



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELÉCTRICA  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



**REINGENIERÍA DEL BANCO DE CONTROL DE PROCESOS USANDO EL  
PLC SIEMENS S7-313C 2DP Y EL SCADA WINCC CASO DE ESTUDIO:  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL II**

**VERONICA D. MONASTERIO S.**

**JOSEPH A. BURGOS B.**

**BARBULA, JUNIO DE 2012.**



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELÉCTRICA  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



**REINGENIERÍA DEL BANCO DE CONTROL DE PROCESOS USANDO EL  
PLC SIEMENS S7-313C 2DP Y EL SCADA WINCC CASO DE ESTUDIO:  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL II**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE  
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRICISTA**

**Autores:**

Verónica d. Monasterio S.

Joseph A. Burgos B.

**Tutor:**

Andrés Simone.

**BARBULA, JUNIO DE 2012.**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELÉCTRICA



DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA

Los abajo firmantes, miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado **“REINGENIERÍA DEL BANCO DE CONTROL DE PROCESOS USANDO EL PLC SIEMENS S7-313C 2DP Y EL SCADA WINCC CASO DE ESTUDIO: LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL II”**, realizado por los bachilleres: Monasterio Sosa Verónica de Jesús, C.I: 18.532.427, y Burgos Bolívar Joseph Alexander, C.I: 18.254.924, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

---

Prof. Andrés Simone.

TUTOR

---

Prof. Norma Vargas.

JURADO

---

Prof. Ander Miranda.

JURADO

Bárbula, Julio de 2.012.



## DEDICATORIA.



---

## DEDICATORIA.

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios y a la virgen por darme la salud y la sabiduría necesaria para cumplir esta meta.

A mi familia padres y hermano que me acompañaron a lo largo del camino, brindándome la fuerza necesaria para continuar y momentos de ánimo así mismo ayudándome en lo que fuera posible, dándome consejos y orientación.

A mi compañera de tesis por todo su apoyo y comprensión que me brindo durante todo el desarrollo de este trabajo.

*Joseph Burgos.*



## DEDICATORIA.



---

### DEDICATORIA.

A Dios y la Virgen de Guadalupe por darme siempre la fortaleza necesaria para seguir adelante.

Especialmente a mi mamá y mi papá, por su gran esfuerzo y dedicación, por guiarme en cada paso de mi vida, hasta llegar aquí, por darme todo el apoyo, esta meta alcanzada es para ustedes.

A mi tía Yaiza, por ser otra madre para mí, por estar siempre ahí cuando te necesito y por todo el cariño que me das.

A mis hermanos, tías, tíos, primos, sobrinos, y todos los familiares que han estado a mi lado contribuyendo de alguna manera u otra.

A mi compañero de tesis, por su dedicación y apoyo, por estar a mi lado solventando todo las cosas que se presentaron durante el desarrollo de este trabajo.

*Verónica Monasterio.*



## AGRADECIMIENTOS.



---

### AGRADECIMIENTOS.

Primeramente a Dios y a la Virgen por darnos vida y salud y guiarnos en todo momento de nuestras vidas.

A nuestros padres y familiares por el apoyo incondicional a lo largo de toda nuestra vida y en especial durante el transcurso de la carrera, gracias por confiar en nosotros e inculcarnos valores y principios que nos permitieron alcanzar con éxito la meta.

A la Universidad de Carabobo por formarnos como profesionales.

A nuestro tutor, Prof. Andres Simone y a las profesoras Aida Perez y Oriana Barrios por su apoyo incondicional, por la incontables veces que nos ofrecieron su ayuda, y por el cariño que nos brindaron, son ejemplo de dedicacion como docentes, que Dios los bendiga.

A Rously Testa y Frederick Montañez por su ayuda y colaboración en todo momento, y por su disposición y amabilidad para con nosotros.

A nuestros compañeros de estudio, Duviana, la gorda (Zorayveth), la enana (Maru), el negro (Jorge), Nohe, Dexa, Andrés y todos aquellos que de una u otra forma colaboraron con nosotros en este proyecto, y fueron parte del desarrollo de nuestra carrera, los queremos mucho.

A todos muchas gracias....



### INTRODUCCIÓN.

El siguiente trabajo especial de grado está basado en la reingeniería del banco de control de procesos, el cual surgió debido a la necesidad existente del departamento de Sistemas y Automática de la Universidad de Carabobo, de reforzar cada día el sistema de enseñanza aprendizaje. El banco de control de procesos, está conformado por cinco tanques, cuatro de ellos rectangulares y uno esférico. El sistema de tuberías que posee, está integrado por válvulas de paso manuales, resistente a altas temperaturas. También posee seis sensores de nivel capacitivos, para detección del nivel alto y bajo de los tanques, un transmisor de presión diferencial igualmente para detectar a través de él, el nivel de líquido, un detector termoresistivo (RTD) de tipo Pt100, para la medición de temperatura, 3 bombas centrifugas, y un calefactor.

En la actualidad, debido a diversos factores, principalmente el tiempo y la vida útil de los equipos, el mencionado banco, no se encuentra en óptimas condiciones, es por esto que surge la necesidad de realizar una reingeniería del banco, que permita poner en operatividad cada una de las partes que lo integran, para fortalecer así el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Se ha organizado la presentación de este trabajo especial de grado en cinco capítulos que se describen brevemente a continuación.

En el capítulo I, se describe el banco de control de procesos, su ubicación y partes que lo conforman. También se detallan cada uno de los problemas que presenta, los objetivos que se deben llevar a cabo para cumplir satisfactoriamente esta propuesta, así como el alcance y la justificación del trabajo especial de grado.

En el capítulo II, se presentan los trabajos que anteceden a este proyecto, las bases teóricas que se deben tener en cuenta para el diseño y elaboración de la automatización con un controlador lógico programable, y la información básica y necesaria de los dispositivos como, sensores, bombas, y demás elementos que conforman el banco.



## INTRODUCCIÓN



En el capítulo III, se determina el tipo de investigación realizada para llevar a cabo este proyecto, también se describen las fases metodológicas que se siguieron para la elaboración de cada uno de los objetivos propuestos.

En el capítulo IV, se realizó el marco operacional, donde se explica detalladamente la parte de los objetivos planteados (capítulo I), correspondientes a la reingeniería del banco. Aquí se encuentra documentada cada una de las mejoras implementadas al banco, tanto la desincorporación de las partes reemplazadas, como la implantación de los nuevos elementos. Se muestran los criterios tomados, para la selección de esos elementos. Y finalmente el aspecto final del banco de control de procesos después de haber desarrollado los objetivos.

