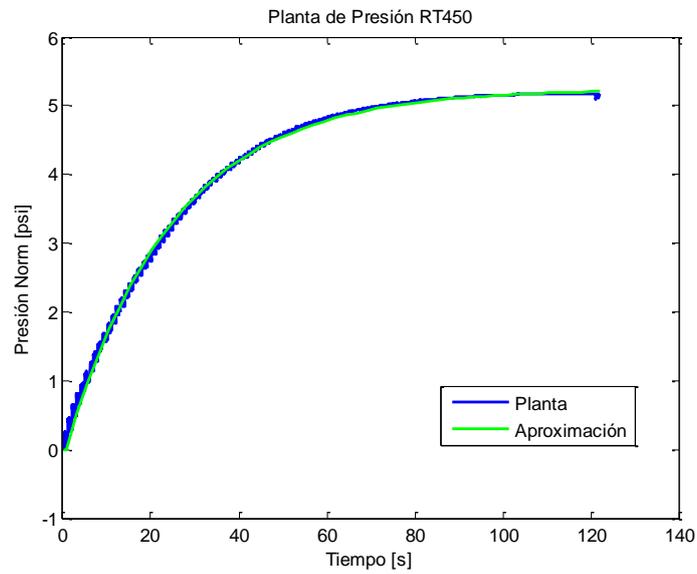


Figura 3.19 Gráfico ecuación 3.3 comparado con planta real.

Con el modelo aproximado de la planta encontrado en la ecuación 3.3, se procede a hallar las constantes según las reglas de sintonización de los métodos en lazo abierto de Ziegler-Nichols, Cohen-Coon y Lambda a partir de las siguientes tablas:

Ziegler - Nichols			
Control	Kc	Ti (s)	Td (s)
P	$\frac{\tau}{Kp * L}$	∞	0
PI	$\frac{0.9 \tau}{Kp * L}$	3.33L	0
PID	$\frac{1.2 \tau}{Kp * L}$	2L	0.5L

Tabla 3.6 Método Ziegler – Nichols.

Cohen - Coon			
Control	Kc	Ti (s)	Td (s)
P	$\frac{1.03}{Kp} \left(\frac{\tau}{L} + 0.34 \right)$	∞	0
PI	$\frac{0.9}{Kp} \left(\frac{\tau}{L} + 0.092 \right)$	$3.33L \left(\frac{\tau + 0.092L}{\tau + 2.22L} \right)$	0
PID	$\frac{1.35}{Kp} \left(\frac{\tau}{L} + 0.185 \right)$	$2.5L \left(\frac{\tau + 0.185L}{\tau + 0.611L} \right)$	$0.37L \left(\frac{\tau}{\tau + 0.185L} \right)$

Tabla 3.7 Método Cohen – Coon.

Lambda			
Control	Kc	Ti (s)	Td (s)
PI ($\tau_{cl} = 1,2,3$)	$\frac{\tau}{Kp * (\tau_{cl} + L)}$	τ	0

Tabla 3.8 Método Lambda.

Realizando los cálculos correspondientes tenemos los siguientes valores:

Ziegler - Nichols			
Control	Kc	Ti (s)	Td (s)
P	5,80	∞	0
PI	5,22	2,67	0
PID	6,96	1,60	0,40

Tabla 3.9 Constantes halladas método Ziegler – Nichols.

Cohen - Coon			
Control	Kc	Ti (s)	Td (s)
P	6,04	∞	0
PI	5,23	2,49	0
PID	7,87	1,97	0,29

Tabla 3.10 Constantes halladas método Cohen - Coon.

Lambda			
Control	Kc	Ti (s)	Td (s)
PI ($\tau_{cl}=1$)	2,58	24,30	0
PI ($\tau_{cl}=2$)	1,66	24,30	0
PI ($\tau_{cl}=3$)	1,22	24,30	0

Tabla 3.11 Constantes halladas método Lambda.

Para hallar las constantes en MATLAB realizamos el modelo de la Figura 3.20 en simulink y dentro del bloque *PID Controller* encontramos el botón *Tune* que abrirá la herramienta *PID tuner*, misma que nos da los resultados mostrados en la Tabla 3.12.

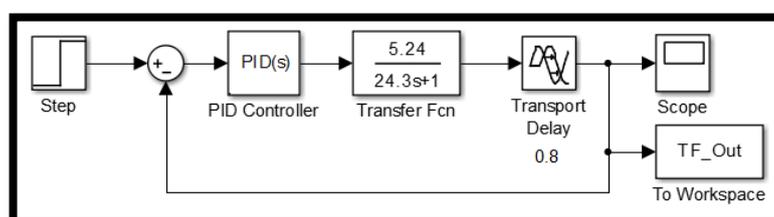


Figura 3.20 Modelo de la planta en lazo cerrado.

PID tuner			
Control	Kc	Ti (s)	Td (s)
PI	1.08	0.14	0
PID	2.17	0.09	-1.17

Tabla 3.12 Constantes halladas con PID tuner.

Los valores Kc, Ti y Td sugeridos por el fabricante de la planta son los siguientes:

Sugeridos RT 450			
Control	Kc	Ti (s)	Td (s)
PI	0.9	6	0

Tabla 3.13 Constantes sugeridas por el fabricante de la planta.

Para la sintonización automática del bloque *PID_Compact* se utiliza la herramienta de puesta en marcha de la sección objetos tecnológicos en el software TIA Portal, elegimos la opción de optimización inicial y cargamos al controlador los valores calculados una vez se termine el proceso de sintonización, por último se carga el software al PLC.

Una vez que se han puesto a prueba los valores obtenidos por cada método tenemos los siguientes resultados:

Método de Control	Tr (s)	Ts (s)	Sobrepico (%)	Pico	SP
Ziegler - Nichols(PI)	13	18	9,65	60,31	55
Ziegler - Nichols(PID)	12	15	9,64	60,3	55
Cohen - Coon(PI)	12	15,5	9,42	60,18	55
Cohen - Coon(PID)	11	14	8,25	59,54	55
Lambda(PI 1)	0	103	0	0	55
Lambda(PI 2)	0	106	0	0	55
Lambda(PI 3)	0	110	0	0	55
Sugeridos Planta	22	41	5,67	58,12	55
Auto Tuning PLC	10	12	4,60	57,53	55
MATLAB PID tuner (PI)	Inestable				55
MATLAB PID tuner (PID)	Inestable				55

Tabla 3.14 Resultados obtenidos de los diferentes métodos de control.

Analizando la Tabla 3.14 notamos como los métodos de Ziegler – Nichols y Cohen – Coon tienen respuestas similares en los parámetros medidos (tr , ts , sobre pico y pico), siendo el método PID de Cohen y Coon el que logra ligeramente la mejor respuesta; a pesar de que la salida del controlador tiende a variar mucho por lo que le cuesta mantener fija la variable de proceso.

El método de Lambda para los tres valores de τ_{cl} nos da una respuesta sin sobre pico y con una salida del controlador estable pero

el tiempo de estabilización es demasiado elevado por lo que sus valores quedan descartados.

Los valores sugeridos por el fabricante de la planta resultan en un sobre pico más bajo comparado con los métodos de lazo abierto pero el tiempo de estabilización es mayor, una ventaja de este controlador es que su salida es más estable por lo que la variable de proceso tiende a controlarse de mejor manera.

La respuesta del control auto sintonizado con el software TIA Portal presenta los mejores valores de t_r , t_s , sobre pico y pico aunque la estabilidad en su salida es inferior al control anterior.

Las constantes encontradas con el *PID tuner* de MATLAB-Simulink se vuelven inestables al probarlas en la planta real incluso arroja un valor negativo para T_d , por lo que quedan descartadas de este proyecto.

A partir del análisis realizado vemos que las constantes que ofrecen las mejores respuestas son el método PID de Cohen-Coon, las sugeridas por el fabricante de la planta y el método de auto sintonía del PLC;

estas constantes serán ajustadas manualmente buscando una mejor respuesta.

Reduciendo a la mitad el valor de K_p en los tres controladores elegidos tenemos que no se consigue mayor cambio con respecto de la salida en los controladores de Cohen – Coon y el auto sintonizado con TIA Portal, mientras que con los valores sugeridos por el fabricante al reducir a la cuarta parte la ponderación P, en la configuración del bloque PID Compact se aumenta en dos segundos en el tiempo de estabilización y subida pero a cambio se gana estabilidad en la salida del controlador sobre todo para valores bajos de set-point, así el error en estado estacionario es menor que en los controladores anteriores.



Figura 3.21 Respuesta del sistema utilizando Auto sintonizado de TIA Portal.

Si lo que se quiere es un control rápido el controlador auto sintonizado con el software TIA Portal ofrece los valores más bajos de tiempo de subida y estabilización, ver Figura 3.21. En contraste los valores sugeridos por el fabricante una vez ajustados manualmente en su ponderación P tienen valores de alrededor del doble en cuanto a tiempos de subida y estabilización pero ofrecen una mayor estabilidad en su salida y por ende en la variable de proceso. Para este proyecto daremos prioridad a la estabilidad en estado estable por lo que se elegirá el control sugerido por el fabricante con la ponderación P ajustada, ver Figura 3.22 y la gráfica de su respuesta ver en la Figura 3.23.

Parámetros PID	
<input checked="" type="checkbox"/> Activar entrada manual	
Ganancia proporcional:	0.9
Tiempo de integración:	6.0 s
Tiempo derivativo:	0.0 s
Coeficiente retardo derivativo:	1.0
Ponderación de la acción P:	0.25
Ponderación de la acción D:	1.0
Tiempo muestreo algoritmo PID:	0.01 s

Figura 3.22 Constantes sugeridas por el fabricante y ajuste en la ponderación P.

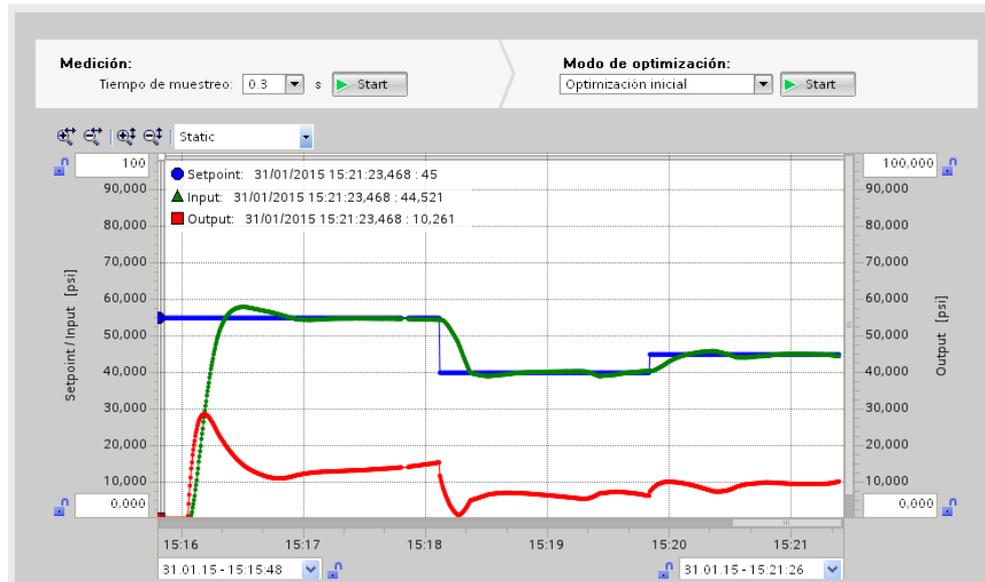


Figura 3.23 Respuesta del sistema utilizando valores sugeridos por el fabricante y ajuste en la ponderación P.

Operación Local

Estos segmentos de programación se encuentran dentro de un bloque de organización de tipo Cyclic interrupt a con un tiempo de ciclo de 350 ms.

En el bloque Operación Local se describirán los segmentos de programación realizados para que vaya un correcto desarrollo del sistema, validando la conexión local y protegiendo al sistema con un rango de presión, para evitar fallos en el sensor y la válvula proporcional.

En la figura 3.24 nos muestra que mientras haya una buena conexión del SCADA en LabVIEW, se activa %M9.3 (*Conexión_OK*) que por medio de la interfaz grafica indica que la conexión es correcta. Cuando la variable auxiliar %M9.2 (*Local_LB*) se cierra desde el SCADA, nos indica que se ha activado la operación local, y luego %M9.0 (*Local_OK*) se activa indicando que la operación local tiene una conexión correcta.

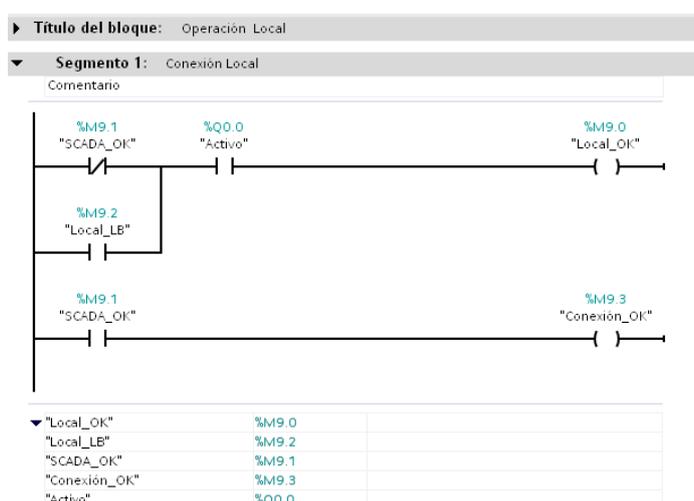


Figura 3.24 Segmento 1 del bloque Operación Local: Conexión local.

La Figura 3.25 muestra la operación local en modo automático, siempre que haya control local, al pulsar %I0.4 (*Suma_Auto*), un bloque sumara en uno el valor de la señal del set-point del PID y hará que la señal incremente cada vez que %I0.4 sea pulsada.

Siempre que haya control local y al pulsar %I0.5 (*Resta_Auto*), un bloque restara en uno el valor de la señal del set-point del PID y hará que la señal disminuya cada vez que %I0.5 sea pulsada.

Cuando el set-point es menor que cero, por medio de un bloque *Move* se manda a cero el valor del set-point del PID, esto se hace para evitar valores no permisibles.

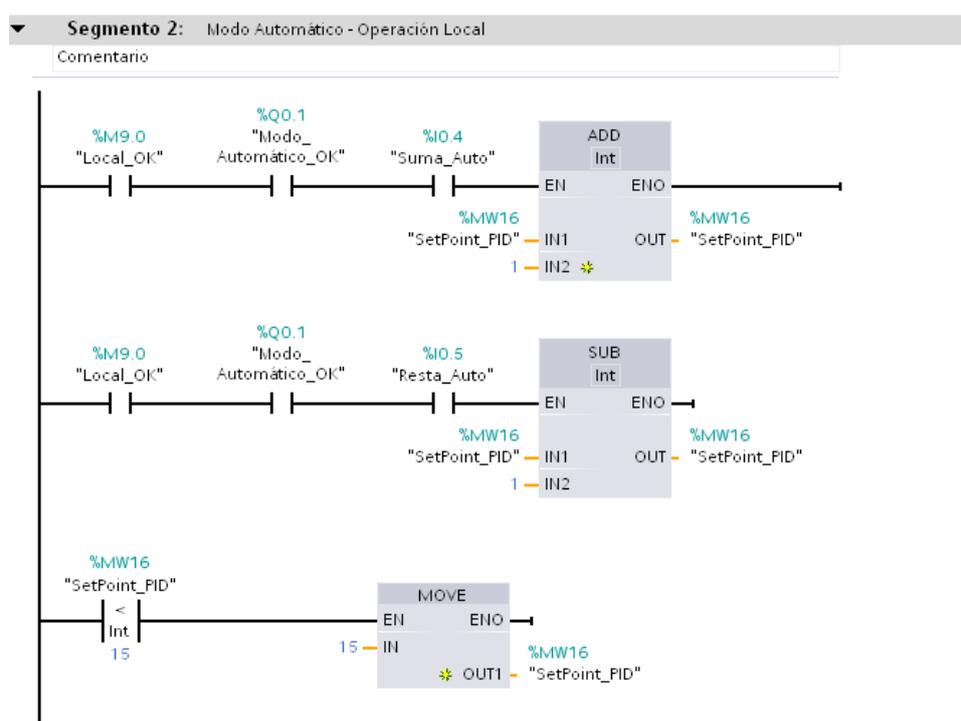


Figura 3.25 : Primera parte del Segmento 2 del bloque Operación Local: Modo automático – Operación Local.

La Figura 3.26, muestra como, cuando el set-point sea mayor a 75 psi, por medio de un bloque *Move* se envía 75 psi al valor del set-point del PID, esto se hace para evitar el exceso de presión o valores máximos permisibles.

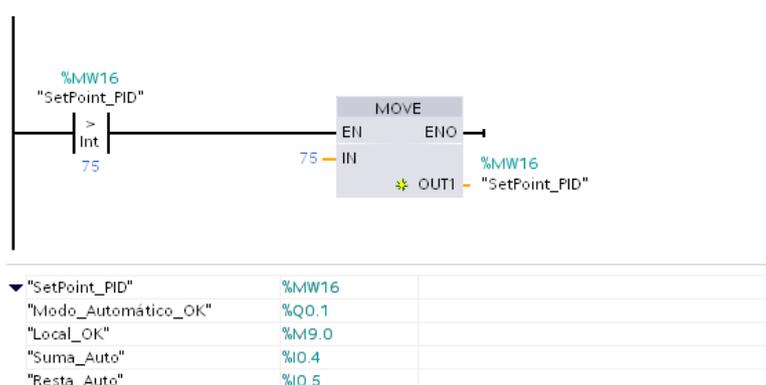


Figura 3.26 Segunda parte del Segmento 2 del bloque Operación Local:
Modo automático – Operación Local.

La Figura 3.27 muestra la operación local en modo manual, siempre que haya una buena conexión, al pulsar %I0.6 (*Suma_Manual*), un bloque sumara en uno al valor de la señal del porcentaje de apertura de la válvula proporcional y hará que la señal incremente cada vez que %I0.6 sea pulsada.

Siempre que haya una buena conexión y al pulsar %I0.7 (*Resta_Manual*), un bloque restara en uno el valor de la señal del

porcentaje de apertura de la válvula proporcional y hará que la señal disminuya cada vez que %I0.7 sea pulsada.

Cuando el set-point es menor que cero, por medio de un bloque *Move* se envía a cero el valor del set-point del PID, esto se hace para evitar valores no permisibles.