El capítulo V, es un compendio de prácticas, en el se encuentra el diseño, desarrollo y programación de las mismas, haciendo uso del autómata programable Siemens S7-313C 2DP, el SCADA Wincc y el simulador S7-PLC Sim. También se encuentra una explicación detallada de cómo elaborar la programación y animación de los objetos del SCADA.

Finalmente se realizaron las conclusiones de cada una de las etapas cubiertas para lograr el desarrollo de este trabajo especial de grado, y las recomendaciones necesarias para el buen funcionamiento del banco de control de procesos.



## ÍNDICE GENERAL.



---

## ÍNDICE GENERAL.

	<b>Pág.</b>
PORTADA.....	I
PÁGINA DE TÍTULO.....	II
CERTIFICADO DE APROBACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVIII
RESUMEN.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
CAPÍTULO I.....	1
CAPÍTULO II.....	5
CAPÍTULO III.....	61
CAPÍTULO IV.....	64
CAPÍTULO V.....	96
CONCLUSIONES.....	174
RECOMENDACIONES.....	176
BIBLIOGRAFIA.....	177
ANEXOS.....	180



**ÍNDICE DE CONTENIDO.**

<b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación de la investigación.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Alcances.....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	7
2.2.1. Conceptos claves en el área de control de procesos.....	7
2.2.1.1. Proceso.....	7
2.2.1.2. Punto de Ajuste.....	7
2.2.1.3. Variable Controlada.....	7
2.2.1.4. Variable Manipulada.....	7
2.2.1.5. Transductor.....	8
2.2.1.6. Transmisor.....	8
2.2.1.7. Controlador Automático.....	8
2.2.1.8. Elemento final de control.....	9
2.2.2. Automatismo.....	9
2.2.3. Formas de control.....	9
2.2.3.1. Control de dos posiciones (On-Off).....	10
2.2.3.2. Control proporcional.....	10
2.2.3.3. Controlador proporcional-integral.....	11
2.2.3.4. Controlador proporcional-integral-derivativo.....	12



## ÍNDICE DE CONTENIDO.



2.2.3.5. Técnicas de entonamiento.....	12
2.2.4. Variables de medición y control.....	15
2.2.4.1. Nivel.....	15
2.2.4.2. Medición de nivel de líquidos.....	15
2.2.4.3. Método de presión diferencial.....	16
2.2.4.4. Temperatura.....	17
2.2.4.5. Detector de temperatura resistivo (RTD).....	18
2.2.5. Sensores.....	20
2.2.5.1. Sensores capacitivos.....	20
2.2.6. Bombas.....	22
2.2.6.1. Bombas centrifugas.....	22
2.2.6.2. Funcionamiento de bombas centrifugas.....	22
2.2.7. Autómata Programable.....	23
2.2.7.1. Aparición del autómata programable.....	23
2.2.7.2. Definición de controlador lógico programable.....	24
2.2.7.4. Estructura de un autómata programable.....	25
2.2.7.5. Estructura física de un autómata programable.....	25
2.2.7.6. Tipos de autómata programable según su estructura.....	27
2.2.7.7. Tipos de autómata programable según su número de entradas y salidas.....	28
2.2.7.8. Lenguajes de programación para autómatas programables.....	29
2.2.7.9. La norma IEC 1131-3.....	29
2.2.7.10. Lenguaje ladder.....	30
2.2.7.11. Lenguaje booleano (Lista de Instrucciones).....	32
2.2.7.12. Diagrama de funciones (FBD).....	33
2.2.7.13. Lenguaje de texto estructurado (ST).....	34
2.2.7.14. Diagrama de funciones secuenciales (SFC- Sequential Function Chart).....	35
2.2.8. Autómata programable Siemens SIMATIC S7-313C 2DP.....	36
2.2.9. Interfaz Hombre Maquina (HMI).....	37



## ÍNDICE DE CONTENIDO.



2.2.9.1. Tipos de HMI.....	37
2.2.10. SCADA.....	38
2.2.10.1. Funciones principales del SCADA.....	40
2.2.10.2. Elementos de un sistema SCADA.....	41
2.2.10.3. Conceptos asociados a Sistemas SCADA.....	41
2.2.10.4. Arquitectura de un sistema SCADA.....	42
2.2.10.5. Algunos SCADA y su fabricante.....	43
2.2.11. Programas informáticos utilizados.....	44
2.2.11.1. Step7 Professional.....	44
2.2.11.2. WINCC (Windows control center).....	48
2.2.12. Descripción general del banco de control de procesos.....	52
2.2.13. Elementos de entrada y salida del banco de control de procesos.....	52
2.2.13.1. Especificaciones dispositivos de entrada.....	53
2.2.13.2. Especificaciones dispositivos de salida.....	56
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>61</b>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	61
3.2. METODOLOGÍA A UTILIZAR.....	62
3.2.1. Fase I: Reestructuración del banco de control de procesos.....	62
3.2.2. Fase II: Diseño de prácticas para la utilización del banco de control de procesos.....	62
3.2.3. Fase III: Desarrollo de un conjunto de prácticas usando el autómata programable Siemens S7- 313C 2DP.....	63
3.2.4. Fase IV: Desarrollo del conjunto de prácticas usando el SCADA Wincc.....	63
3.2.5. Fase V: Simulación del conjunto de prácticas del autómata programable Siemens S7- 313C 2DP y SCADA Wincc.....	63
3.2.6. Fase VI: Documentación de todas las fases del proyecto.....	63
<b>CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL.....</b>	<b>64</b>



## ÍNDICE DE CONTENIDO.



4.1.	Situación previa del banco de control de procesos.....	64
4.2.	Propuesta de solución de problemas identificados.....	68
4.3.	Desarrollo de la reingeniería del banco de control de procesos.....	69
4.3.1.	Propuesta.....	69
4.3.2.	Selección de la tubería.....	70
4.3.3.	Acondicionamiento e implementación del nuevo sistema de tuberías.....	71
4.3.3.1.	Lista de materiales y herramientas.....	78
4.4.	Sistema eléctrico.....	79
4.4.1.	Propuesta.....	79
4.4.3.1.	Sensor de presión diferencial MPX10DP.....	82
4.4.3.2.	Incorporación de sensor MPX10DP.....	83
4.4.4.	Elaboración del panel de conexión.....	85
4.4.4.1.	Elementos del panel de conexión.....	85
4.4.5.	Diseño de la bornera.....	90
4.4.6.	Implementación de la bornera.....	90
4.4.6.1.	Lista de materiales y herramientas para la reingeniería del banco de control de procesos.....	94
<b>CAPÍTULO V: COMPENDIO DE PRÁCTICAS.....</b>		<b>96</b>
5.1	PLANTEAMIENTO DE PRÁCTICAS.....	96
5.1.1	Práctica # 1.....	96
5.1.2	Práctica # 2.....	98
5.1.3	Práctica # 3.....	101
5.1.4	Práctica # 4.....	103
5.2	CONFIGURACIÓN DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE.....	105
5.2.1	Configuración física del autómata programable.....	105
5.2.2	Configuración de software del autómata programable.....	109



## ÍNDICE DE CONTENIDO.



---

5.3	MANUAL DE PROGRAMACIÓN EN EL SCADA WINCC.....	121
5.3.1	Inicio de Wincc.....	121
5.3.2	Creación de un nuevo proyecto.....	122
5.3.3	Agregar un driver del autómata programable.....	124
5.3.4	Creación de variables.....	127
5.3.5	Creación de un grupo de variables.....	127
5.3.6	Creación de variables internas.....	128
5.3.7	Creación de variables de proceso.....	130
5.3.8	Edición de imágenes de proceso.....	132
5.3.9	Creación de botón.....	135
5.3.10	Insertar un objeto a una imagen.....	138
5.3.11	Dinamizar un objeto.....	139
5.3.12	Crear un campo de entrada/salida.....	140
5.3.13	Configuración de Alarm Logging.....	141
5.3.14	Configuración de Tag Logging.....	143
5.3.15	Elaboración de graficas y tablas.....	145
5.4	DESARROLLO PRÁCTICA # 1.....	147
5.4.1	Programación del autómata programable.....	147
5.4.2	Pantallas práctica # 1.....	149



**ÍNDICE DE FIGURAS.**

Figura 2. 1 Curva de Reacción (método de Ziegler-Nichols fuera de línea) .....	14
Figura 2. 2 Método de presión diferencial. ....	17
Figura 2. 3 Detector de temperatura resistivo. ....	19
Figura 2. 4 Principio de funcionamiento de una bomba centrífuga. ....	23
Figura 2. 5 PLC compacto y PLC modular. ....	28
Figura 2. 6 Distribución de un programa ladder. ....	32
Figura 2. 7 Ejemplo de programación Booleana. ....	33
Figura 2. 8 Programación mediante diagrama de funciones. ....	33
Figura 2. 9 Programación con lenguaje de texto estructurado. ....	34
Figura 2. 10 Programación con diagrama de funciones secuenciales (SFC). ....	35
Figura 2. 11 PLC Siemens SIMATIC S7-313C 2DP. ....	37
Figura 2. 12 Estructura básica de un sistema de supervisión y mando. ....	43
Figura 2. 13 Administrador SIMATIC. ....	48
Figura 2. 14 Explorador WinCC. ....	51
Figura 2. 15 Esquema de conexiones de sensores capacitivos. ....	54
Figura 2. 16 Sensor capacitivo (foto referencial). ....	55
Figura 2. 17 Transmisor de presión diferencial. ....	56
Figura 2. 18 Sensor de temperatura. ....	57
Figura 2. 19 Bomba centrífuga. ....	58
Figura 2. 20 Calefactor. ....	59
Figura 2. 21 Variocompact LUTZE. ....	60
Figura 4. 1 Estado del banco de control de procesos. ....	63
Figura 4. 2 Transmisor de presión diferencial. ....	63
Figura 4. 3 Mala ubicación del PLC y estado del cableado. ....	64
Figura 4. 4 Cable del calefactor. ....	65
Figura 4. 5 Bomba del banco de control de procesos. ....	65
Figura 4. 6 Tubería CPVC. ....	68



## ÍNDICE DE FIGURAS.



Figura 4. 7 Diseño de estructura base del banco de control de procesos .....	69
Figura 4. 8 Bomba del banco de control de procesos (después) .....	69
Figura 4. 9 Tanque esférico .....	70
Figura 4. 10 Tanques rectangulares .....	70
Figura 4. 11 Purga de tanque TR3 .....	71
Figura 4. 12 Purga del tanque TR2 .....	72
Figura 4. 13 Purga de tanque TE1 .....	72
Figura 4. 14 Purga de tanque TR1 .....	73
Figura 4. 15 Purga de tanque TT1 .....	73
Figura 4. 16 Lazo de retroalimentación y de purga .....	74
Figura 4. 17 Conexión para que B03 cargue en 2 tanques (separados o simultáneos) .....	74
Figura 4. 18 Conexión para que B01 y B02 carguen en 2 tanques .....	75
Figura 4. 19 Implementación del nuevo sistema de tuberías .....	76
Figura 4. 20 Recorrido del cableado .....	78
Figura 4. 21 Reemplazo del cable de control del calefactor. ....	78
Figura 4. 22 Sensor de presión diferencial MPX10DP .....	80
Figura 4. 23 Esquema de conexiones sensor MPX10DP .....	80
Figura 4. 24 Adaptación de un LED indicador al sensor MPX10DP .....	81
Figura 4. 25 Aspecto externo del sensor MPX10DP .....	82
Figura 4. 26 Amplificador de tensión .....	82
Figura 4. 27 Esquema de selección de bomba .....	84
Figura 4. 28 Indicador de temperatura .....	85
Figura 4. 29 Esquema de conexión para de Pt-100 .....	86
Figura 4. 30 Diseño de la bomera de conexión .....	87
Figura 4. 31 Esquema de conexión de circuito de 24V DC .....	88
Figura 4. 32 Esquema de conexión de circuito de 3V DC .....	88
Figura 4. 33 Esquema de conexión de circuito de 110V DC .....	89
Figura 4. 34 Parte frontal de la bomera de la conexión .....	89