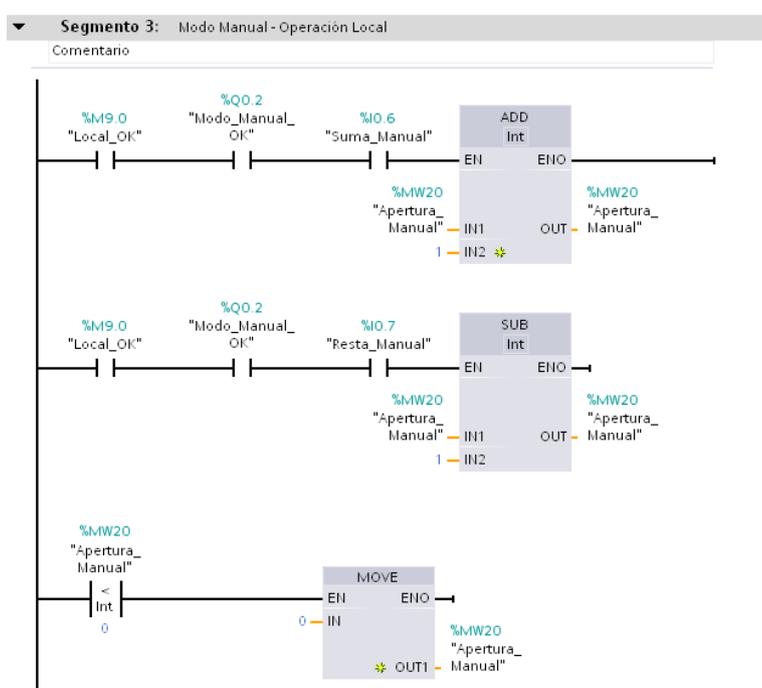


Figura 3.27 Primera parte del Segmento 3 del bloque Operación Local:
Modo manual – Operación Local.

En la Figura 3.28, nos indica que cuando el porcentaje de apertura de la válvula proporcional sea mayor a 100%, por medio de un bloque

Move se envía el valor de 100% a la apertura de la válvula, esto se hace para evitar valores no permisibles.

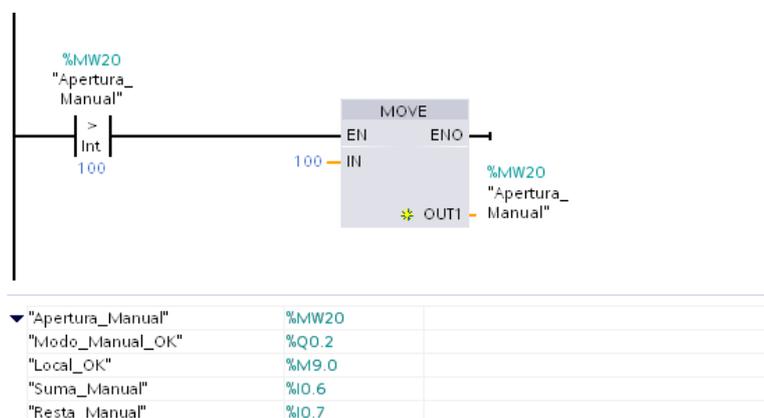


Figura 3.28 Segunda parte del Segmento 3 del bloque Operación Local:
Modo manual – Operación Local.

3.2 Programación servidor y cliente OPC.

Iniciaremos con la configuración del *servidor OPC*, para la configuración del mismo no es necesario que el PLC esté corriendo, pero al final sería conveniente para confirmar las lecturas de las señales.

Primero se debe abrir el programa *NI OPC Servers*, al desplegarse la ventana, se debe abrir un proyecto nuevo, usando *New Project*, ubicado en la parte superior izquierda de la ventana. Posteriormente se debe añadir un canal presionado *Click to add a channel*, el **canal** es

la comunicación del PC con el hardware. Posteriormente se procederá a llenar la información para la configuración del canal. Ver Figura 3.29.

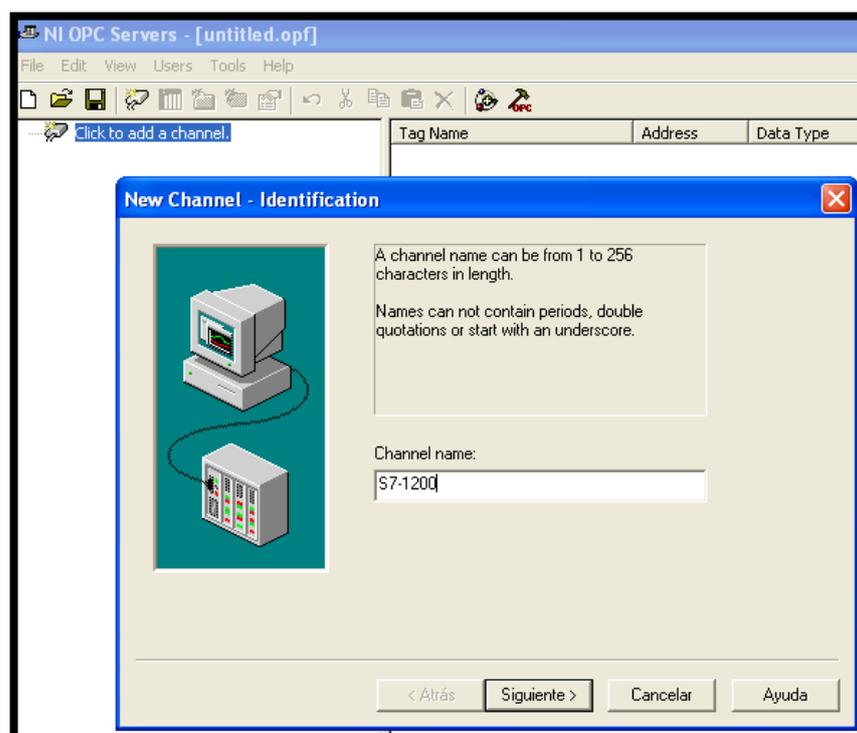


Figura 3.29 Configuración del canal del Comunicación.

Al abrirse la ventana *Identification*, se procede a dar un nombre al canal, el cual hemos nombrado *S7-1200*, luego presionar siguiente.

Posteriormente en *Device Driver*, se procede a escoger el tipo de PLC que se va a utilizar, en este caso *Siemens TCP/IP Ethernet*, luego presionar siguiente.

Después en *Network Interface*, se procede a escoger la interfaz de red, en este caso se elige *Realtek PCIe GBE* con el IP 200.126.14.8 que corresponde a la IP del computador en el que se hace la programación, luego presionar siguiente.

Luego en *Write Optimization*, se dejan los valores predeterminados y luego se presionar siguiente hasta llegar a *Summary* y se finaliza la configuración del canal.

Ya que el canal de comunicación está establecido, se procede a añadir el **dispositivo**. Para esto se debe presionar *Click to add a device*, que se encuentra en la parte izquierda de la ventana principal del *NI OPC Servers*. Ver Figura 3.30.

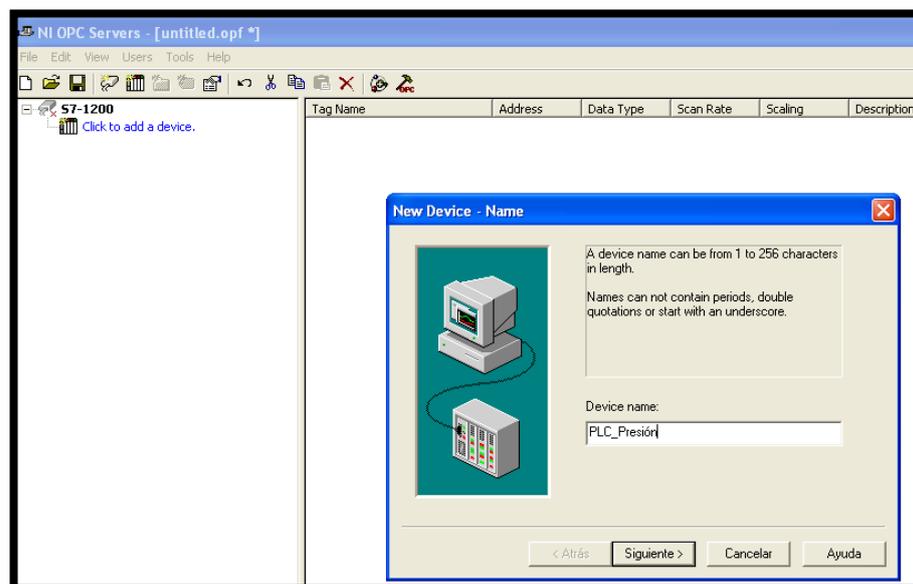


Figura 3.30 Configuración del canal del Dispositivo.

Luego en la ventana *Name*, se procede a dar un nombre al dispositivo, el cual hemos nombrado *PLC_Presión*, luego presionar siguiente.

Después en *Model*, se procede a elegir el modelo del dispositivo, se escoge el S7-200. Cabe recalcar que en la lista de modelos de PLC a escoger no se encuentra el modelo del S7-1200, debido a esto se elige el S7-200, el cual funciona correctamente con el dispositivo utilizado. Luego presionar siguiente.

Posteriormente en *ID*, se procede a escribir la dirección IP en la cual está establecido el dispositivo: 200.126.14.122, luego presionar siguiente.

Luego en *Timing*, se encuentran los parámetros de tiempo de comunicación, se configura el *Request timeout* en 2000 milisegundos, esto quiere decir que este es el tiempo que espera el equipo sin comunicación para emitir una falla, luego presionar siguiente.

Después en *Auto-Demotion*, en *Demote After* se asigna el valor de 3 fallas sucesivas, y en *Demote for* 10000 ms, lo que quiere decir que en caso de falla el equipo tratara de restablecer la comunicación cada diez segundos por tres veces, luego presionar siguiente.

Posteriormente en *Communication Parameters*, se escribe el puerto de comunicación en el router el cual es 102, luego presionar siguiente.

Luego en *S7 Comm. Parameters*, las direcciones de transporte TSAP se configuran con un valor de 1000 para local y 301 para remoto.

Luego se presiona siguiente hasta llegar a *Summary* y se finaliza la configuración del dispositivo.

Por el momento se ha configurado la comunicación del PLC con el computador mediante OPC, pero para que las variables sean recibidas en LabVIEW por medio del cliente OPC, se debe agregar una etiqueta estática por cada variable del PLC a utilizar. Para esto se debe presionar *Click to add a static stag*. Ver Figura 3.31.

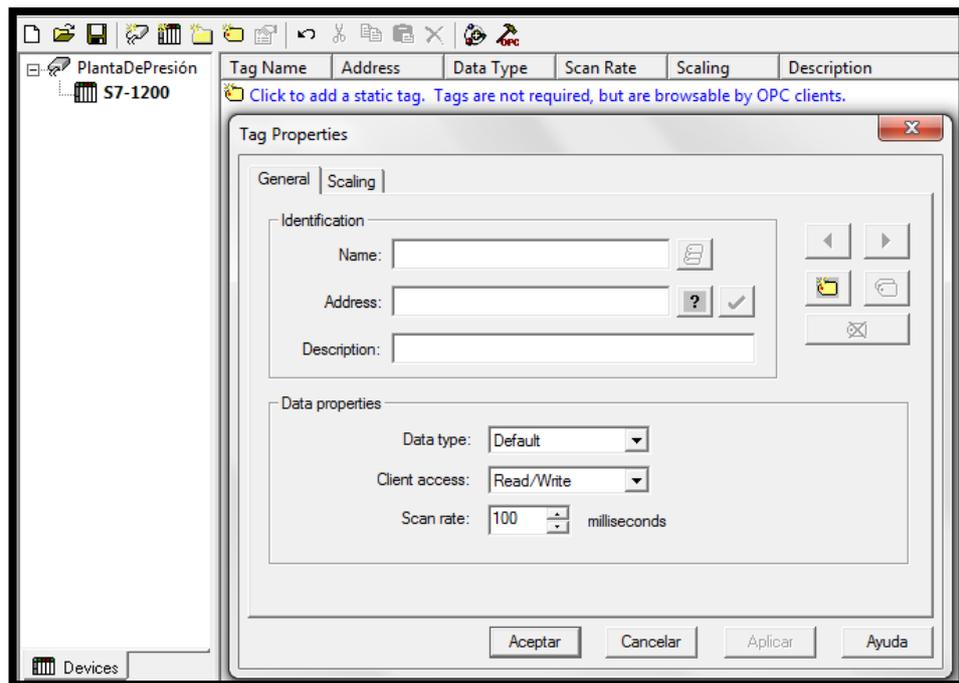
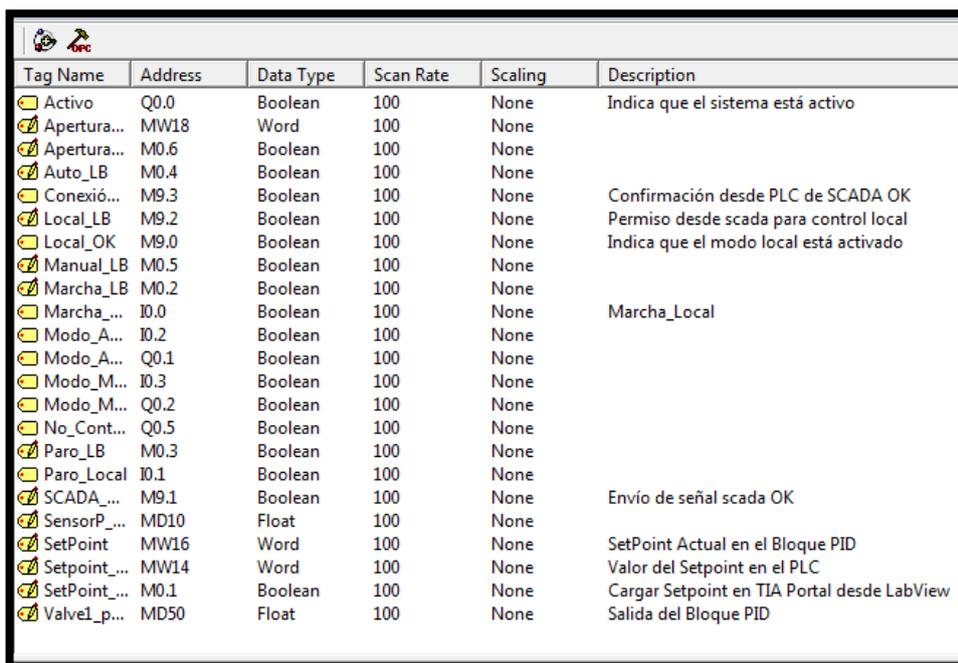


Figura 3.31 Etiqueta Estática.

En la ventana *Tag Properties* se configura las propiedades de etiqueta de cada una de las variables a utilizar, para esto se debe asignar un nombre, la dirección lógica, una descripción de la variable si es necesario, luego elegir tipo de dato, y si este será de escritura y/o lectura para el cliente OPC.

Los tipos de datos a configurar que hay que considerar son: *Boolean*, *Float* y *Word*, los cuales serán designados para variables de entrada, salida y auxiliares, que servirán para el desarrollo de la programación del sistema.

Al configurar todas las variables, ver Figura 3.32, se procede a guardar el proyecto.



Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
Activo	Q0.0	Boolean	100	None	Indica que el sistema está activo
Apertura...	MW18	Word	100	None	
Apertura...	M0.6	Boolean	100	None	
Auto_LB	M0.4	Boolean	100	None	
Conexió...	M9.3	Boolean	100	None	Confirmación desde PLC de SCADA OK
Local_LB	M9.2	Boolean	100	None	Permiso desde scada para control local
Local_OK	M9.0	Boolean	100	None	Indica que el modo local está activado
Manual_LB	M0.5	Boolean	100	None	
Marcha_LB	M0.2	Boolean	100	None	
Marcha_...	I0.0	Boolean	100	None	Marcha_Local
Modo_A...	I0.2	Boolean	100	None	
Modo_A...	Q0.1	Boolean	100	None	
Modo_M...	I0.3	Boolean	100	None	
Modo_M...	Q0.2	Boolean	100	None	
No_Cont...	Q0.5	Boolean	100	None	
Paro_LB	M0.3	Boolean	100	None	
Paro_Local	I0.1	Boolean	100	None	
SCADA_...	M9.1	Boolean	100	None	Envío de señal scada OK
SensorP...	MD10	Float	100	None	
SetPoint	MW16	Word	100	None	SetPoint Actual en el Bloque PID
Setpoint_...	MW14	Word	100	None	Valor del Setpoint en el PLC
SetPoint_...	M0.1	Boolean	100	None	Cargar Setpoint en TIA Portal desde LabView
Valve1_p...	MD50	Float	100	None	Salida del Bloque PID

Figura 3.32 Etiquetas de variables a Utilizar.

Para la configuración del cliente OPC se debe crear un proyecto en LabVIEW en el cual desarrollaremos la interfaz gráfica, por lo cual se debe configurar cada variable a utilizar.

Una vez creado el proyecto, se debe dar clic derecho en *My Computer*, seleccionar nuevo y luego *I/O Server*, ver Figura 3.33.

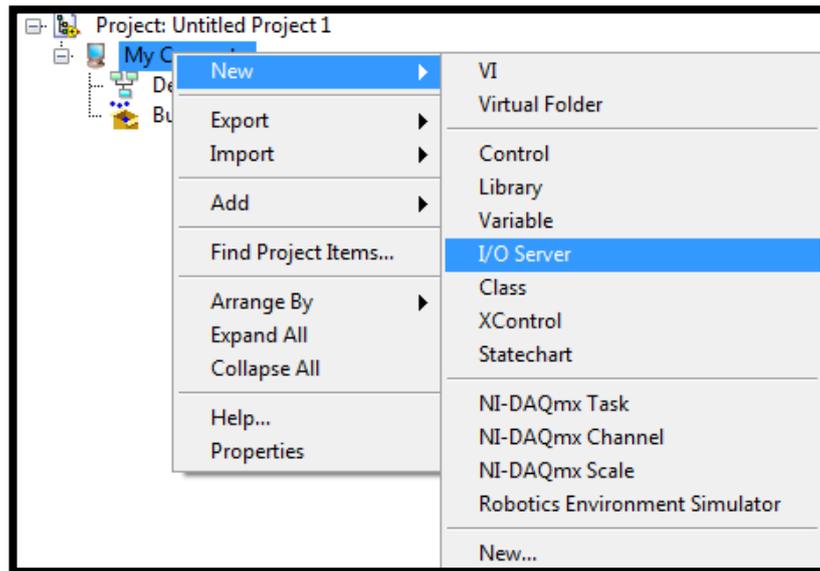


Figura 3.33 Configuración del cliente OPC.

Luego al abrirse la ventana *Create New I/O Server*, escoger *OPC Client* y presionar *continue*.

Después en *Configure OPC Client I/O Server*, seleccionamos *NationalInstruments.NIOPCServers* y luego presionamos OK.

Posteriormente en el proyecto se genera una librería la cual incluye al servidor OPC, la hemos nombrado *OPC_Server_&_Variables*, luego se procede a crear las variables a utilizar en LabVIEW, para esto se da clic derecho a la librería, se selecciona nuevo y luego variable. De inmediato se abre una ventana en la cual se debe configurar las

propiedades de las variables compartidas, ver Figura 3.34. Se debe seleccionar *Enable Aliasing* para ligar la variable al servidor OPC, luego se busca el canal de comunicación *PlantaDePresión* y el dispositivo *S7-1200*, y se elige la variable a la que vamos a configurar, luego se le designa un nombre y finalmente presionamos *OK*.