## ÍNDICE DE FIGURAS.



Figura 4. 35 Interior de la bomerera de conexión .....	90
Figura 4. 36 Acabado exterior de bomerera de conexión .....	90
Figura 5. 1 Sistema para practica 1. ....	98
Figura 5. 2 Sistema de tanques para práctica 2. ....	99
Figura 5. 3 Sistema de tanques práctica 3 .....	102
Figura 5. 4 Sistema de tanques, practica 4. ....	104
Figura 5. 5 Vista lateral tarjeta de entradas analógicas. Adaptadores de margen. ....	106
Figura 5. 6 Extracción de un adaptador de margen.....	108
Figura 5. 7 Adaptador de margen fuera del módulo. ....	108
Figura 5. 8 Introducción del adaptador de margen.....	109
Figura 5. 9 Inicio de configuración de equipo. ....	110
Figura 5. 10 Selección de opción SIMATIC 300.....	111
Figura 5. 11 Selección de carpeta PS-300.....	112
Figura 5. 12 Selección de la fuente de alimentación "PS 307 5A". ....	112
Figura 5. 13 Selección de carpeta CPU-300. ....	113
Figura 5. 14 Selección de carpeta CPU 313C-2DP.....	113
Figura 5. 15 Selección de CPU. ....	114
Figura 5. 16 Selección de los módulos de señales. ....	114
Figura 5. 17 Selección de salidas digitales.....	115
Figura 5. 18 Asignación del módulo SM322 DO32Xdc24V/0.5A.....	115
Figura 5. 19 Selección de las entradas digitales.....	116
Figura 5. 20 Asignación del módulo SM321 DI32xDC24V.....	116
Figura 5. 21 Selección de salidas analógicas. ....	117
Figura 5. 22 Asignación del módulo SM332 AO8x12Bit.....	117
Figura 5. 23 Selección de entradas analógicas. ....	118
Figura 5. 24 Asignación del módulo SM331 AI8x12Bit.....	118
Figura 5. 25 Propiedades del módulo de entradas AI8x12Bit.....	119
Figura 5. 26 Configuración de rango de medición Canal 0. ....	119



## ÍNDICE DE FIGURAS.



Figura 5. 27 Configuración de rango de medición de Canal 1.....	120
Figura 5. 28 Configuración de frecuencia.....	120
Figura 5. 29 Configuración para canales desconectados.....	121
Figura 5. 30 Inicio de Wincc.....	122
Figura 5. 31 Selección de tipo de proyecto.....	122
Figura 5. 32 Nombre del proyecto. ....	123
Figura 5. 33 Selección opción propiedades del equipo.....	123
Figura 5. 34 Pestaña “Arranque” de “Propiedades del equipo”.....	124
Figura 5. 35 Agregar un nuevo driver de autómeta programable. ....	125
Figura 5. 36 Selección de driver de autómeta programable.....	125
Figura 5. 37 Selección de nueva conexión MPI.....	126
Figura 5. 38 Parámetros de enlace MPI. ....	127
Figura 5. 39 Creación de un grupo de variables.....	128
Figura 5. 40 Creación de una variable interna. ....	129
Figura 5. 41 Propiedades de una variable interna. ....	129
Figura 5. 42 Creación de una variable de proceso. ....	130
Figura 5. 43 Propiedades de una variable de proceso.....	130
Figura 5. 44 Propiedades de dirección de una variable de proceso.....	131
Figura 5. 45 Creación de una imagen de proceso. ....	132
Figura 5. 46 Imagen de proceso.....	133
Figura 5. 47 Diseñador Gráfico.....	134
Figura 5. 48 Botones de la barra de herramientas.....	135
Figura 5. 49 Botón configuración. ....	136
Figura 5. 50 Propiedades del objeto.....	137
Figura 5. 51 Selección de la variable asociada al botón.....	138
Figura 5. 52 Iconos y carpetas de la librería de Wincc. ....	139
Figura 5. 53 Propiedades del objeto.....	140
Figura 5. 54 Configuración de campo E/S.....	141



## ÍNDICE DE FIGURAS.



Figura 5. 55 Alarm Logging.....	142
Figura 5. 56 Ventana aviso individual. ....	143
Figura 5. 57 Tag Logging.....	144
Figura 5. 58 Tag Logging con fichero agregado.....	144
Figura 5. 59 Paleta de objetos del Graphics Designer.....	145
Figura 5. 60 Propiedades de Wincc online trend control. ....	146
Figura 5. 61 Propiedades de Wincc online table control.....	147
Figura 5. 62 Diagrama de flujo, práctica 1.....	148
Figura 5. 63 Pantalla 1, práctica # 1.....	150
Figura 5. 64 Pantalla 2. Práctica # 1.....	150
Figura 5. 65 Pantalla 3, práctica # 1.....	151
Figura 5. 66 Pantalla de práctica 1, en medio del proceso. ....	151
Figura 5. 67 Inicio del simulador S7-PLCSim. ....	152
Figura 5. 68 Selección del tipo de conexión del simulador. ....	153
Figura 5. 69 Simulador S7-PLCSim. ....	153
Figura 5.70 Insertar objetos en el simulador.....	154
Figura 5. 71 Visualización de objetos en simulador. ....	154
Figura 5. 72 Diagrama de flujo, práctica 2. Parte I.....	157
Figura 5. 73 Diagrama de flujo, práctica # 2. Parte II.....	158
Figura 5. 74 Pantalla 1, práctica # 2.....	159
Figura 5. 75 Pantalla 2, práctica 2.....	159
Figura 5. 76 Pantalla 3, práctica 2.....	160
Figura 5. 77 Pantalla del simulador y del administrador Simatic, en un momento del proceso. ....	160
Figura 5. 78 Pantalla del SCADA para el momento de la figura 5.77.....	161
Figura 5. 79 Diagrama de flujo, práctica 3. Parte I.....	163
Figura 5. 80 Diagrama de flujo, practica 3. Parte I.....	164
Figura 5. 81 Pantalla 1, práctica 3.....	165



**ÍNDICE DE TABLAS.**

Tabla 2. 1 Parámetros de ajuste (método de Ziegler-Nichols en línea) .....	13
Tabla 2. 2 Parámetros de ajuste (método de Ziegler-Nichols fuera de línea) .....	15
Tabla 2. 3 Tipo de Sensores .....	20
Tabla 2. 4 Elementos básicos para programar con ladder.....	31
Tabla 2. 5 SCADA y su fabricante.....	43
Tabla 2. 6 Especificaciones técnicas de sensores capacitivos.....	53
Tabla 2. 7 Especificaciones técnicas del transmisor de presión diferencial.....	55
Tabla 2. 8 Especificaciones técnicas sensor de temperatura.....	56
Tabla 2. 10 Especificaciones técnicas de las bombas .....	57
Tabla 2. 11 Datos técnicos del calefactor.....	58
Tabla 2. 12 Parámetros del variocompact.....	59
Tabla 4. 1 Propuestas de solución de problemas.....	68
Tabla 4. 2 Características de la tubería CPVC.....	70
Tabla 4. 3 Dispositivos de entrada.....	86
Tabla 4. 4 Dispositivos de salida.....	86
Tabla 4. 5 Tabla de la verdad para seleccionar bombas.....	88
Tabla 5. 1 Ajuste del adaptador del rango de medición.....	107
Tabla 5. 2 Tablas de variables de la práctica 1.....	149
Tabla 5. 3 Tabla de variables de la práctica 2.....	155
Tabla 5. 4 Tabla de variables de la práctica 3.....	161
Tabla 5. 5 Tabla de variables de la práctica 4.....	167



**RESUMEN**

**REINGENIERÍA DEL BANCO DE CONTROL DE PROCESOS USANDO EL PLC  
SIEMENS S7-313C 2DP Y EL SCADA WINCC. CASO DE ESTUDIO:  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL II.**

Este trabajo de grado plantea la reingeniería del banco de control de procesos, perteneciente al laboratorio de automatización industrial II de la facultad de ingeniería de la Universidad de Carabobo; el cual originalmente está conformado por tres estaciones, nivel, caudal y temperatura, que se conectan al computador a través del controlador lógico programable TSX Micro 3722. En la actualidad este banco no se encuentra en óptimas condiciones, debido a factores como: la falta de mantenimiento, la vida útil de los equipos, manipulaciones indebidas, la mala distribución de los componentes que conforman el banco, donde se observan elementos como el PLC expuesto entre tanques de agua, factores que han traído como consecuencia que no esté completamente operativo el banco, evidenciándose entre otras fallas que el tanque de la estación de temperatura esta desincorporado del proceso, a nivel de software resulta una limitante en las oportunidades de aprendizaje de los estudiantes, el no disponer de un simulador para el TSX Micro, haciendo obligatorio tener el PLC conectado para poder comprobar las prácticas de laboratorio. Por todo lo anteriormente expuesto, la presente investigación contempla como parte de la reingeniería, sustituir las tuberías, llaves y conexiones que conforman el banco, desincorporar el PLC Telemecanique TSX Micro, e incorporar una bornera, con la cual se pueda acceder a todas las variables que existen en el proceso, reemplazar el transmisor de presión diferencial, por un sensor de presión diferencial, que se adecua a los niveles de presión utilizados en los tanques del banco, igualmente plantea diseñar, desarrollar y simular un conjunto de prácticas haciendo uso del PLC Siemens S7-313C 2DP y el SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - Control y Adquisición de Datos de



## RESUMEN



Supervisión) Wincc para su implementación en el banco de control de procesos con la finalidad de fortalecer el proceso de aprendizaje para los estudiantes, ya que con la incorporación del SCADA Wincc ya no será una limitante el tener el PLC conectado para poder comprobar un programa, bastará con que tengan en sus computadoras personales Step7 (para realizar la programación) y el simulador (para poder verificar su correcto funcionamiento) y de esta manera adquirir mayor destreza en la asignatura.

**Palabras clave:** reingeniería, desarrollo, diseño, controlador, programación, SCADA.

## BIBLIOGRAFIA

- [1]. Barco, D. y Esquivel, J. [2005]. “**REINGENIERIA DEL BANCO DIDACTICO DE CONTROL DE PROCESOS DE FESTO C.A**”. Universidad de Carabobo.
- [2]. Muñoz, R. y Hidalgo, O. [2010] “**REINGENIERÍA DEL BANCO DE MECANIZADO Y ESTAMPADO UTILIZANDO UNA RED DE PLCS SIEMENS S7-300, TELEMECANIQUE TSX-MICRO A TRAVÉS DEL SCADA INTOUCH PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL II**”. Universidad de Carabobo.
- [3] (en red) Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/53381010/8/MEDICION-DE-NIVEL-DE-LIQUIDOS>. Fecha de acceso: Mayo 2012.
- [4] (en red) Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/39696156/Aplicaciones-de-Los-Sensores-Capacitivos>. Fecha de acceso: Mayo 2012.
- [5] (en red) Disponible en: <http://www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-95.htm> . Fecha de acceso: Mayo 2012.
- [6] (en red) Disponible en:  
<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/UNI5200.pdf>  
fecha de acceso: Mayo de 2012.
- [7] (en red) Disponible en:  
[http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/APUNTES\\_CURSO/CAPITUL3.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/APUNTES_CURSO/CAPITUL3.PDF)  
fecha de acceso: Mayo 2012.
- [8] (en red) Disponible en: [bibdigital.epn.edu.ec](http://bibdigital.epn.edu.ec). fecha de acceso: Mayo 2012.
- [9] (en red) Disponible en:  
[http://infopl.net/files/documentacion/automatas/infoPLC\\_net\\_lenguajes\\_programacion\\_V4.pdf](http://infopl.net/files/documentacion/automatas/infoPLC_net_lenguajes_programacion_V4.pdf) fecha de acceso: Mayo de 2012.
- [10] (en red) Disponible en:  
<http://docseurope.origin.electrocomponents.com/webdocs/0abe/0900766b80abe794.pdf>  
fecha de acceso: Mayo 2012.
- [11] (en red) Disponible en:  
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf> fecha de acceso: Mayo 2012.
- [12 ](en red) Disponible en: <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf> fecha de acceso: Mayo de 2012.
- [13] (en red) Disponible en: <http://www.marcombo.com/Descargas/8426714188-SCADA/CAP%C3%8DTULO%20I.pdf> fecha de acceso: Mayo de 2012.

[14] Orellana, A. [2008] **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN CONTROL DIFUSO UTILIZANDO FUZZYCONTROL++”**. Escuela Politécnica del Ejercito. Sangolquí-Ecuador.

[15] Manual FESTO (en red) Disponible en: [http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/mps\\_pa\\_es\\_coleccion\\_de\\_hojas\\_de\\_datos\\_090804.pdf](http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/mps_pa_es_coleccion_de_hojas_de_datos_090804.pdf) fecha de acceso: Junio 2012.

[16] (en red) Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/85325668/42/Accionamiento-da-Bomba> fecha de acceso: Junio de 2012.

[17] (en red) Disponible en: <http://proyecto-internet.com/upel/index.html> fecha de acceso: Junio 2012.

[18] Manual PAVCO (en red) Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/31618876/Manual-Construccion-PAVCO> fecha de acceso: Junio 2012.

[19] De Conno, A. y Enriquez, A [2007]. **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL ADAPTATIVO PARA UN TANQUE ESFÉRICO UTILIZANDO UN AUTÓMATA PROGRAMABLE”**. Universidad de Carabobo.

[20] (en red) Disponible en: [http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MPX10.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX10.pdf) fecha de acceso: Junio 2012.



## CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.

En este capítulo se encuentra una descripción del banco de control de procesos, su ubicación, partes principales y la problemática que presenta, se definen también los objetivos que se deben llevar a cabo para culminar esta propuesta, la justificación de la investigación, y los alcances que tendrá.