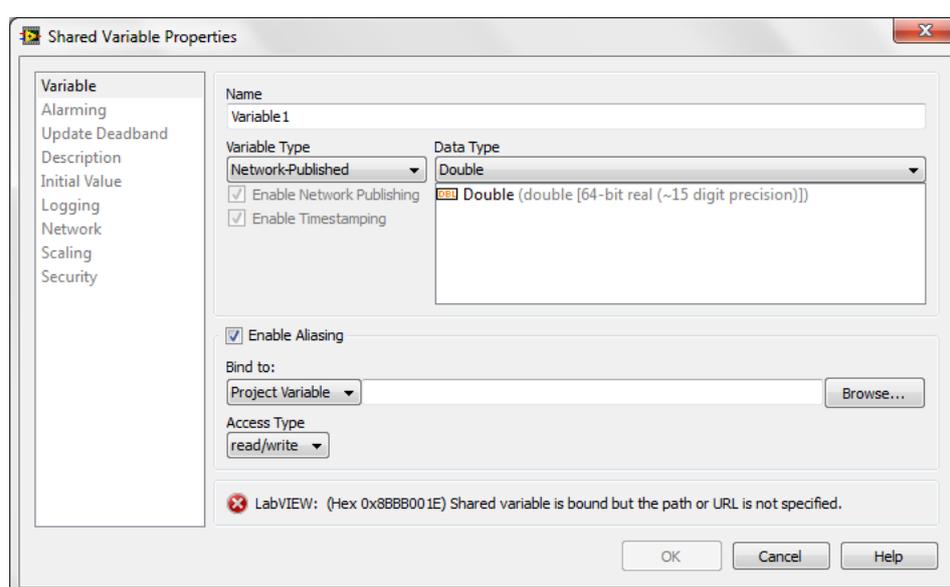


Figura 3.34 Propiedades de las variables compartidas.

Al tener todas las variables compartidas configuradas, ver Figura 3.35, damos por finalizada la configuración del cliente OPC.

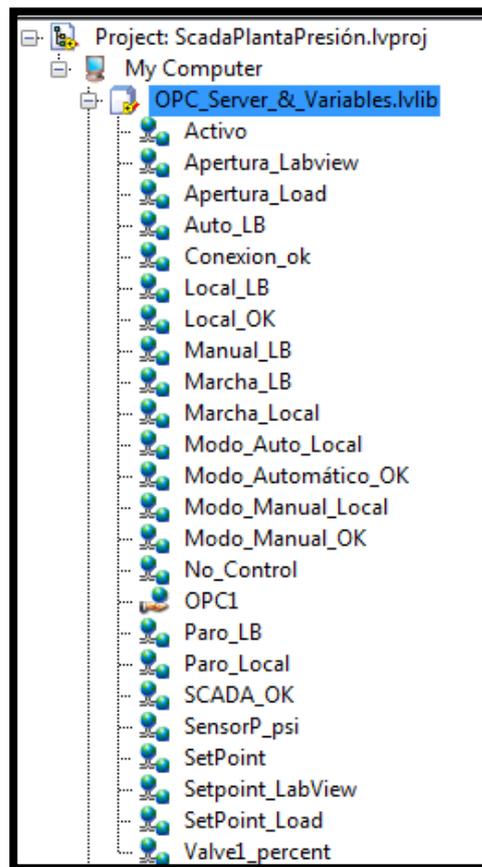


Figura 3.35 Variables compartidas en LabVIEW.

3.3 Programación de Interfaz Gráfica con LabVIEW.

Una vez que la comunicación OPC esté finalizada, se procede a realizar la programación de la Interfaz gráfica, la cual nos ayudara a interactuar remotamente con el sistema de la planta de presión.

Primero se procede a crear un VI en el mismo proyecto en donde se encuentran las variables compartidas, la interfaz gráfica debe mostrar

las variables de interés al usuario, por lo cual en su mayoría se utilizan indicadores para mostrar lo requerido. Para esto, las variables compartidas que se encuentran en el listado del proyecto se arrastran hacia el diagrama de bloques, luego si es necesario se puede configurar las variables en modo de lectura o escritura, esto se lo hace dando clic derecho en la opción *Access Mode*, ver Figura 3.36.

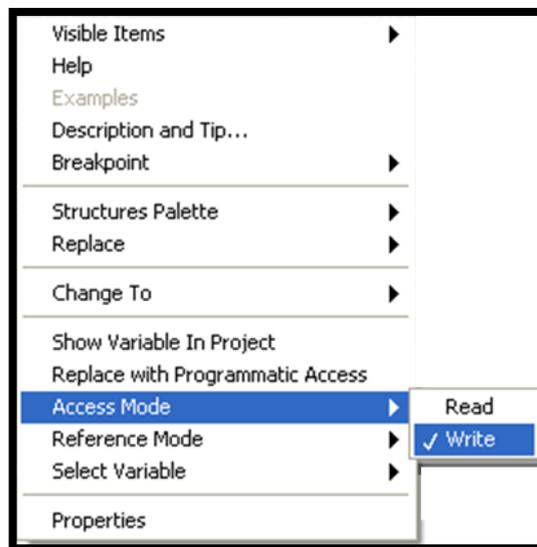


Figura 3.36 Configuración *Access Mode*.

En el diagrama de bloques, las variables de color verde representan las de tipo de dato booleano, las de color azul representan las de tipo de dato entero y las de color naranja representan las de tipo de dato real.

Posteriormente las variables son enlazadas con su respectivo indicador o control, según lo requerido en cada segmento. El diagrama de bloques completo se muestra en la Figura 3.37.

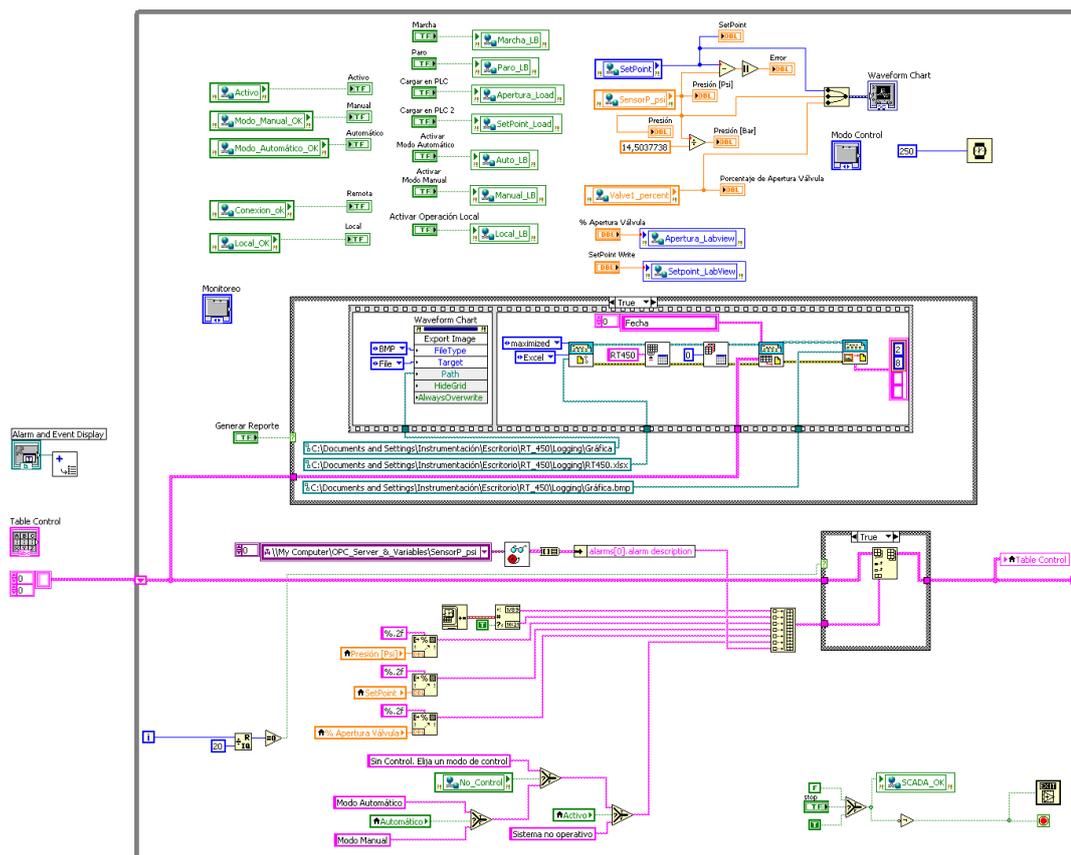


Figura 3.37 Diagrama de Bloques.

El segmento de programación mostrado en la Figura 3.38, nos ayuda en la conversión de unidades de presión de Bar a Psi, también se enlazan los valores del set-point, presión del sensor y porcentaje de apertura de la válvula proporcional para ser mostrados gráficamente en el *Waveform Chart*.

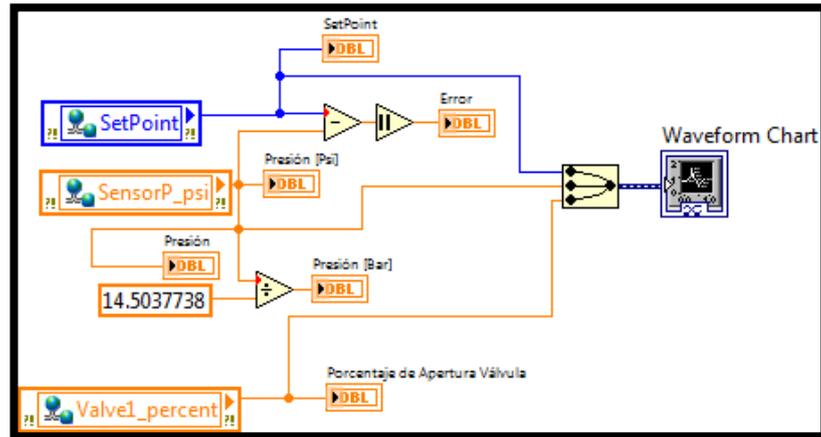


Figura 3.38 Conversión de unidades y representación grafica del control.

Para insertar el historial de alarmas y eventos, vamos a la paleta de controles del panel frontal, buscamos *DSC module > Alarms Controls > Alarm and event Display.vi*. Ver Figura 3.39.

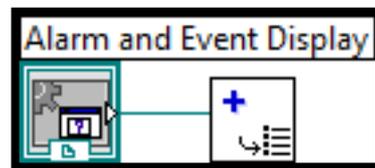


Figura 3.39 Bloque para visualización de alarmas y eventos.

Luego para configurar las alarmas vamos a la lista de variables compartidas del proyecto en LabVIEW, dar clic derecho luego elegir *properties* en la variable que se vaya a configurar.

Después se abre la ventana de configuración, elegir *Alarming* y poner el visto en la opción *Enable alarming*, lo cual habilitara a la variable para ser mostrada en el historial de eventos y alarmas, luego se procede a configurar los parámetros de la alarma según lo requerido.

En la configuración de la variable booleana *Activo*, ver Figura 3.40, la alarma se activa cuando la variable está en estado *Low* y nos envía una descripción al historial que indica que el sistema no está operativo.

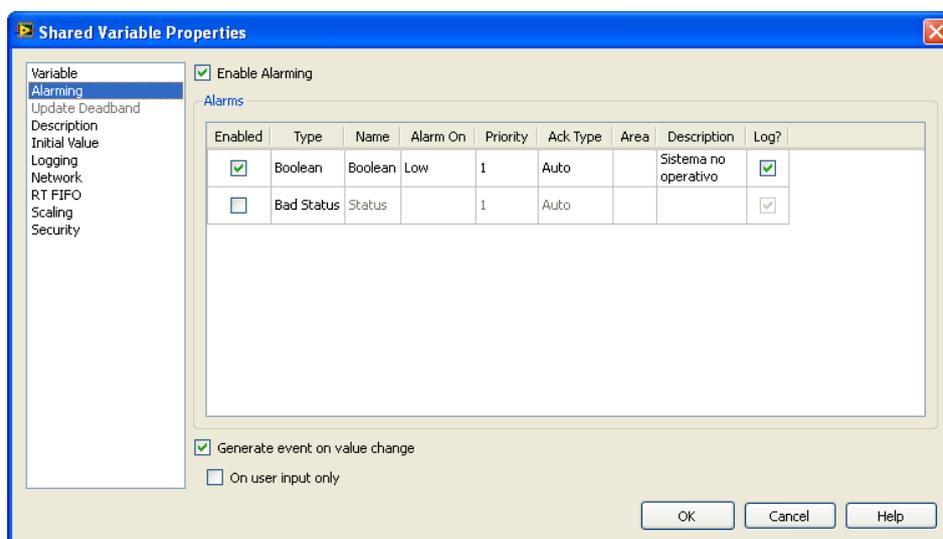


Figura 3.40 Configuración de alarma de variable booleana.

En el caso de la configuración de la variable analógica *SensorP_psi*, ver Figura 3.41, la variable consta con cuatro alarmas las cuales se

activan de la siguiente manera: cuando la presión que mide el sensor es mayor o igual a 80 psi se envía el mensaje de presión excesivamente alta, cuando la presión que mide el sensor se encuentra entre 70 y 79 psi se envía el mensaje de presión alta, cuando la presión que mide el sensor está entre 6 y 10 psi se envía el mensaje de presión baja, y cuando la presión que mide el sensor es menor o igual a 5 psi se envía el mensaje de presión excesivamente baja.

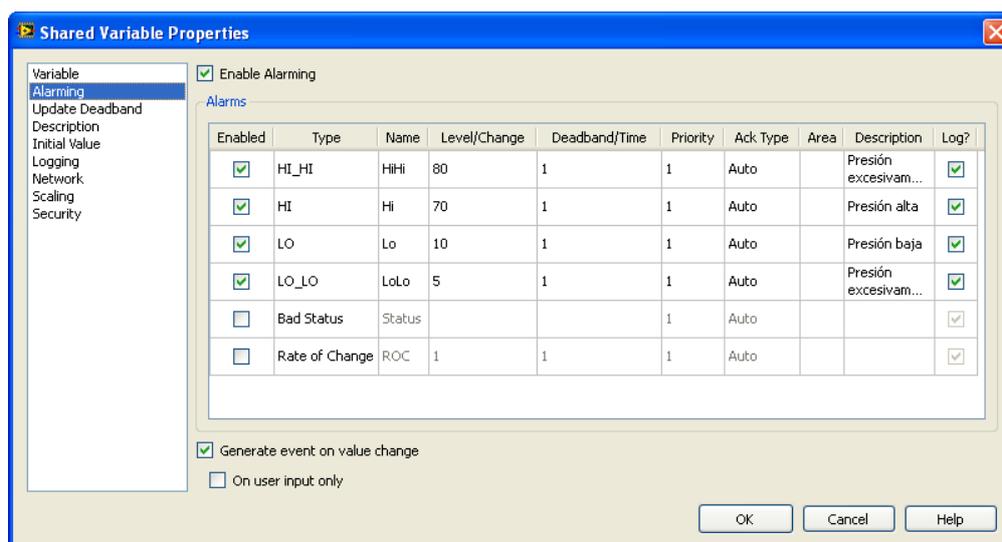


Figura 3.41 Configuración de alarmas de variable analógica.

Se procederá a explicar los bloques que generan un reporte en Excel con los datos de alarmas y eventos establecidos desde una tabla en LabVIEW, además de mostrar un gráfico de las variables de control en el reporte.

Primero se procede a crear la tabla con las variables de interés como: fecha, hora, presión, set-point, porcentaje de apertura de la válvula, modo de control y alarmas.

El segmento de programación mostrado en la Figura 3.42 nos indica el envío de las variables de presión, set-point y porcentaje de apertura de la válvula hacia la tabla. El primer bloque lee las variables numéricas y las transforma a tipo *Chart* para enviarlas a la tabla de datos, el segundo bloque ingresa la fecha y el tercer bloque ingresa la hora incluyendo los segundos.

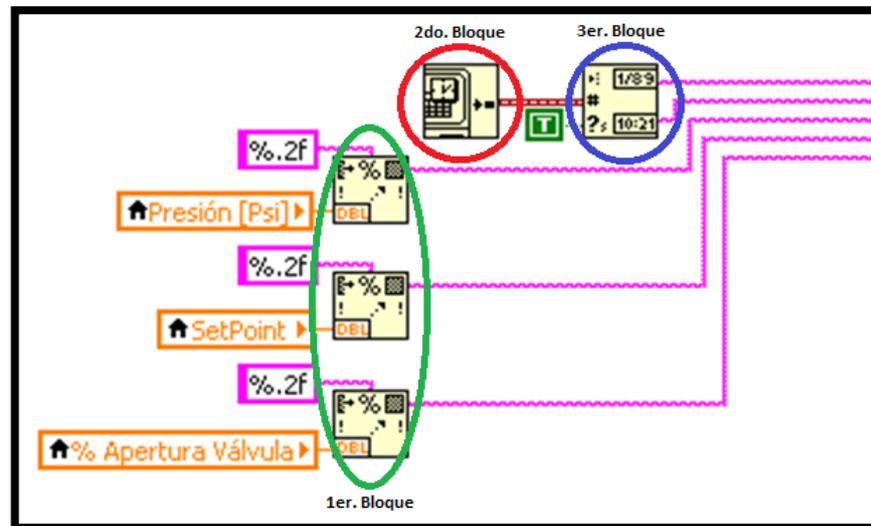


Figura 3.42 Envío de variables hacia la tabla de datos.

El bloque mostrado en la Figura 3.43, lee la señal de la variable *SensorP_psi* y la envía hacia la tabla de datos.

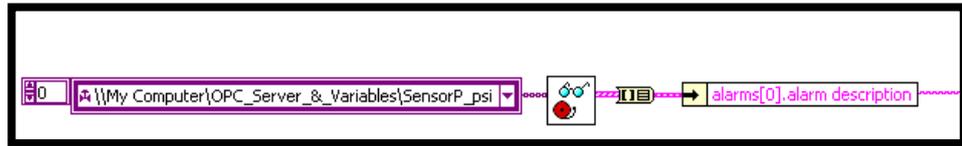


Figura 3.43 Envío de alarmas hacia la tabla de datos.

El segmento de programación mostrado en la Figura 3.44, nos indica la selección de los eventos con referencia al modo de control que son enviados a la tabla de datos.

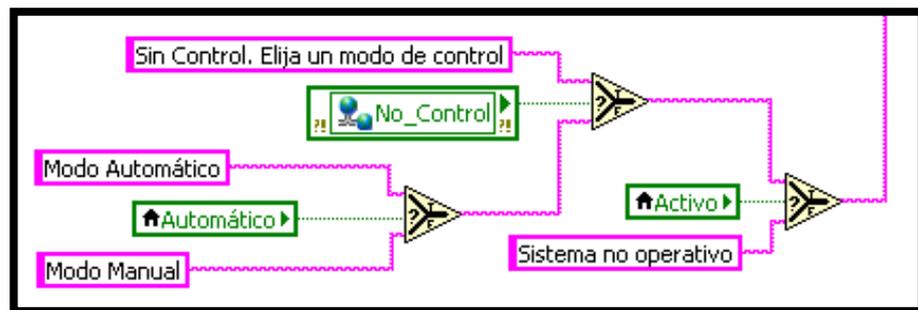


Figura 3.44 Envío de eventos hacia la tabla de datos.