### 1.1. Planteamiento del problema.

Hoy en día el control de procesos y la automatización tienen un rol muy importante principalmente en la industria, ya que tienen relación directa con la competitividad entre las industrias; y debido al crecimiento acelerado de los sistemas industriales y de control hacen que las instituciones de educación superior, como lo es la Universidad de Carabobo, específicamente la escuela de ingeniería eléctrica, formen profesionales para desempeñarse a nivel táctico y operativo en lo concerniente a la tecnología eléctrica, y esté capacitado para formar parte de equipos multidisciplinarios, para la toma de decisiones en cuanto a la resolución de problemas, de diseño, operación y mantenimiento de sistemas e instalaciones eléctricas, para la dirección y coordinación de su adecuado montaje y funcionalidad.

En el departamento de sistemas y automática de la escuela de ingeniería eléctrica de la Universidad de Carabobo, existen diferentes laboratorios para formar a los estudiantes en el área de automatización y control de procesos, uno de ellos es el laboratorio de automatización industrial II, donde se encuentran diferentes bancos didácticos de simulación de procesos industriales, para el desarrollo de las prácticas, entre estos prototipos didácticos se pueden mencionar: la planta de mecanizado y estampado de piezas, el banco de control de procesos, la planta de lanzamiento de dados, entre otros.

Específicamente hablando del banco de control de procesos, el cual originalmente está conformado por tres estaciones que permiten realizar simultáneamente la regulación



## CAPÍTULO I. EL PROBLEMA



del nivel, el caudal y la temperatura; las estaciones se conectan al computador a través de un controlador lógico programable TSX Micro 3722, además físicamente el banco cuenta con cinco tanques, un tanque esférico y cuatro tanques rectangulares (conectados entre sí mediante tuberías), diferentes dispositivos de medición (sensores de nivel, temperatura), transmisor diferencial de presión, bombas y relés.

En la actualidad este banco no se encuentra en óptimas condiciones, debido a factores como: la falta de mantenimiento, la vida útil de los equipos, manipulaciones indebidas, por parte de los alumnos y del personal docente, la mala distribución de los componentes que conforman el banco, donde se observan elementos como el cableado justo al lado de las tuberías de agua, o el mismo autómatas programable expuesto entre tanques de agua, que representa un riesgo para el autómatas programable, todos estos factores han traído como consecuencia que no esté operativo el 100% del banco, evidenciándose las siguientes fallas:

- De los cinco tanques, solo están en uso el tanque esférico y tres tanques rectangulares, ya que el sistema de tuberías está incompleto.
- El cableado no está debidamente identificado, lo cual hace difícil la detección de fallas.
- El tanque de la estación de temperatura esta desincorporado del proceso.
- Solo está destinado a ser utilizado con el autómatas programable TSX Micro, el cual es una limitante, ya que se dispone en la laboratorio de otros autómatas programables como lo son Siemens 200, Siemens 300, Opto 22, Allen Bradley.
- A nivel de software, resulta algo tedioso porque no se dispone en el laboratorio de un simulador para el TSX Micro, lo que obliga a los estudiantes en el momento de probar los proyectos y asignaciones realizadas, a depender de los espacios de tiempo en que el laboratorio esté libre, y adicionalmente dentro estos espacios, los momentos en los que estén disponibles los equipos (banco y autómatas programable), limitando las oportunidades de aprendizaje solo a las hora de clase, desaprovechando el tiempo fuera del laboratorio.



## **1.2. Justificación de la investigación.**

El laboratorio dispondrá de un banco de control de procesos que puede ser utilizado con cualesquiera de los autómatas programables disponibles en el laboratorio.

1. El banco contara con toda la tubería necesaria para el adecuado y completo funcionamiento de todos los tanques que posee.
2. La facultad, al poseer un banco que este 100% operativo, podrá poner en práctica en el laboratorio la parte teórica de la asignatura control de procesos por computadora relacionada con temperatura, ya que hasta los momentos este es el único banco que cuenta con una estación de control de temperatura, por lo que mejorará el proceso enseñanza- aprendizaje.
3. El proceso de aprendizaje por parte de los estudiantes se verá fortalecido con la incorporación del SCADA, ya que este permite conectarse con la herramienta de programación del autómata programable (Step 7) y su simulador, por ende ya no será una limitante el tener el autómata programable conectado para poder comprobar un programa, bastará con que tengan instalados en sus computadoras personales dichos programas para poder verificar el correcto funcionamiento de las prácticas de laboratorio y de esta manera adquirir mayor destreza en la asignatura.

## **1.3. Objetivos.**

### **1.3.1. Objetivo General.**

Implementar la reingeniería del banco de control de procesos usando el autómata programable Siemens s7 313c 2dp y el SCADA Wincc.

### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar los materiales y equipos requeridos para acondicionar el banco de control de procesos.



- Realizar la desincorporación de las partes que van a ser reemplazadas en el banco de control de procesos.
- Instalar el reemplazo de las partes desincorporadas e instalar los nuevos elementos.
- Diseñar un conjunto de prácticas para la utilización del banco de control de procesos.
- Desarrollar el conjunto de prácticas usando autómatas programables Siemens S7-313C 2DP.
- Desarrollar el conjunto de prácticas usando el SCADA WinCC.
- Simular el conjunto de prácticas del autómata programable Siemens S7-313C 2DP y SCADA WinCC para su implementación en el banco de procesos.

### 1.4. Alcances.

Este proyecto contempla la reingeniería del banco de control de procesos perteneciente al laboratorio de Automatización Industrial II de la Universidad de Carabobo, específicamente se abarcarán los siguientes puntos:

- Sustituir las tuberías, llaves y conexiones que conforman el banco.
- Desincorporar el autómata programable Telemecanique TSX Micro, que posee el banco e incorporar una bornera, con la cual se pueda acceder a todas las variables que existen en el proceso haciendo uso de cualquier autómata programable disponible en el laboratorio.
- Reemplazar el transmisor de presión diferencial, por un sensor de presión diferencial, que se adecua a los niveles de presión utilizados en los tanques del banco.
- Diseño y desarrollo de un conjunto de prácticas para la posterior utilización del banco de control de procesos con el autómata programable Siemens S7-313C 2DP y el SCADA WinCC.



---

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

A continuación se presentan los trabajos que anteceden el presente proyecto, así como la información básica y necesaria que debe ser manejada para la comprensión de la investigación.