El segmento de programación mostrado en la Figura 3.45, nos indica el ingreso de los datos en un arreglo que luego son insertados en la tabla de datos.

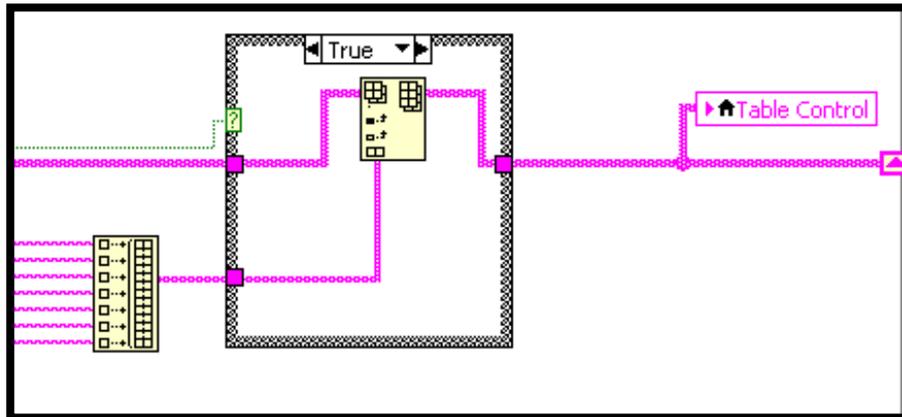


Figura 3.45 Arreglo de datos enviados hacia la tabla.

Hasta el momento se ha elaborado la programación de la tabla que mostrara los datos de alarmas, eventos y variables de interés, luego se procede a realizar la generación de un reporte en Excel, en el cual se envía la tabla previamente programada y la gráfica de las variables de control.

El segmento que se muestra en la Figura 3.46, nos indica que el bloque señalado que se encuentra en el primer evento del *Flat Sequence Structure*, hace una captura de la gráfica que se muestra presente en el *Waveform Chart* y la guarda en la ruta especificada en formato de imagen.

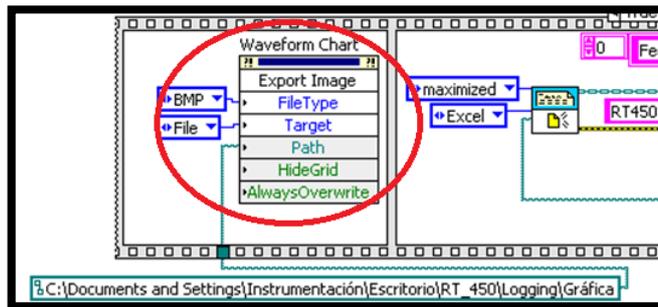


Figura 3.46 Bloque de captura de Gráfica.

El segundo evento del *Flat Sequence Structure* que se muestra en la Figura 3.47, este segmento de programación se describe de la siguiente manera: el primer bloque es el que abre el archivo Excel en la ruta especificada, el segundo bloque es el que da el nombre a la hoja de Excel, el tercer bloque nos indica el índice de la hoja de Excel donde se van a guardar los datos, el cuarto bloque es el que envía la tabla de LabVIEW a Excel y el quinto bloque es el que ingresa el gráfico en formato de imagen a Excel.

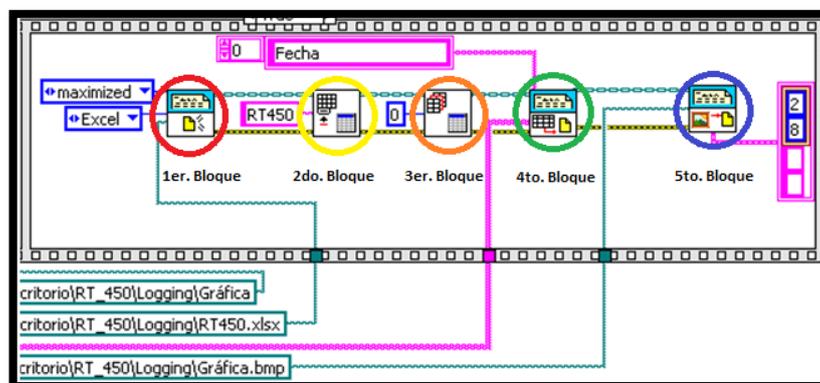


Figura 3.47 Segmento de envío de datos al reporte en Excel.

El módulo DSC nos permite añadir seguridad a los botones de control de la interfaz gráfica, como es el caso del botón *Generar Reporte*. Para esto se debe crear un dominio de seguridad y un usuario.

Para crear el dominio de seguridad se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccionar la ruta *Tools/Security/Domain Account Manager*.
2. En la ventana *Domain Manager*, seleccionar *File/New/Local Domain*
3. En *Domain Properties* ingresar el nombre del dominio *My Domain* y luego ingresar a la pestaña *Access Control*.
4. Seleccionar *Grand List* y añadir *localhost* a la lista, luego presionar *Ok*.
5. Se abre el cuadro de dialogo para ingresar la contraseña y luego confirmarla.
6. Presionar *Ok*, para finalizar la configuración del nuevo dominio local.

Para la creación del usuario se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccionar *My Domain* en la ventana *Domain Manager*.

2. Seleccionar *file/new/user*, luego se ingresa el nombre del usuario “Operarador”.
3. Se abre el cuadro de dialogo para ingresar la contraseña y luego confirmarla.
4. Presionar *Ok*, para finalizar la configuración del usuario.

Para añadirle el control de seguridad al botón *Generar Reporte*, se hace clic derecho al botón y nos ubicamos en la pestaña Security, se elige el acceso que se le desea dar, y se escoge el usuario que vamos a utilizar.

Finalmente para salir de programa, ver Figura 3.48, cuando *Stop* no es presionado envía un alto a la señal *SCADA_OK*, que nos indica que la interfaz gráfica está activa, mientras cuando *Stop* es presionado se cierra el programa.

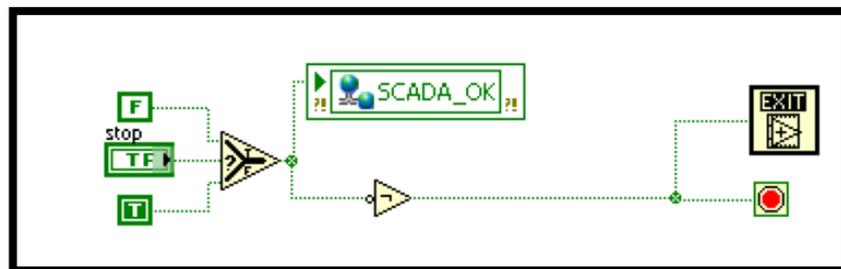


Figura 3.48 Salir de LabVIEW.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE PRUEBAS.

4.1 Diseño de Pruebas.

Las siguientes pruebas serán realizadas para evaluar y confirmar que cada etapa del presente proyecto funciona correctamente.

Comunicación PLC - OPC Server.

Una vez realizada la configuración del servidor OPC y haber ingresado las variables que nos interesa leer o modificar en el PLC podemos utilizar la herramienta *OPC Quick Client* con la que deberíamos ver que la calidad de la comunicación es buena e incluso podemos ver y modificar los valores actuales de las variables configuradas.

Comunicación OPC Server – SCADA en LabVIEW.

Con el servidor OPC funcionando correctamente y una vez configurado el *I/O server* en nuestro proyecto en LabVIEW podemos verificar que la comunicación es correcta comparando los valores que tenemos en los indicadores en nuestro SCADA con los valores mostrados en el *OPC Quick Client*.

Control en modo manual.

Al poner en marcha el sistema, planta RT 450 y SCADA, y al activar el modo manual deberíamos estar en condiciones de manejar directamente la apertura de la válvula, misma acción que hará variar la lectura del sensor lo que confirmaría que la señal de apertura fue correctamente enviada.

Control en modo automático.

Con el sistema puesto en marcha, planta RT 450 y SCADA, además activar el modo automático y definir el set point el control PID deberá ajustar la presión en los tanques a la requerida y en caso de modificar dicho set point el control deberá adaptarse al cambio ajustando la presión cuantas veces sea requerido.

Base de datos

Para verificar que la base de datos está correctamente configurada tanto los test de conexión como de vinculación deberán ser satisfactorios.

4.2 Análisis de Pruebas.

A continuación se presenta los resultados obtenidos:

Comunicación PLC - OPC Server.

Al ejecutar *OPC Quick Client* tenemos el siguiente resultado:

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
PlantaDePresión.57-1200.Activo	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Apertura_Labview	Word	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Apertura_Load	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Auto_LB	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Conexión_OK	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Local_LB	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Local_OK	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Manual_LB	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Marcha_LB	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Marcha_Local	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Modo_Auto_Local	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Modo_Automático_OK	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Modo_Manual_Local	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Modo_Manual_OK	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.No_Control	Boolean	1	13:47:26:578	Good	3
PlantaDePresión.57-1200.Paro_LB	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Paro_Local	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.SCADA_OK	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.SensorP_psi	Float	103.128	13:47:26:578	Good	3
PlantaDePresión.57-1200.SetPoint	Word	15	13:47:26:875	Good	3
PlantaDePresión.57-1200.Setpoint_LabView	Word	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.SetPoint_Load	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Valve1_percent	Float	0	13:47:12:250	Good	2

Figura 4.1 OPC Quick Client mostrando una buena comunicación.

Como podemos ver en la Figura 4.1 la calidad de la conexión es buena en todas las variables configuradas y muestra su valor actual.

Es posible también modificar las variables manualmente como se muestra en la Figura 4.2 utilizando la opción *asynchronous 2.0 write* sobre la variable Marcha-LB y podemos ver el cambio en la Figura 4.3.

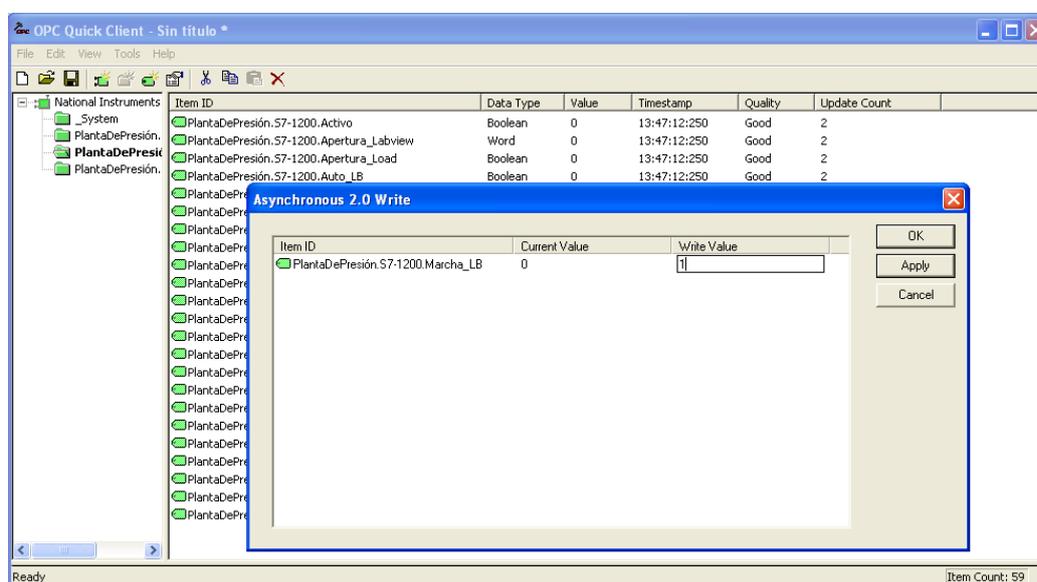


Figura 4.2 Escritura de nuevo valor en una variable ya configurada.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
PlantaDePresión.57-1200.Activo	Boolean	1	14:00:27:625	Good	5
PlantaDePresión.57-1200.Apertura_Labview	Word	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Apertura_Load	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Auto_LB	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Conexión_OK	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Local_LB	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Local_OK	Boolean	1	13:56:32:562	Good	3
PlantaDePresión.57-1200.Manual_LB	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Marcha_LB	Boolean	1	13:56:32:500	Good	3
PlantaDePresión.57-1200.Marcha_Local	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Modos_Auto_Local	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Modos_Automático_OK	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Modos_Manual_Local	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Modos_Manual_OK	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.No_Control	Boolean	1	13:47:26:578	Good	3
PlantaDePresión.57-1200.Paro_LB	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Paro_Local	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.SCADA_OK	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.SensorP_psi	Float	103.128	13:47:26:578	Good	3
PlantaDePresión.57-1200.SetPoint	Word	55	13:56:32:500	Good	4
PlantaDePresión.57-1200.Setpoint_LabView	Word	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.SetPoint_Load	Boolean	0	13:47:12:250	Good	2
PlantaDePresión.57-1200.Valve1_percent	Float	0	13:47:12:250	Good	2

Figura 4.3 Valor de variable Marcha_LB modificado.

Utilizando la aplicación *OPC Quick Client* confirmamos que la calidad de la comunicación es buena, además se pudo visualizar y modificar el valor de los ítems podemos dar por hecho que la comunicación entre el OPC server y el PLC es correcta.

Comunicación OPC Server – SCADA en LabVIEW.

Al ejecutar el SCADA vemos que por ejemplo en la Figura 4.4 el valor de la presión mostrada es idéntico a la presión que vemos en el *OPC Quick Client* de la Figura 4.1 por lo que la comunicación entre el OPC Server y el SCADA en LabVIEW es satisfactoria.

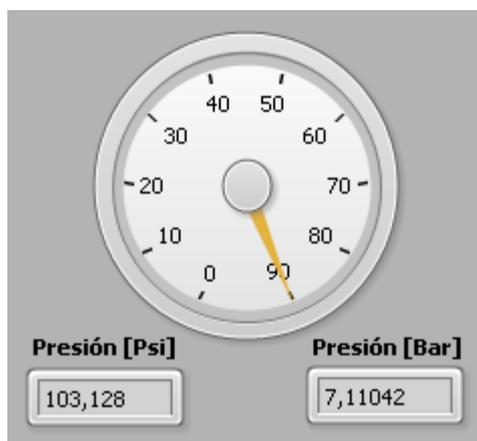


Figura 4.4 Valor de presión mostrado en SCADA.

Apertura de válvula en modo manual.

En la Figura 4.5 vemos que al cargar el valor de porcentaje de apertura de válvula requerido, en este caso 12 %, la presión en los tanques empieza a subir confirmando que físicamente la válvula ha sido abierta, entonces el control manual funciona correctamente; además podemos hacer una confirmación visual viendo el movimiento del vástago en de la válvula en la planta.

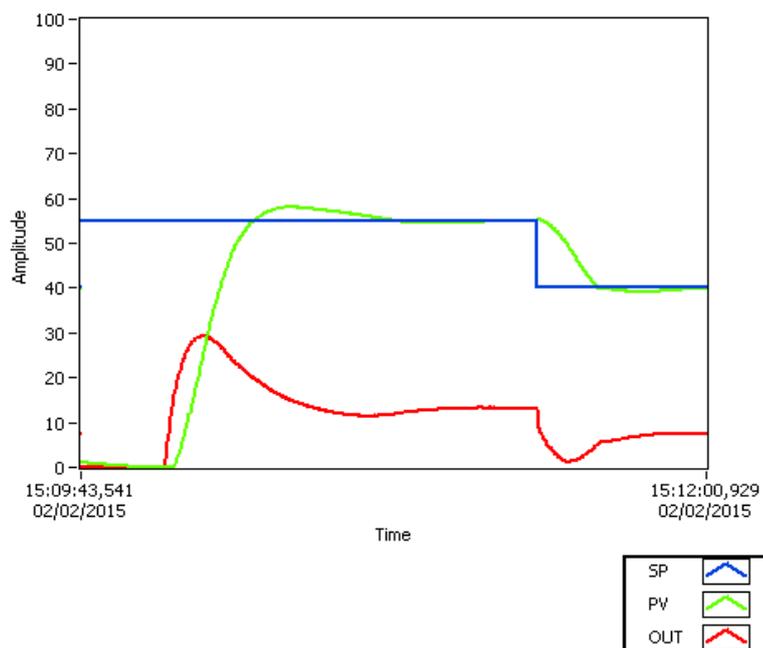


Figura 4.5 Respuesta del sistema ante control manual.

Control en modo automático.

Una vez hemos asignado un set point el control PID se encarga de manipular el porcentaje de apertura de la válvula de tal manera que iguale la presión en los tanques con el set point designado. En la Figura 4.6 vemos el comportamiento de la planta en control automático confirmando así su funcionamiento correcto.

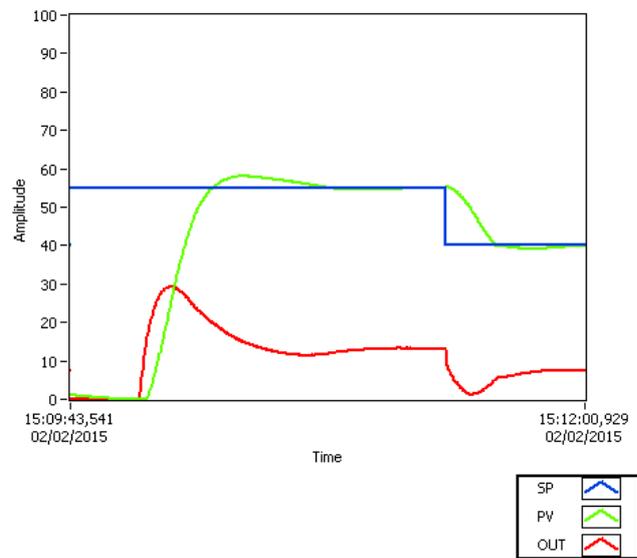


Figura 4.6 Respuesta del sistema ante control automático.

Base de datos

En la Figura 4.7 vemos que el test de vinculación de la base de datos es satisfactorio.

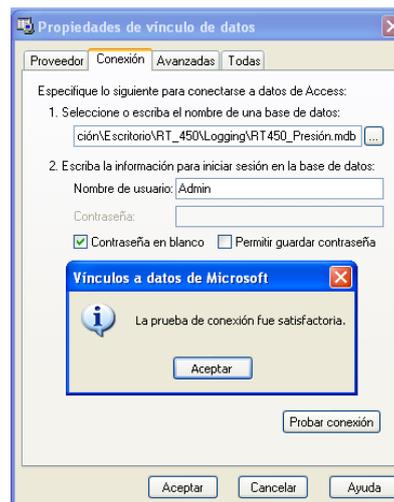


Figura 4.7 Test de vinculación satisfactorio.

En la Figura 4.8 vemos que el test de conexión de la base de datos es satisfactorio.