### 2.1. Antecedentes de la investigación.

El presente trabajo especial de grado “Reingeniería del Banco de Control de Procesos usando el autómata programable Siemens S7- 313C 2DP y el SCADA WINCC” tiene como basamento teórico los distintos trabajos especiales de grado que han permitido realizar diseños de sistemas de control automatizados haciendo uso de Controladores Lógicos Programables (autómata programable), bien sean de la marca Siemens o no, así como también los realizados en la Universidad de Carabobo, a través de los cuales se han estudiado las distintas herramientas en el área de control y supervisión de procesos, los cuales se nombran a continuación:

- Barco, D. y Esquivel, J. [2005]. **“REINGENIERIA DEL BANCO DIDACTICO DE CONTROL DE PROCESOS DE FESTO C.A”**. [1]. Universidad de Carabobo. En este trabajo se realizó la programación y puesta a punto del Banco de control de procesos, para adecuarlo para su posterior uso, en sus diferentes etapas medición, regulación y control de las variables nivel, caudal y temperatura; entonamiento de controladores. De este trabajo fueron tomados algunas bases teóricas, y sirvió de referencia para conocer el diseño del conexionado de los tanques del banco, las medidas que poseen los tanques, entre otras cosas.



- Padilha, F. [2005]. **“SISTEMA DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL E TEMPERATURA”**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas. Este trabajo implementa un sistema para controlar el nivel y temperatura de un banco didáctico utilizando un controlador lógico programable con módulos de entrada y salida tanto analógicos como digitales. De este proyecto se analizó el funcionamiento y conexionado de las bombas, el variocompact, y se estudiaron las características de la Pt100 utilizada.
- Muñoz, R. y Hidalgo, O. [2010] **“REINGENIERÍA DEL BANCO DE MECANIZADO Y ESTAMPADO UTILIZANDO UNA RED DE PLC SIEMENS S7-300, TELEMECANIQUE TSX-MICRO A TRAVÉS DEL SCADA INTOUCH PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL II”**. [2]. Universidad de Carabobo. El cual sirve como una herramienta para la introducción, uso y configuración del software de programación del autómatas programable Siemens S7-313C 2DP..
- Sulani, D. y Custodio A. [2010] **“PROGRAMACIÓN A DISTANCIA DEL PLC SIMATIC S7-300 PARA REALIZAR PRÁCTICAS VIRTUALES EN INGENIERÍA”**. UNEXPO-Puerto Ordaz, centro instrumentación y control. Donde se hace uso del programa HMI Wincc V 6.2, para la creación de: imágenes, tablas, gráficos, entre otros, que forman parte de la interfaz de manejo y visualización. El mencionado artículo sirvió de modelo al momento de realizar la programación de la interfaz hombre maquina.
- Castillo, E. y Hernández, J. [2003] **“DIDÁCTICA DE UN SISTEMA SCADA PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL”**. Universidad de Carabobo. Donde se describe cómo trabajar con el SCADA/HMI P-CIM, a través de la realización de prácticas en el laboratorio de automatización



industrial. El mencionado trabajo se tomó como referencia en cuanto al diseño de las prácticas de laboratorio que se realizaran en la presente investigación.

- García, C y López, R. [2002] **“REALIZACIÓN DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN MEDIANTE PLC S7 Y WINCC”**. Técnica Superior de Ingeniería (ETSE), Universidad Rovira i Virgili (URV), Tarragona – España. Esta investigación tiene como objetivo conseguir un sistema basado en autómeta programable controlado por medio de un PC capaz de dosificar tanto sólidos como líquidos en el porcentaje que se requiera con el menor error posible y generar todos los datos necesarios para ello. Este trabajo se uso de referencia en el momento de realizar y configurar la conexión entre el Wincc y el Step 7.

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1. Conceptos claves en el área de control de procesos.**

#### **2.2.1.1. Proceso.**

El o los equipos en los cuales la variable controlada va a ser contenida dentro de ciertos valores predeterminados.

#### **2.2.1.2. Punto de Ajuste.**

Es el valor en el que se desea mantener a la variable controlada y que es ajustado mecánicamente o por otro medio, también conocido como referencia o set point.

#### **2.2.1.3. Variable Controlada.**

Una cantidad o condición física o química que varía en función del tiempo y es la que se debe mantener o controlar para que tenga el valor deseado.

#### **2.2.1.4. Variable Manipulada.**



Variable que se opera por el elemento final de control y directamente cambia la energía del proceso para mantener a la variable controlada en el punto de ajuste.

#### **2.2.1.5. Transductor.**

Es un dispositivo que convierte un tipo de energía o señal de entrada a otra o una carga o movimiento.

#### **2.2.1.6. Transmisor.**

Un dispositivo que detecta la variable controlada a través de un elemento de estado estable. Su señal de salida varía como una función predeterminada de la variable controlada.

#### **2.2.1.7. Controlador Automático.**

Un dispositivo que recibe la señal que representa el valor de una cantidad o condición variable y opera para mantenerla en un valor deseado o llevarla a ese valor. El controlador es el cerebro del circuito de control, es el dispositivo que toma la decisión en el sistema de control, y para hacerlo el controlador:

- Compara la señal de proceso que llega del transmisor, la variable que se controla, contra el punto de control.
- Envía la señal apropiada al elemento final de control, para mantener la variable que se controla en el punto de ajuste.

El controlador posee dos tipos de acción: directa o inversa.

Supongamos que deseamos controlar el nivel de un tanque, al cual entra un flujo de agua constante, y existe una válvula a la descarga del mismo. Entonces al encontrarse la variable de proceso estable o en régimen permanente y ocurrir una perturbación que haga disminuir su valor, para aumentarlo se debe manipular la válvula para que permita la descarga de menor cantidad de agua; si la válvula es de aire para abrir o falla cerrada entonces la salida del controlador debe disminuir por lo tanto la acción del controlador es



*directa*, ya que al disminuir el valor de la variable de proceso se debe disminuir la salida del controlador; si por el contrario la válvula es de aire para cerrar o falla abierta, entonces la salida del controlador debe aumentar, por lo tanto la acción del controlador es *inversa*, ya que al disminuir el valor de la variable de proceso se debe aumentar la salida del controlador.

#### **2.2.1.8. Elemento final de control.**

Es la parte del circuito de control que directamente varía a la variable manipulada.

#### **2.2.2. Automatismo.**

La producción en masa de los productos manufacturados no podría ser posible en la magnitud de la necesidad actual, a no ser por la tecnología aplicada a los diferentes sistemas de equipos y máquinas eléctricas existentes en la industria actual. La automatización industrial, tiene como propósito el estudio de los métodos de arranque, regulación y control de las máquinas eléctricas aplicada a los procesos productivos industriales para lograr la sustitución de participación humana en los procesos. [2].

#### **2.2.3. Formas de control.**

Es la manera en la cual un sistema de control hace correcciones en respuesta a un error o diferencia entre el punto de ajuste o set point y la variable de proceso o variable controlada. El controlador interpreta los cambios de la variable (variaciones del error) y produce una acción correctiva para mantener el balance deseado en el proceso.