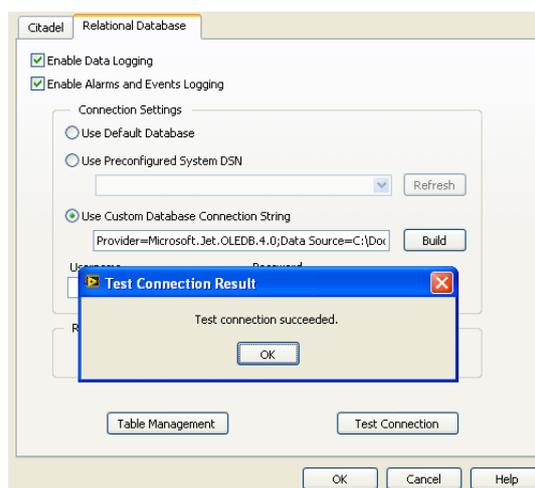


Figura 4.8 Test de conexión satisfactorio.

El resultado de ambas pruebas ha sido satisfactorio por lo que la base de datos ha sido configurada correctamente y está lista para almacenar datos.

CAPÍTULO 5

OPERACIÓN DEL SISTEMA.

5.1 Puesta en Marcha.

Conectar el PLC, la válvula proporcional, el sensor de presión e indicadores, y verificar que todo esté en orden y conectado correctamente incluido el cable Ethernet que va al PLC.

Energizar la planta y a la vez conectar el compresor, y fijar una presión de 6 bares.

Verificar que la presión de aire de la unidad de mantenimiento asociada al control de la válvula se encuentre en 2 bares, y la presión de la unidad de mantenimiento que está asociada a la alimentación de los tanques esté en 5.5 bares, este valor se toma para evitar que la

presión llegue a 6 bares, la cual es la máxima presión que soportan los tanques.

Para arrancar la planta, el pulsador de emergencia no debe estar activado, luego proceder a accionar el interruptor manual de la planta.

Cargar el programa en el PLC, en caso que no este.

Luego presionar el botón de *Marcha* (%I0.0), por cual se encenderá la salida *Activo* (%Q0.0), que indica que el sistema está listo para operar.

5.2 Operación Autónoma.

Con operación autónoma nos referimos al manejo de la planta sin necesidad que el SCADA este activo, por lo cual la operación sería de tipo local utilizando solo los elementos que están en el sitio.

La salida *Indicador_Control_Local* (%Q0.3), nos indicara que se puede operar la planta de forma local, ya que de no estar encendida solo

estarán habilitados los botones de *Marcha* y *Paro* por cualquier imprevisto.

Este modo de operación estará actuando siempre que no esté encendido el SCADA y en caso de que esté activado, el operador del mismo es el encargado de otorgar el permiso correspondiente para poder operar la planta de forma local.

Existen dos modos de control: Automático y Manual, para activarlos debemos presionar los botones *Modo_Automático* (%I0.2) o *Modo_Manual* (%I0.3) respectivamente, previamente el sistema debe estar en marcha.

Cabe recalcar que solo se puede elegir un modo de control a la vez, y en caso de que ninguno haya sido seleccionado, la salida *No_Control* (%Q0.5) se encenderá, la cual nos indica que no hay control en la planta.

Estando en Modo Automático, se enciende la salida *Modo_Automático_OK* (%Q0.1) y en el indicador de variable

controlada se mostrara el valor del set-point, que podemos modificar presionando los botones de las entradas *Suma_Auto* (%I0.4) y *Resta_Auto* (%I0.5).

Para salir del Modo Automático, podemos presionar el botón de *Paro*, deteniendo la ejecución del programa del PLC ó pasando a Modo Manual.

Mientras este activado el Modo Manual, se enciende la salida *Modo_Manual_OK* (%Q0.2) y en el indicador de la variable controlada se mostrara el porcentaje de apertura de la válvula. Para modificar este valor presionamos los botones de las entradas *Suma_Manual* (%I0.6) y *Resta_Manual* (%I0.7).

Para salir del Modo Manual, podemos presionar el botón de *Paro*, deteniendo la ejecución del programa del PLC ó pasando a Modo Automático.

5.3 Operación Remota.

La operación remota consiste en el monitoreo y control de la planta por medio del sistema SCADA.

Para que se ejecute la operación remota se debe de tener las mismas precauciones descritas anteriormente en *Puesta en marcha*, con respecto a las conexiones y la verificación de los equipos.

Cabe indicar que para dar marcha al sistema no es necesario hacerlo de forma local, ya que el SCADA nos permite dar marcha al sistema remotamente.

En la Figura 5.1 podemos observar el panel frontal de la interfaz gráfica, el cual nos muestra los botones para dar *Marcha* y *Paro* a la planta, junto a estos se encuentra un indicador que se enciende en marcha y se apaga en paro, también tenemos el botón *DETENER SCADA*, que nos sirve para desconectar la interfaz gráfica en caso de que sea necesario. Al desconectarse el SCADA automáticamente la planta pasa a operar de forma local.

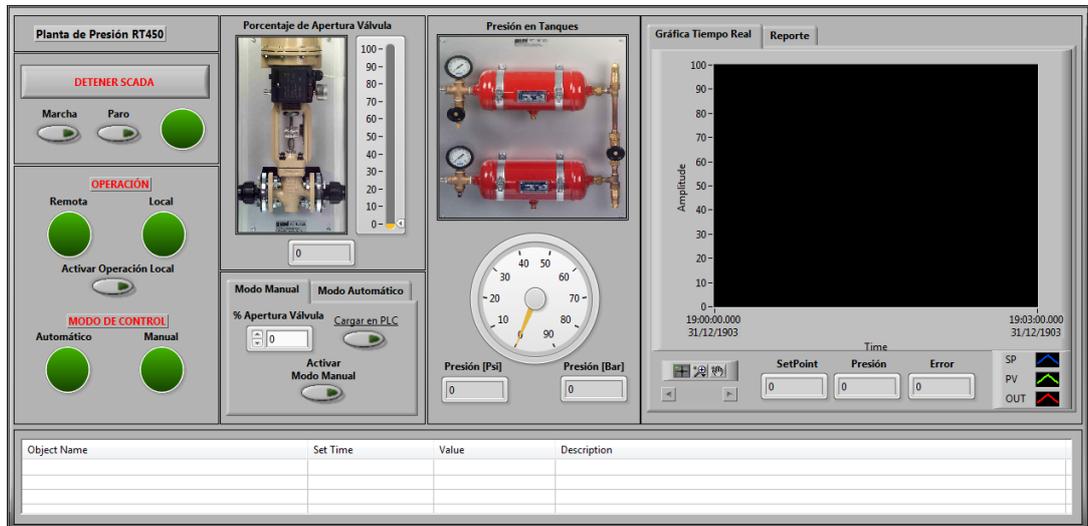


Figura 5.1 Panel Frontal con pestañas Modo Manual y Gráfica Tiempo Real.

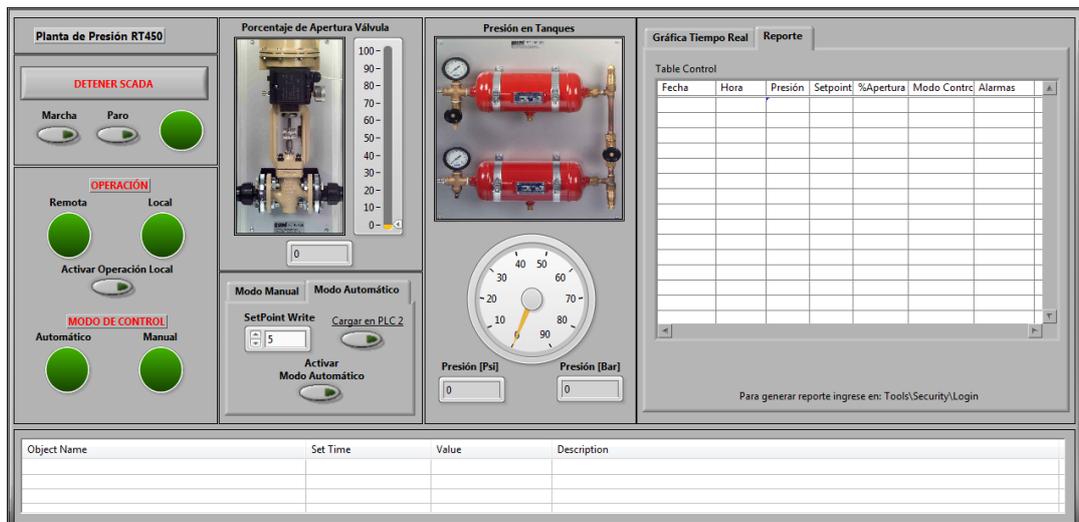


Figura 5.2 Panel Frontal con pestañas Modo Automático y Reporte.

Al dar marcha al sistema se enciende el indicador de *Operación Remota*, también se tiene opción de habilitar la operación local

mediante el botón *Activar Operación Local* y si es así se enciende el indicador de *Operación Local*.

Luego se debe de elegir un modo de control, si queremos trabajar en Modo Manual se debe accionar el botón *Activar Modo Manual*, después se procede a colocar un valor al porcentaje de apertura de la válvula y finalmente presionar el botón *Cargar en PLC*, así el valor ingresado será leído por el PLC. Figura 5.1.

Si se trabaja en el Modo de Control Automático se debe accionar el botón *Activar Modo Automático*, después se procede a colocar un valor al set-point y finalmente presionar el botón *Cargar en PLC*, así el valor ingresado será leído por el PLC. Figura 5.2

En el SCADA se mostraran los valores de las variables de interés por medio de indicadores, además de ser graficadas en tiempo real en un *Waveform Chart*. Figura 5.1.

Existe la opción de generar un reporte en Excel el cual incluye la tabla de control de la Figura 5.2, y el gráfico presente en el *Waveform Chart*.

Cabe recalcar que la generación del reporte tiene una restricción de seguridad por lo cual solo el usuario “Operador” podrá acceder al botón *Generar Reporte*, por lo que tendrá que iniciar cesión en la siguiente ruta *Tools/Security/Log in*.

Para iniciar cesión, se ingresa el usuario “Operador” y la contraseña “123456” en la ventana mostrada en la Figura 5.3.

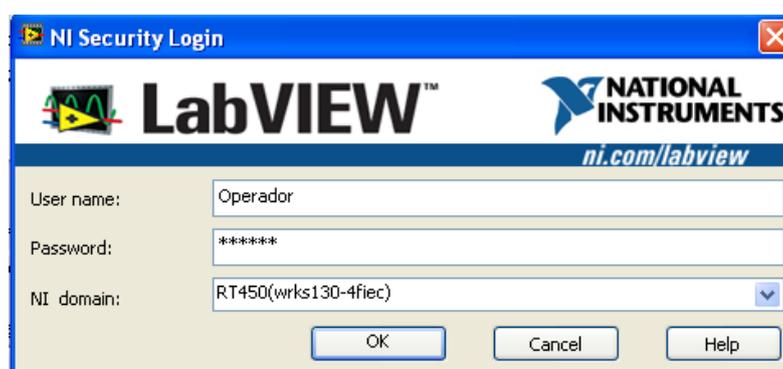


Figura 5.3 Iniciar cesión.

Luego de iniciar cesión, el botón *Generar Reporte* se hace visible en la pestaña Reporte, ver Figura 5.4.

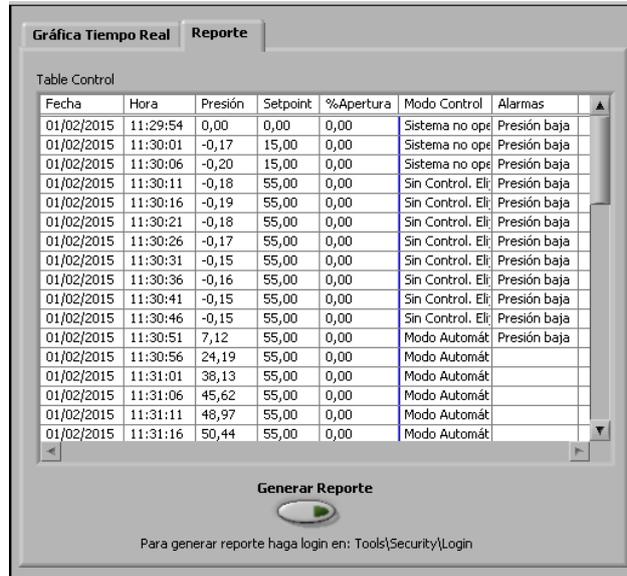


Figura 5.4 Botón Generar Reporte visible

Al presionar el botón *Generar reporte*, abrirá el Excel los datos respectivos. Ver Figura 5.5.

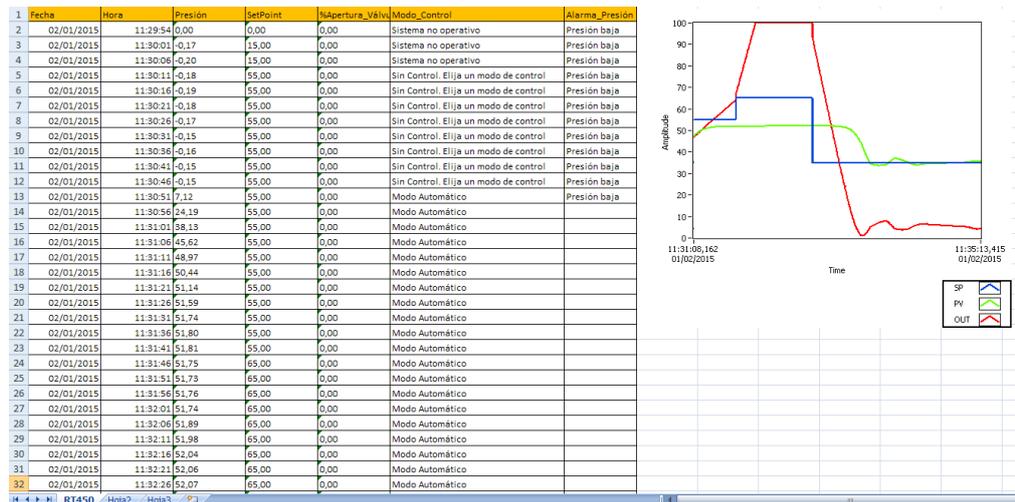


Figura 5.5 Reporte en Excel.

CAPÍTULO 6

GUÍA DE PRÁCTICAS PARA IMPLEMENTACIÓN EN LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.

6.1 Práctica#1: Configuración cliente/servidor - OPC – S7-1200.

Objetivos:

- Configurar el servidor OPC utilizando NI OPC Servers para comunicar el PLC S7-1200 con el computador.
- Verificar la comunicación del PLC S7-1200 con el computador utilizando OPC Quick Client.
- Configurar cliente OPC con I/O Server del toolkit DSC en LabVIEW.

Configuración Servidor OPC.

Configuración del canal:

1. Abrir el programa NI OPC Servers, al desplegarse la ventana, se debe abrir un proyecto nuevo, usando *New Project*, ubicado en la parte superior izquierda de la ventana.
2. Añadir un canal presionado *Click to add a channel*, el **canal** es la comunicación del PC con el hardware. Ver Figura 6.1. Posteriormente se procederá a llenar la información para la configuración del canal.

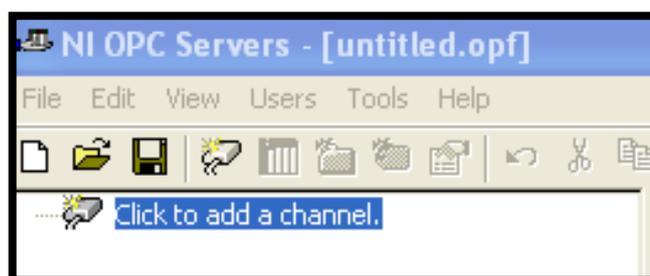


Figura 6.1 Añadir Canal.

3. En *Identification*, se procede a dar un nombre al canal, el cual hemos nombrado *S7-1200*, luego presionar siguiente. Ver Figura 6.2.

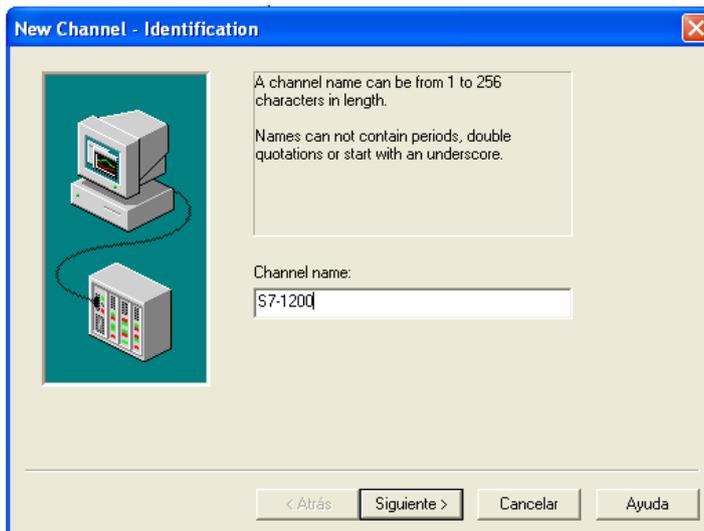


Figura 6.2 Nombre del canal.

4. En *Device Driver*, se procede a escoger el tipo de PLC que se va a utilizar, en este caso *Siemens TCP/IP Ethernet*, luego presionar siguiente. Ver Figura 6.3.



Figura 6.3 Tipo de PLC.

5. En *Network Interface*, se procede a escoger la interfaz de red, en este caso se elige *Realtek PCIe GBE* con el IP 200.126.14.8 que corresponde a la IP del computador en el que se hace la programación, luego presionar siguiente. Ver Figura 6.4.

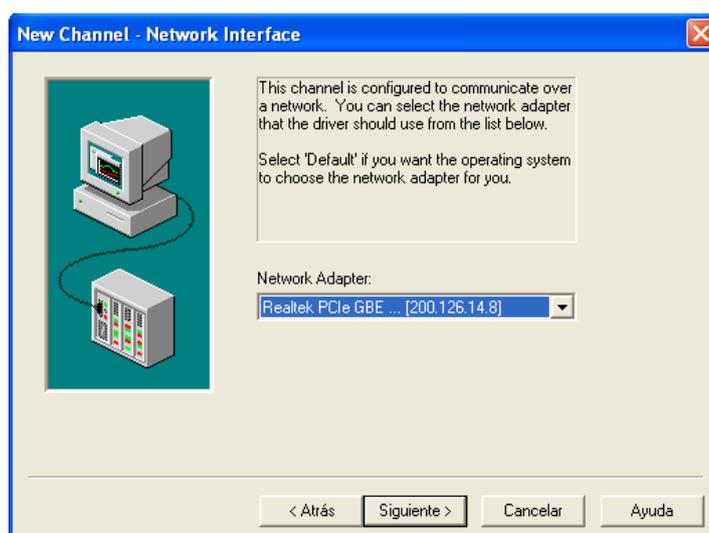


Figura 6.4 Interfaz de Red.

6. En *Write Optimization*, Figura 6.5, se deben dejar los valores predeterminados y dar clic en siguiente.

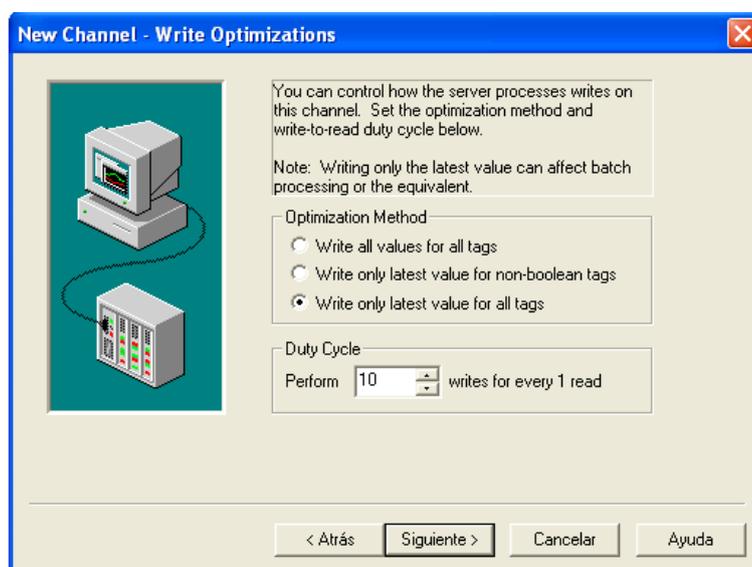


Figura 6.5 Optimizaciones.

7. Finalmente en *Summary*, ver Figura 6.6, se muestra un resumen de la configuración del canal. Luego se da finalizar.

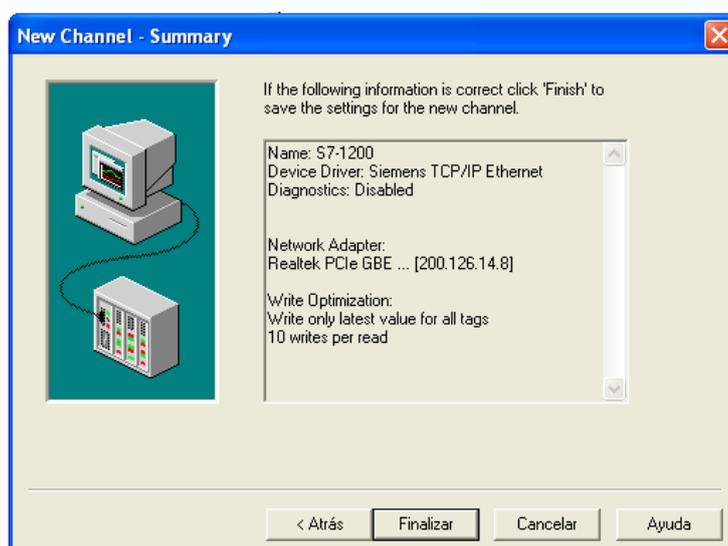


Figura 6.6 Resumen de configuración del canal.

Configuración del dispositivo:

Ya que el canal de comunicación está establecido, se procede a añadir el **dispositivo**.

1. Presionar *Click to add a device*, que se encuentra en la parte izquierda de la ventana principal del *NI OPC Servers*. Ver Figura 6.7.



Figura 6.7 Añadir Dispositivo.

2. En la ventana *Name*, se procede a dar un nombre al dispositivo, el cual hemos nombrado *PLC_Presión*, luego presionar siguiente. Ver Figura 6.8.

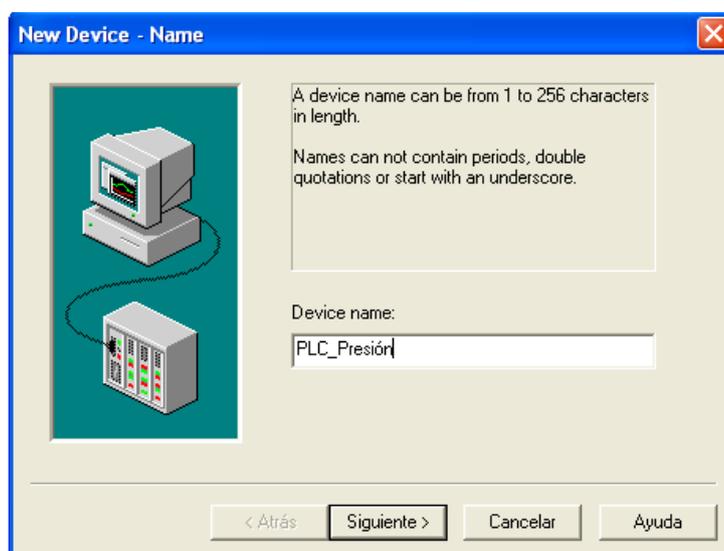


Figura 6.8 Nombre del Dispositivo.

3. En *Model*, se elije el modelo del dispositivo a utilizar, se escoge el S7-200. Luego presionar siguiente. Ver Figura 6.9.

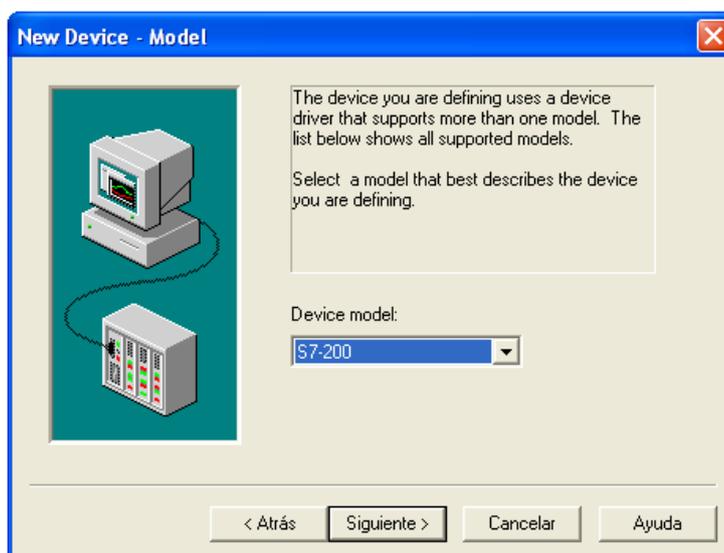


Figura 6.9 Modelo del PLC.

Cabe recalcar que en la lista de modelos de PLC, no se encuentra el modelo del S7-1200, debido a esto se elige el S7-200, el cual también es compatible con el dispositivo utilizado.

4. En *ID*, se procede a escribir la dirección IP en la cual está establecido el dispositivo: 200.126.14.122, luego presionar siguiente. Ver Figura 6.10

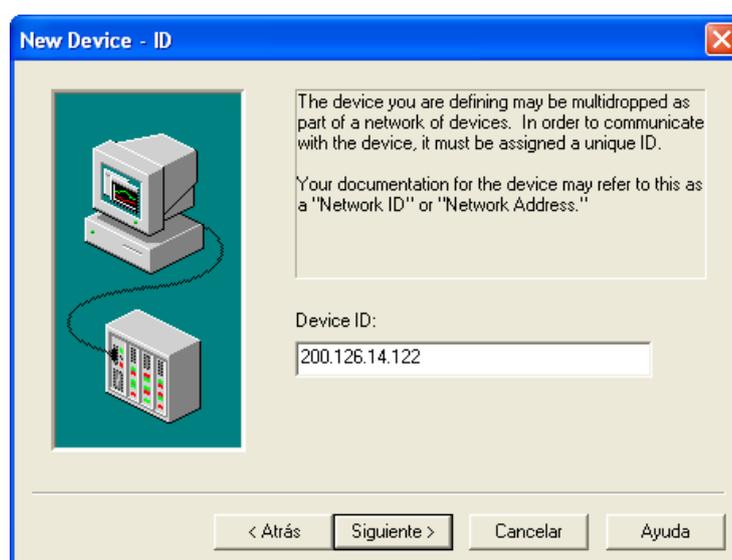


Figura 6.10 Dirección del dispositivo.

5. En *Timing*, se encuentran los parámetros de tiempo de comunicación, se configura el *Request timeout* en 2000 milisegundos, esto quiere decir que este es el tiempo que espera el

equipo sin comunicación para emitir una falla, luego presionar siguiente. Ver Figura 6.11.

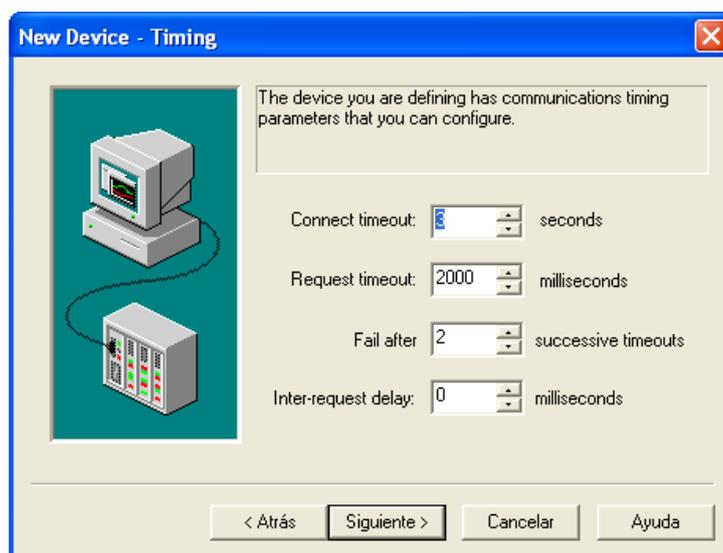


Figura 6.11 Parámetros de tiempo de comunicación.

6. En *Auto-Demotion*, en el cuadro de *Demote After* se asigna el valor de 3 fallas sucesivas, y en *Demote for* se asigna 10000 ms, lo que quiere decir que en caso de falla el equipo tratara de restablecer la comunicación cada diez segundos por tres veces. Luego presionar siguiente. Ver Figura 6.12.

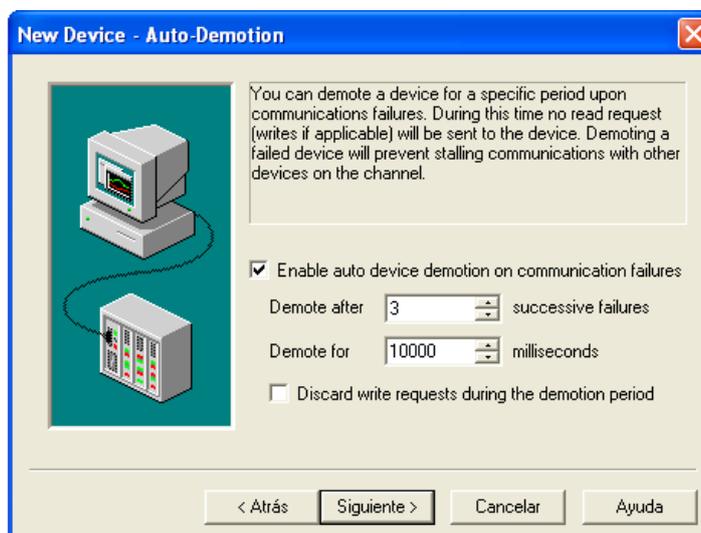


Figura 6.12 Auto Demotion.

7. En *Communication Parameters*, se escribe el puerto de comunicación en el router el cual es 102. Luego presionar siguiente. Ver Figura 6.13.

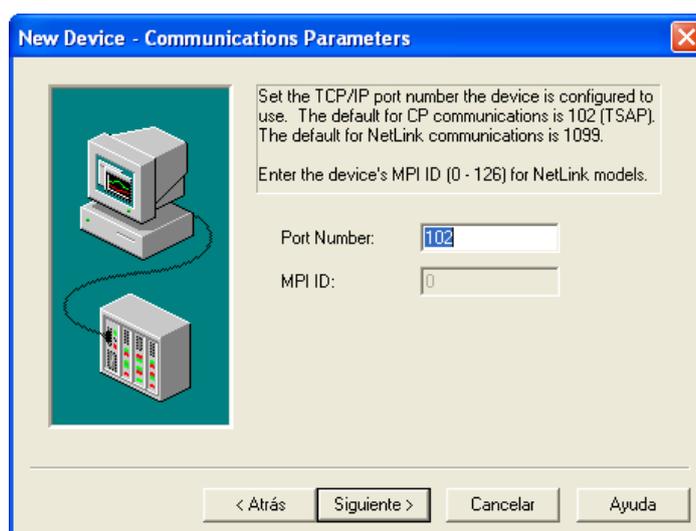


Figura 6.13 Puerto de comunicación.

8. En *S7 Comm. Parameters*, las direcciones de transporte TSAP se configuran con un valor de 1000 para local y 301 para remoto. Ver Figura 6.14

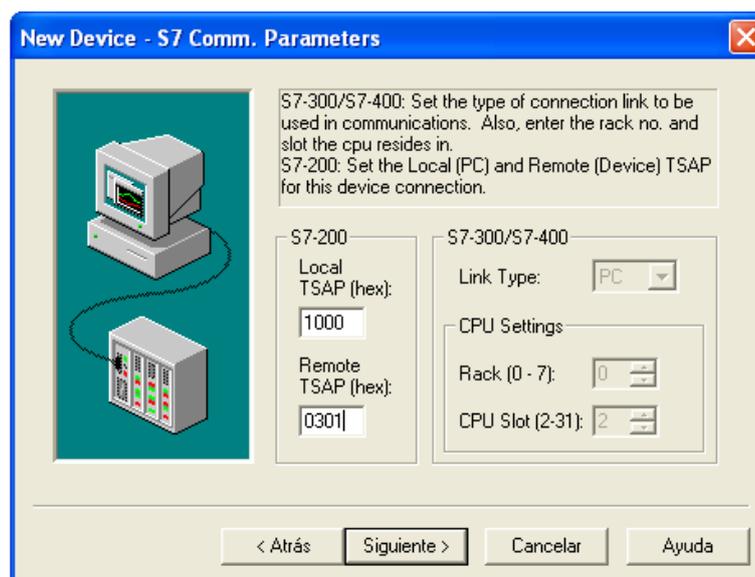


Figura 6.14 Parámetros de Comunicación.

9. Finalmente se presiona siguiente hasta llegar a *Summary* y se finaliza la configuración del dispositivo. Ver Figura 6.15.

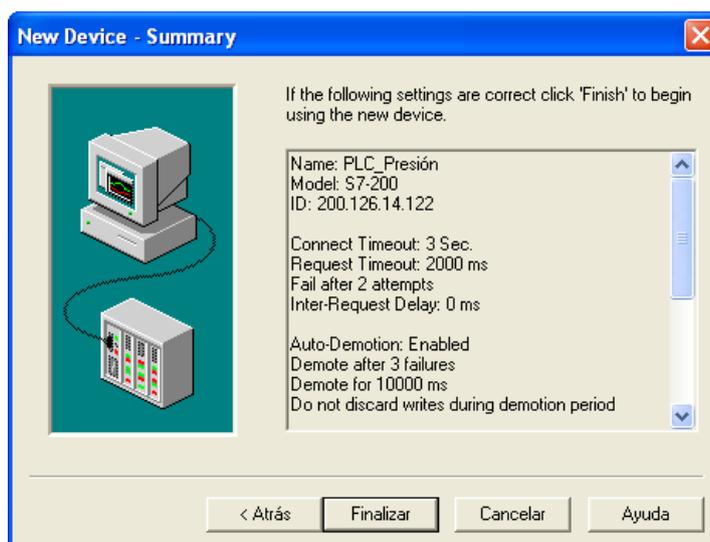


Figura 6.15 Resumen de configuración del dispositivo.

Por el momento se ha configurado la comunicación del PLC con el computador mediante OPC, pero para que las variables sean recibidas en LabVIEW por medio del cliente OPC, se debe agregar una etiqueta estática por cada variable del PLC a utilizar.

Configuración de etiquetas estáticas:

1. Añadir una etiqueta estática presionando *Click to add a static stag*, que se encuentra en el centro de la ventana principal del *NI OPC Servers*. Ver Figura 6.16.
2. En *Tag Properties*, se configura las propiedades de la etiqueta de cada una de las variables a utilizar, para esto se debe asignar un

nombre, la dirección lógica, una descripción de la variable si es necesario, luego elegir tipo de dato, y si este será de escritura y/o lectura para el cliente OPC. Ver Figura 6.16.

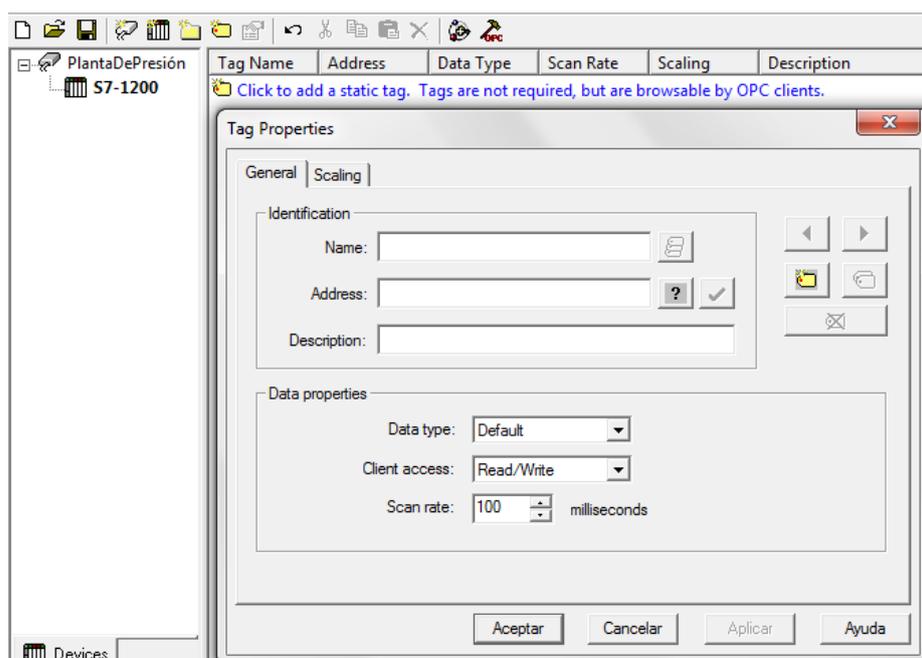
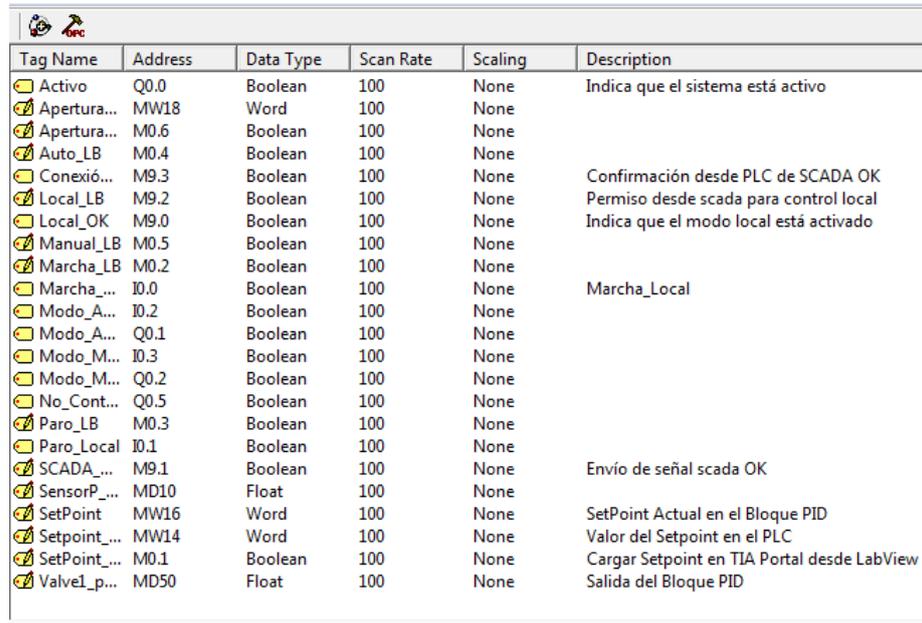


Figura 6.16 Etiqueta estática.

Los tipos de datos a configurar que hay que considerar son: *Boolean*, *Float* y *Word*, los cuales serán designados para variables de entrada, salida y auxiliares, que servirán para el desarrollo de la programación del sistema.

Al configurar todas las variables, ver Figura 6.17, se procede a guardar el proyecto.



Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
Activo	Q0.0	Boolean	100	None	Indica que el sistema está activo
Apertura...	MW18	Word	100	None	
Apertura...	M0.6	Boolean	100	None	
Auto_LB	M0.4	Boolean	100	None	
Conexió...	M9.3	Boolean	100	None	Confirmación desde PLC de SCADA OK
Local_LB	M9.2	Boolean	100	None	Permiso desde scada para control local
Local_OK	M9.0	Boolean	100	None	Indica que el modo local está activado
Manual_LB	M0.5	Boolean	100	None	
Marcha_LB	M0.2	Boolean	100	None	
Marcha_...	I0.0	Boolean	100	None	Marcha_Local
Modo_A...	I0.2	Boolean	100	None	
Modo_A...	Q0.1	Boolean	100	None	
Modo_M...	I0.3	Boolean	100	None	
Modo_M...	Q0.2	Boolean	100	None	
No_Cont...	Q0.5	Boolean	100	None	
Paro_LB	M0.3	Boolean	100	None	
Paro_Local	I0.1	Boolean	100	None	
SCADA_...	M9.1	Boolean	100	None	Envío de señal scada OK
SensorP...	MD10	Float	100	None	
SetPoint	MW16	Word	100	None	SetPoint Actual en el Bloque PID
Setpoint...	MW14	Word	100	None	Valor del Setpoint en el PLC
SetPoint...	M0.1	Boolean	100	None	Cargar Setpoint en TIA Portal desde LabView
Valve1_p...	MD50	Float	100	None	Salida del Bloque PID

Figura 6.17 Etiqueta de variables.

Verificación de comunicación.

Para confirmar que el PLC este comunicado correctamente con el servidor OPC, se utiliza la función *Quick OPC Client*. Para esto el PLC debe estar encendido y al activar la función ya mencionada, se abre una ventana donde hay que escoger el canal y el dispositivo que se está utilizando. Posteriormente se abre una ventana, ver Figura 6.18, donde se aprecia el listado en el cual aparece cada variable con sus parámetros de configuración y verificamos que *Quality* esté en estado *Good* en todo el listado. Así se verifica que la comunicación este de una forma adecuada, luego se cierra la ventana. Finalmente se guarda el proyecto.

La configuración del servidor OPC ha sido terminada, y se procede a realizar la configuración del cliente OPC.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality
System_ActiveTagCount	DWord	82	11:28:43:625	Good
System_ClientCount	DWord	5	11:28:43:625	Good
System_Date	String	13/12/2014	11:28:43:234	Good
System_Date_Day	DWord	13	11:28:43:234	Good
System_Date_Month	DWord	12	11:28:43:234	Good
System_Date_Year2	DWord	14	11:28:43:234	Good
System_Date_Year4	DWord	2014	11:28:43:234	Good
System_DateTime	Date	2014-12-13T16:29:07.000	11:29:07:625	Good
System_DateTimeLocal	Date	2014-12-13T11:29:07.000	11:29:07:625	Good
System_FullProjectName	String	C:\Documents and Setti...	11:28:43:234	Good
System_ProjectName	String	OPC_Server_Planta_de...	11:28:43:234	Good
System_Time	String	11:29:08	11:29:07:625	Good
System_Time_Hour	DWord	11	11:28:43:234	Good
System_Time_Hour24	DWord	11	11:28:43:234	Good
System_Time_Minute	DWord	29	11:29:00:625	Good
System_Time_PM	Boolean	0	11:28:43:234	Good
System_Time_Second	DWord	7	11:29:07:625	Good
System_TotalTagCount	DWord	82	11:28:43:625	Good

Figura 6.18 Comprobación con Quick OPC Client.

Configuración cliente OPC.

Para la configuración del cliente OPC, previamente se debe crear un proyecto en LabVIEW en el cual desarrollaremos la interfaz gráfica. A continuación se describe la configuración del cliente OPC.

1. Se debe dar clic derecho en *My Computer*, seleccionar nuevo y luego *I/O Server*, ver Figura 6.19.

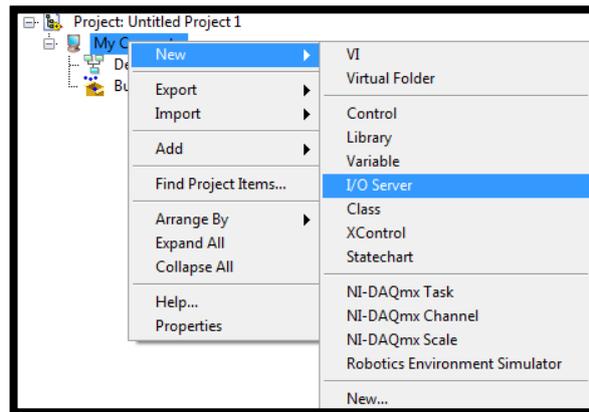


Figura 6.19 Configuración del cliente OPC.

2. En *Create New I/O Server*, escoger *OPC Client* y presionar *continue*. Ver Figura 6.20.

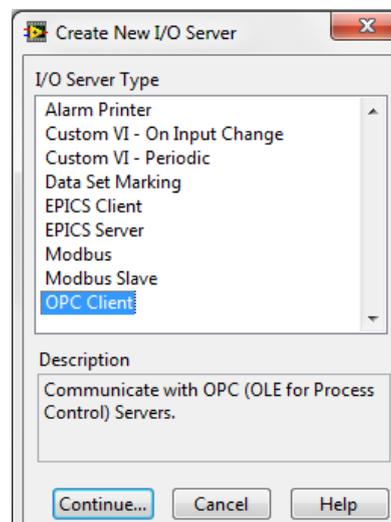


Figura 6.20 OPC Client.

3. En *Configure OPC Client I/O Server*, seleccionamos *NationalInstruments.NIOPCServers*, luego OK. Ver Figura 6.21.

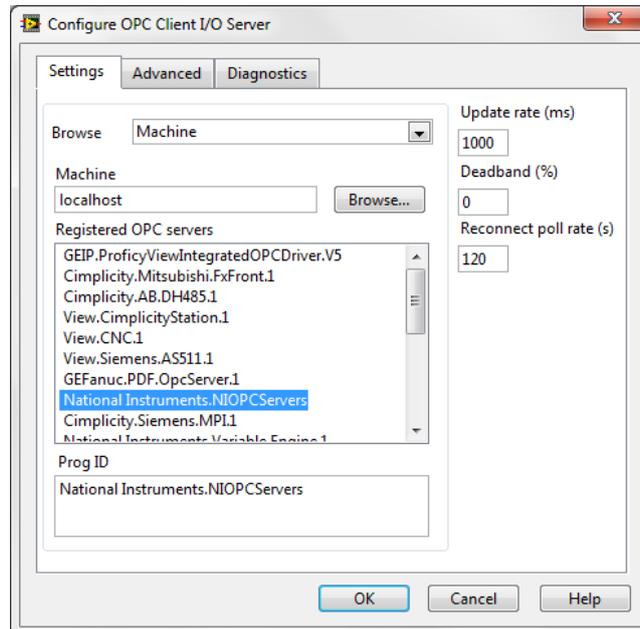


Figura 6.21 Configuración OPC Client.

4. En el proyecto se genera una librería la cual incluye al servidor OPC, la hemos nombrado *OPC_Server_&_Variables*, luego se procede a crear las variables a utilizar en LabVIEW, para esto se da clic derecho a la librería, se selecciona nuevo y luego variable.
5. Se abre *Shared Variable Properties* donde se debe configurar las propiedades de las variables compartidas, ver Figura 6.22. Se debe seleccionar *Enable Alasing* para ligar la variable al servidor OPC, luego se busca el canal de comunicación *PlantaDePresión* y el dispositivo *S7-1200*, y se elige la variable a la que vamos a configurar, luego se le designa un nombre y finalmente presionamos *OK*.

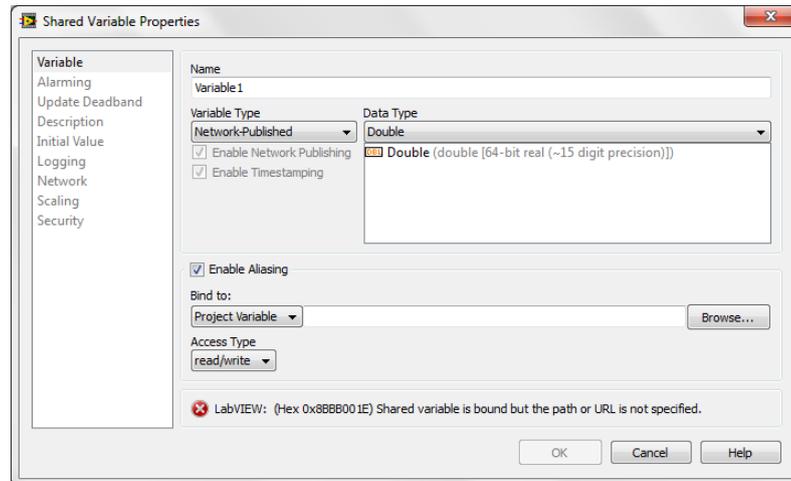


Figura 6.22 Propiedades de variables compartidas.

Al tener todas las variables compartidas configuradas, ver Figura 6.23, damos por finalizada la configuración del cliente OPC.

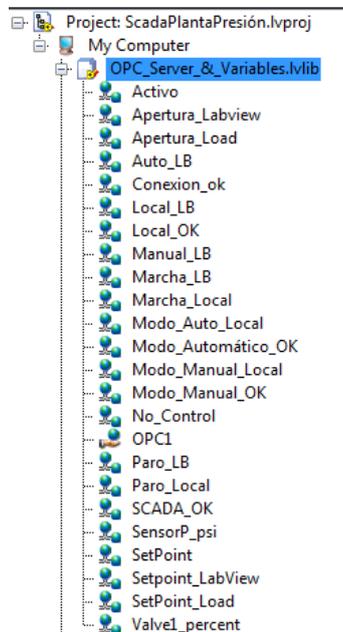


Figura 6.23 Variables compartidas en LabVIEW.

6.2 Práctica#2: Operación de Planta.

Objetivos:

- Preparar el sistema de control para la operación local con el PLC S7-1200 y la operación remota con la interfaz gráfica en LabVIEW.
- Analizar la operación del sistema de control utilizando el PLC S7-1200 y la interfaz gráfica en LabVIEW.

Puesta en marcha

1. Conectar el PLC, la válvula proporcional, el sensor de presión e indicadores, y verificar que todo esté en orden y conectado correctamente incluido el cable Ethernet que va al PLC.
2. Energizar la planta y a la vez conectar el compresor, y fijar una presión de 6 bares.
3. Verificar que la presión de aire de la unidad de mantenimiento asociada al control de la válvula se encuentre en 2 bares, y la presión de la unidad de mantenimiento que está asociada a la alimentación de los tanques esté en 5.5 bares, este valor se toma para evitar que la presión llegue a 6 bares, la cual es la máxima presión que soportan los tanques.

4. Para arrancar la planta, el pulsador de emergencia no debe estar activado, luego proceder a accionar el interruptor manual de la planta.
5. Cargar el programa en el PLC, en caso que no este.
6. Presionar el botón de *Marcha* (%I0.0), por cual se encenderá la salida *Activo* (%Q0.0), que indica que el sistema está listo para operar.

Operación Local

La salida *Indicador_Control_Local* (%Q0.3), nos indicara que se puede operar la planta de forma local, ya que de no estar encendida solo estarán habilitados los botones de *Marcha* y *Paro*.

Este modo de operación estará actuando siempre que no esté encendido el SCADA y en caso de que esté activado, el operador del mismo es el encargado de otorgar el permiso correspondiente para poder operar la planta de forma local.

Existen dos modos de control: Automático y Manual, para activarlos debemos presionar los botones *Modo_Automático* (%I0.2) o

Modo_Manual (%I0.3) respectivamente, previamente el sistema debe estar en marcha.

Cabe recalcar que solo se puede elegir un modo de control a la vez, y en caso de que ninguno haya sido seleccionado, la salida *No_Control* (%Q0.5) se encenderá, la cual nos indica que no hay control en la planta.

Estando en Modo Automático, se enciende la salida *Modo_Automático_OK* (%Q0.1) y en el indicador de variable controlada se mostrara el valor del set-point, que podemos modificar presionando los botones de las entradas *Suma_Auto* (%I0.4) y *Resta_Auto* (%I0.5).

Para salir del Modo Automático, podemos presionar el botón de *Paro*, deteniendo la ejecución del programa del PLC ó pasando a Modo Manual.

Mientras este activado el Modo Manual, se enciende la salida *Modo_Manual_OK* (%Q0.2) y en el indicador de la variable controlada

se mostrara el porcentaje de apertura de la válvula. Para modificar este valor presionamos los botones de las entradas *Suma_Manual* (%I0.6) y *Resta_Manual* (%I0.7).

Para salir del Modo Manual, podemos presionar el botón de *Paro*, deteniendo la ejecución del programa del PLC ó pasando a Modo Automático.

Operación Remota

Para que se ejecute la operación remota el sistema debe estar en marcha.

Cabe indicar que para dar marcha al sistema no es necesario hacerlo de forma local, ya que el SCADA nos permite dar marcha al sistema remotamente. La Figura 6.24, nos muestra los botones para dar *Marcha* y *Paro* a la planta, junto a estos se encuentra un indicador que se enciende en marcha y se apaga en paro, también tenemos el botón *DETENER SCADA*, que nos sirve para desconectar la interfaz gráfica en caso de que sea necesario. Al desconectarse el SCADA automáticamente la planta pasa a operar de forma local.



Figura 6.24 *Marcha y Paro remoto.*

Al dar marcha al sistema se enciende el indicador de Operación Remota, también se tiene opción de habilitar la operación local mediante el botón *Activar Operación Local* y es así se enciende el indicador de Operación Local. Ver Figura 6.25.



Figura 6.25 *Modo de Operación.*

Luego se debe de elegir un modo de control, si queremos trabajar en Modo Manual se debe accionar el botón *Activar Modo Manual*, después se procede a colocar un valor al porcentaje de apertura de la

válvula y finalmente presionar el botón *Cargar en PLC*, así el valor ingresado será leído por el PLC.

Si se trabaja en el Modo de Control Automático se debe accionar el botón *Activar Modo Automático*, después se procede a colocar un valor al set-point y finalmente presionar el botón *Cargar en PLC*, así el valor ingresado será leído por el PLC. Ver Figura 6.26.



Figura 6.26 Modo de Control.

En el SCADA se mostraran los valores de las variables de interés por medio de indicadores, además de ser graficadas en tiempo real en un *Waveform Chart*. Ver Figura 6.27.

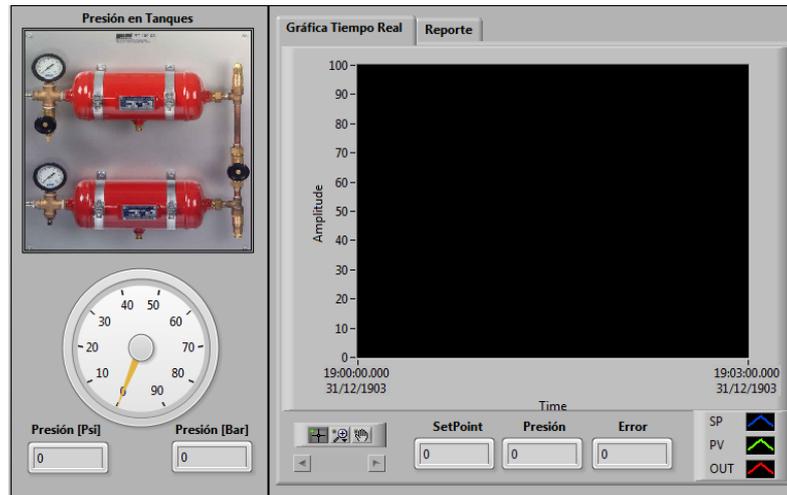


Figura 6.27 Indicadores y Waveform Chart.

Existe la opción de generar un reporte en Excel el cual incluye la tabla de control de la Figura 6.28, y el gráfico presente en el *Waveform Chart*.

The screenshot displays a control interface with a 'Reporte' tab and a 'Table Control' window. The table contains the following data:

Fecha	Hora	Presión	Setpoint	%Apertura	Modo Control	Alarmas
01/02/2015	11:29:54	0,00	0,00	0,00	Sistema no ope	Presión baja
01/02/2015	11:30:01	-0,17	15,00	0,00	Sistema no ope	Presión baja
01/02/2015	11:30:06	-0,20	15,00	0,00	Sistema no ope	Presión baja
01/02/2015	11:30:11	-0,18	55,00	0,00	Sin Control. Eli	Presión baja
01/02/2015	11:30:16	-0,19	55,00	0,00	Sin Control. Eli	Presión baja
01/02/2015	11:30:21	-0,18	55,00	0,00	Sin Control. Eli	Presión baja
01/02/2015	11:30:26	-0,17	55,00	0,00	Sin Control. Eli	Presión baja
01/02/2015	11:30:31	-0,15	55,00	0,00	Sin Control. Eli	Presión baja
01/02/2015	11:30:36	-0,16	55,00	0,00	Sin Control. Eli	Presión baja
01/02/2015	11:30:41	-0,15	55,00	0,00	Sin Control. Eli	Presión baja
01/02/2015	11:30:46	-0,15	55,00	0,00	Sin Control. Eli	Presión baja
01/02/2015	11:30:51	7,12	55,00	0,00	Modo Automát	Presión baja
01/02/2015	11:30:56	24,19	55,00	0,00	Modo Automát	
01/02/2015	11:31:01	38,13	55,00	0,00	Modo Automát	
01/02/2015	11:31:06	45,62	55,00	0,00	Modo Automát	
01/02/2015	11:31:11	48,97	55,00	0,00	Modo Automát	
01/02/2015	11:31:16	50,44	55,00	0,00	Modo Automát	

Para generar reporte haga login en: Tools\Security>Login

Figura 6.28 Tabla de control

Cabe recalcar que la generación del reporte tiene una restricción de seguridad por lo cual solo el usuario “Operador” podrá acceder al botón *Generar Reporte*, por lo que tendrá que iniciar cesión en la siguiente ruta *Tools/Security/Log in*.

Para iniciar cesión, se ingresa el usuario “Operador” y la contraseña “123456” en la ventana mostrada en la Figura 6.29.

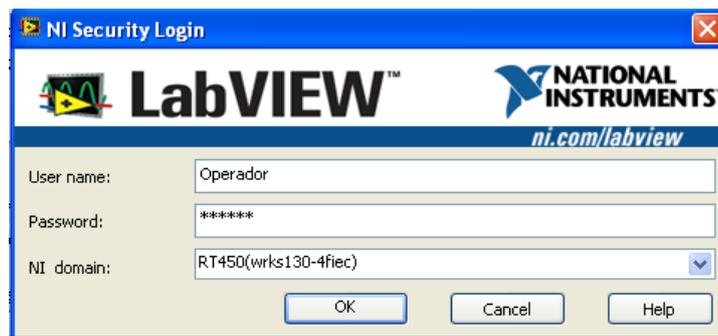


Figura 6.29 Iniciar cesión.

Luego de iniciar cesión, el botón *Generar Reporte* se hace visible en la pestaña Reporte, ver Figura 6.30.

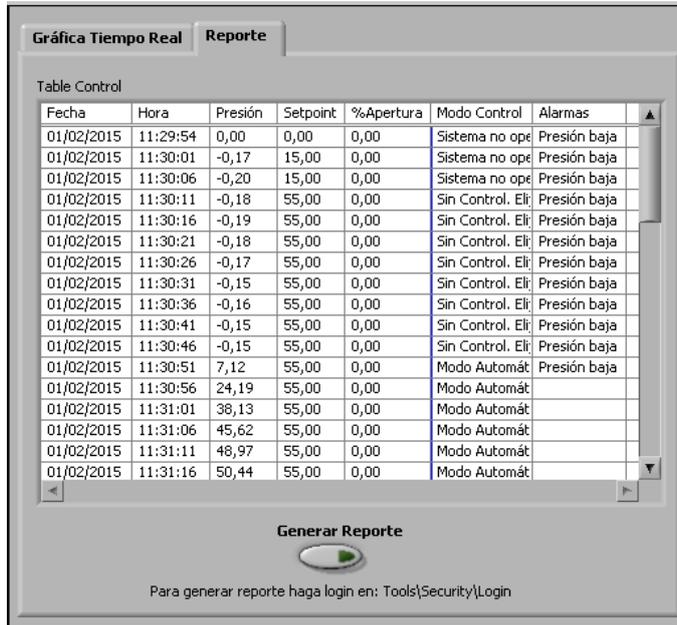


Figura 6.30 Botón Generar Reporte visible

Al presionar el botón *Generar reporte*, abrirá el Excel los datos respectivos. Ver Figura 6.31.

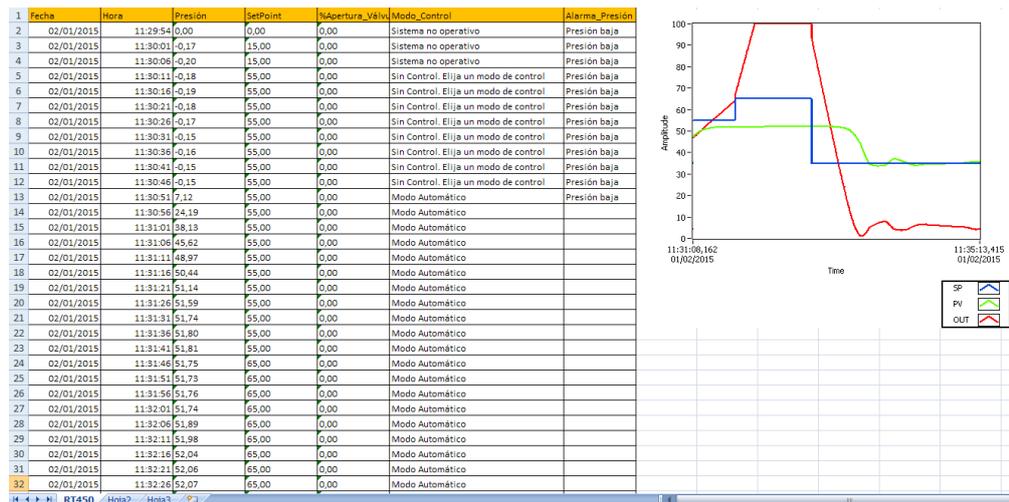


Figura 6.31 Reporte en Excel

6.3 Práctica#3: Registro de Datos Históricos del Sistema.

Objetivos:

- Crear y enlazar una base de datos de Microsoft Access a una librería del proyecto de LabVIEW.
- Configurar eventos, alarmas y registro de datos en las variables compartidas.

Un sistema SCADA elaborado en LabVIEW puede tener un registro de datos históricos por medio de una base de datos en Microsoft Access, su configuración se describe a continuación:

1. Previamente antes de configurar la base de datos en LabVIEW, se debe crear un archivo en Microsoft Access, el cual hemos llamado RT450_Presión.mbd.
2. Una vez abierto el proyecto en LabVIEW, damos clic derecho en la librería *OPC_Server_&_Variables*, y seleccionamos *Properties*. Ver Figura 6.32.

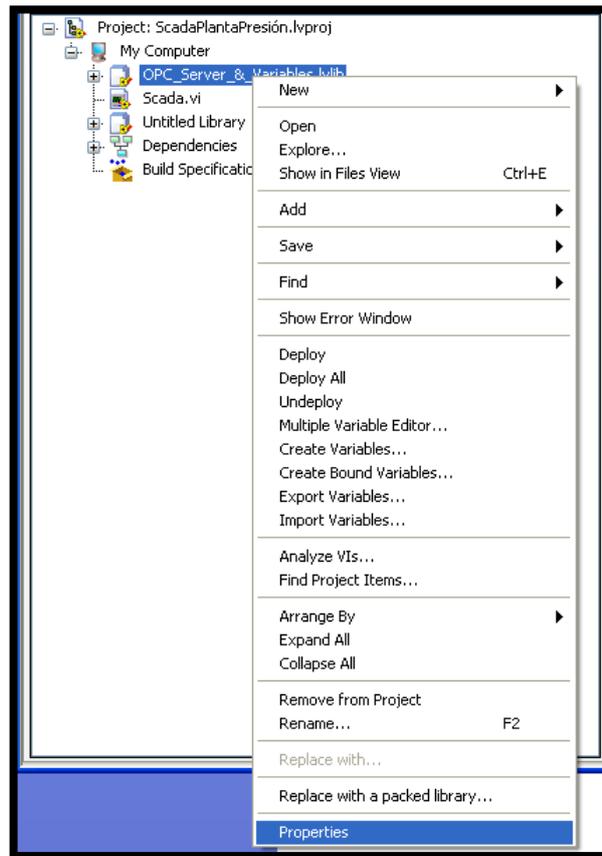


Figura 6.32 Propiedades de la librería.

3. En la ventana *Project Library Properties*, seleccionamos la opción *DSC Settings: Database*, luego abrimos la pestaña *Relational Database*, que es donde se configura la base de datos. Ver Figura 6.33.

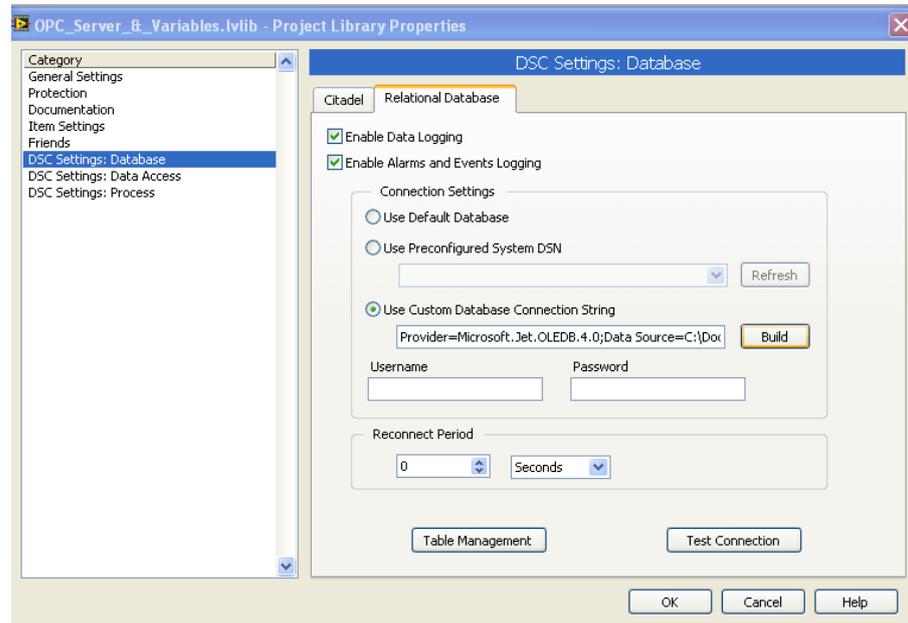


Figura 6.33 Configuración Base de datos.

4. En *Relational Database*, se marca con visto *Enable Data Logging* y *Enable Alarms and Events Logging*, lo que quiere decir que se activaran los datos, y las alarmas y eventos configurados en las variables. Ver Figura 6.33.
5. Se marca *Use Custom Database Connection String*, y se presiona *Build*, luego se abre la ventana *Propiedades de vínculos de datos*, en la cual nos pedirá buscar y seleccionar la base de datos a utilizar. Ver Figura 6.34.

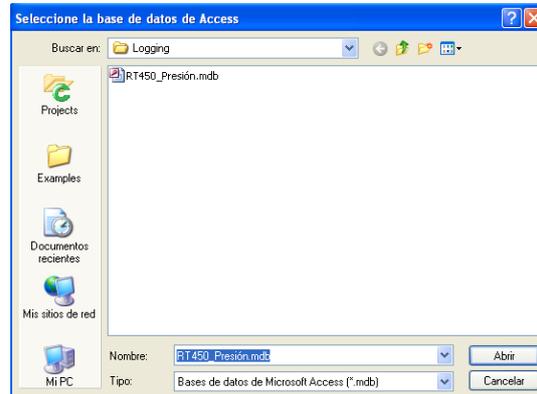


Figura 6.34 Selección de base de datos de Access.

6. Volvemos a *Propiedades de vínculos de datos*, y presionamos *Probar conexión*, donde un mensaje nos debe indicar que la prueba fue satisfactoria para saber que está correctamente vinculado. Ver Figura 6.35.

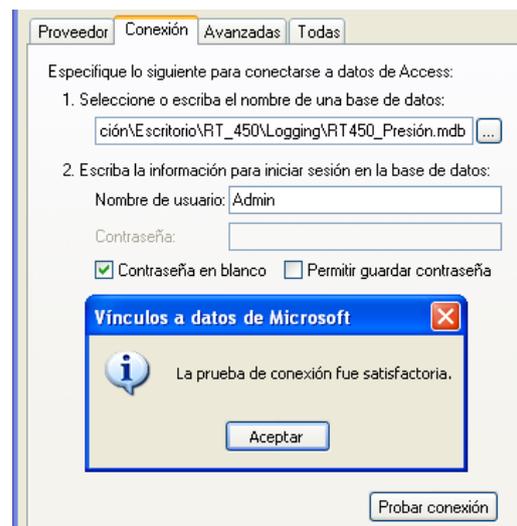


Figura 6.35 Confirmación de vinculación.

7. Presionamos aceptar y luego en *Relational Database* seleccionamos *Test connection*, y así confirmamos la conexión. Ver Figura 6.36.



Figura 6.36 Prueba de Conexión.

8. En *Table Management*, se puede configurar el nombre de las tablas de la base de datos, en este caso la dejamos por defecto, luego presionamos OK. Ver Figura 6.37.

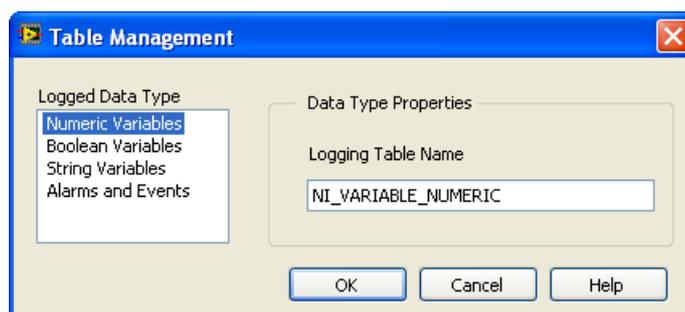


Figura 6.37 Tabla de gestión.

9. Por último en *Relational Database*, para dar por finalizado la configuración de la base de datos presionamos OK.

Cabe recalcar que para que la información sea enviada a la base de datos, previamente se deben configurar las variables para que entren el registro de datos históricos.

Para configurar las variables, dar clic derecho y elegir *Properties*.

Después se abre la ventana de configuración, elegir *Logging* y poner el visto en la opción *Enable Logging* y *Enable Log* lo cual habilitara a la variable para ser enviada a la base de datos. Ver Figura 6.38.

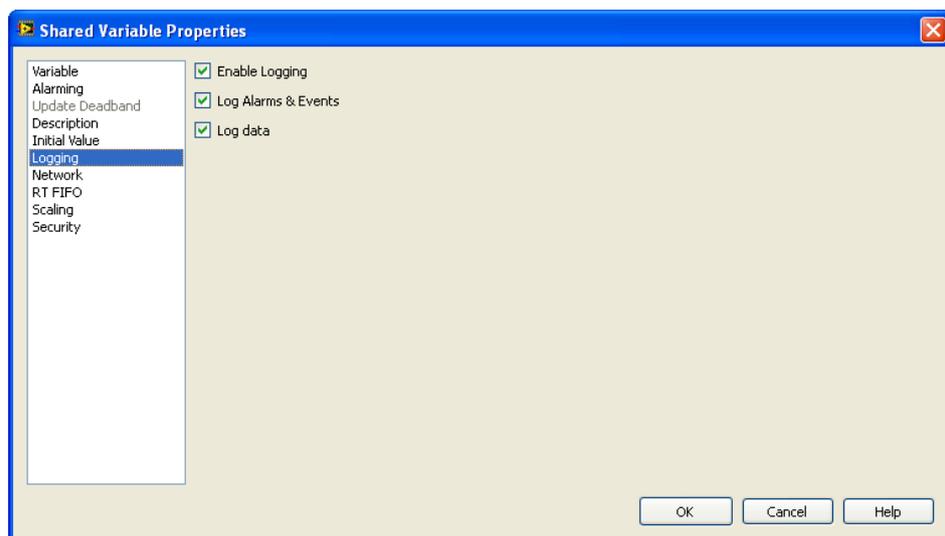


Figura 6.38 Configuración de variable para ingresar a la base de datos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se ha conseguido rediseñar el sistema de control de presión de la planta RT 450 del laboratorio de instrumentación industrial utilizando un PLC Siemens S7-1200, haciéndolo así, más cercano a la realidad de la industria nacional. Además se agregó la posibilidad de control y monitoreo remoto a través de un SCADA diseñado en LabVIEW; todo esto utilizando en su mayoría los recursos ya disponibles en el laboratorio.
2. El enlace entre el PLC y el SCADA se logró utilizando el estándar de comunicación OPC a través de una red Ethernet; tanto el servidor como el cliente OPC fueron desarrollados con software de National Instruments, estos son NI OPC Servers y *DSC Toolkit* para LabVIEW respectivamente.
3. El rediseño del hardware se hizo manteniendo la filosofía de control del fabricante que exige la posibilidad de hacer un control de tipo manual o automático y que las variables controladas en cada tipo de

control puedan ser modificadas de forma local; además de esto se añadió el control remoto a través del SCADA y la posibilidad de almacenar las variables de interés en una base de datos en Microsoft Access.

4. Todo el sistema de control ha sido documentado como prácticas laboratorio de tal manera que pueda ser replicado por los estudiantes de instrumentación industrial consiguiendo resultados similares; el software necesario para modificar este proyecto se encuentra disponible en el laboratorio por lo que puede ser adaptado a las necesidades futuras de los estudiantes.
5. En cuanto a las conexiones del PLC al existir la posibilidad de alimentar el módulo SM 1234 con la fuente DC del PLC o con la fuente DC de la planta RT 450 se recomienda que tanto el sensor de presión como dicho módulo se energicen con la misma fuente continua para evitar lecturas falsas de la variable de proceso.
6. Para un funcionamiento correcto del bloque PID en cuanto a su cambio entre control automático y manual se debe forzar el estado de automático cargando el valor de tres en su registro de estado y además mantenerlo inactivo mientras no se haya elegido un modo de control; caso contrario el bloque PID se quedará en modo inactivo al querer iniciar su modo automático.

7. Se tuvo que utilizar el S7-200 como modelo de dispositivo debido a que no aparece el S7-1200 ya que utilizamos la versión 2011 de LabVIEW disponible en el laboratorio de instrumentación industrial; a partir de la versión 2012 ya aparece listado el dispositivo S7-1200, por lo que la compatibilidad de este PLC estaría completamente asegurada. Por tanto se recomienda actualizar la versión del software de National Instruments disponible en el laboratorio.
8. El software TIA Portal ha sido instalado en varios computadores del laboratorio de instrumentación pero la licencia debe ser compartida por lo que solo un computador podrá utilizar el programa a la vez, basados en esto se recomienda realizar la gestión para conseguir una licencia de uso múltiple para que cada estudiante pueda realizar las prácticas de laboratorio descritas en este proyecto de una manera más cómoda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Siemens AG, Controlador Programable S7-1200 Manual del Sistema, CD de instalación, 2012.
- [2] G.H. Cohen y G.A. Coon, Theoretical Consideration of Retarded Control, *Trans. ASME*, 75, pág. 827-834, 1953.
- [3] J.G. Ziegler y N.B. Nichols, Optimum settings for automatic controllers, *Transactions of the ASME*, 64, pág. 759–768, 1942.
- [4] Rivera, D.E., M. Morari, y S. Skogestad, Internal Model Control 4. PID Controller *Design*, *Industrial Engineering y Chemical Process Design and Development*, 25, pág. 252, 1986.
- [5] National Instruments Corporation, Getting started with the LabVIEW Data logging and Supervisory Control Module, www.ni.com/pdf/manuals/372946c.pdf, fecha de consulta Junio del 2010.
- [6] GUNT HAMBURG, Manual de experimentos RT 450 Sistema Didáctico Modular para la Automatización de Procesos, GUNT HAMBURG, 2005.