Es importante recalcar que estas formas de control aplicadas a la corrección de la entrada de un proceso, son el resultado de las características de operación de una serie de elementos funcionales que componen el sistema de control.

Cada forma de control tiene sus ventajas, características y limitaciones, por esto no se puede concluir de manera absoluta que existe una forma de control mejor que las demás, simplemente debe tenerse en cuenta que todos los procesos se comportan de forma diferente, así que el sistema de control que se escoja deberá obedecer estrictamente a sus



características dinámicas y a las posibles perturbaciones que se puedan presentar. También debe considerarse que mientras más difícil sea controlar un proceso, si se desea controlar de la mejor manera posible, más complicado será el modo de control que se adapte al citado proceso. [1].

#### **2.2.3.1. Control de dos posiciones (On-Off).**

El control de dos posiciones es aquel en el cual el elemento final de control se mueve de una posición extrema a la otra dependiendo si la variable de proceso está por encima (Error Positivo) o por debajo (Error negativo) del set point

El elemento final de control se coloca en una de las dos posiciones fijas, no tiene posición intermedia, para un valor único de la variable de proceso. Esto permite una entrada y/o salida del proceso ligeramente superior a las necesidades de operación normal, obteniéndose una serie de oscilaciones en la variable de proceso debido al desbalance de energía y/o masa que existe entre la entrada y la salida.

Estas oscilaciones varían en frecuencia y en amplitud de acuerdo a las características de los procesos, principalmente a los cambios de carga que ocurren. Por esto su aplicación se limita a procesos donde no ocurran cambios de cargas frecuentes y de gran capacidad. En general, el control de dos posiciones se usa en controles eléctricos (presostatos, termostatos), alarmas, salida digital y de relés. [1].

#### **2.2.3.2. Control proporcional.**

En el control proporcional existe una relación lineal continua entre la variable de proceso y la posición del elemento final de control dentro de una gama de valores denominada banda proporcional. Esto quiere decir que el elemento final de control se mueve proporcionalmente a los cambios que sufre la variable de proceso en referencia al punto de ajuste, este tipo de control responde únicamente a la magnitud de la variable controlada y es insensible a la relación de duración de la desviación.

La ecuación que describe al control proporcional es la siguiente:



$$m(t) = \bar{m} + Kc \times e(t) \quad (\text{Ec. 2 - 01})$$

Donde:

$m(t)$  = salida del controlador.

$Kc$  = ganancia del controlador.

$e(t)$  = señal de error, diferencia entre el punto de ajuste y la variable de proceso.

$\bar{m}$  = salida del controlador en régimen permanente

La banda proporcional se define como el porcentaje de variación de la variable de proceso alrededor del set point, necesario para mover el elemento final de control de un extremo a otro.

Se expresa de la siguiente forma:

$$BP = \frac{100}{Kc} \quad (\text{Ec. 2-02})$$

El problema que dan los controladores proporcionales es el de poseer una característica indeseable como lo es la desviación en régimen permanente, también conocido como offset, este error se origina cuando, existiendo una condición de equilibrio, se presentan cambios de carga permanente y el proceso se estabiliza pero en una nueva posición, fuera del set point. [1].

### 2.2.3.3. Controlador proporcional-integral.

Muchos procesos no pueden ser operados con offset, es decir, deben ser operados en el punto de ajuste o set point, así que al controlador debe añadirse alguna inteligencia adicional para lograr este objetivo, esta inteligencia adicional es conocida como la acción integral o acción de reset.

La parte integral repite la acción tomada por el modo proporcional en una cantidad de tiempo ( $t_i$ ), mientras más pequeño sea el valor de  $t_i$ , más rápidamente el controlador repite la acción proporcional y mientras más grande sea el valor de  $t_i$  menos rápidamente el controlador repite la acción proporcional.

La ecuación que describe el controlador PI es:

$$m(t) = \bar{m} + Kc \times \left( e(t) + \frac{1}{t_i} \int e(t) \right) \quad (\text{Ec. 2-03})$$



$t_i$ = tiempo integral. [1].

#### 2.2.3.4. Controlador proporcional-integral-derivativo.

Algunas veces al controlador se le añade un modo conocido como acción derivativa, su propósito es el de anticipar hacia donde se dirige el proceso, vigilando la velocidad de cambio del error o su derivada.

Los controladores PID son usados principalmente en sistemas que tienen una gran constante de tiempo, lo cual los hace poco susceptibles al ruido. La ecuación que describe el controlador PID es:

$$m(t) = \bar{m} + Kc \times \left( e(t) + \frac{1}{t_i} \int e(t) + t_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (\text{Ec. 2-04})$$

$t_d$ = tiempo derivativo. [1]

#### 2.2.3.5. Técnicas de entonamiento.

- **Método Ziegler-Nichols en línea.**

Con este método se obtiene una respuesta de disminución de error a razón de  $\frac{1}{4}$  de la velocidad. Se requiere hallar la ganancia a la cual el sistema oscila libremente y se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos:

1. Colocar el controlador en modo automático.
2. Utilizando solo control proporcional, comenzando con un valor de ganancia pequeño, realizar una pequeña variación en el set point y observar la respuesta, incrementar la ganancia hasta que el lazo comience a oscilar libremente. Es de hacer notar que se requieren oscilaciones lineales y que estas deben ser observadas en la salida del controlador.
3. Registrar la ganancia ultima del controlador (KG) y el período ultimo de oscilación de la salida del controlador ( $T_u$ ).
4. Ajustar los parámetros del controlador según la Tabla 2.1.

**Tabla 2. 1 Parámetros de ajuste (método de Ziegler-Nichols en línea).**

CONTROLADOR	$K_G$	$T_i$	$T_d$
P	$0,5K_G$	-	-
PI	$K_G / 2,2$	$T_U / 1,2$	-
PID	$K_G / 1,7$	$T_U / 2$	$T_U / 8$

Fuente: Referencia [1].

- **Método Basado en la Curva Reacción (Ziegler-Nichols fuera de línea).**

Una versión cuantitativa lineal de éste modelo puede ser obtenida mediante un experimento a lazo abierto, utilizando el siguiente procedimiento:

1. Se coloca el controlador en manual y se produce un cambio en la salida del mismo para producir un cambio en la variable manipulada.
2. Para hallar los parámetros  $K$ ,  $t_0$  y  $\tau$  se usa el método conocido como el método de los dos puntos, los cuales están definidos por el tiempo que tarda el proceso en alcanzar el 63.2% de total del cambio en la salida ( $t_2$ ) y el tiempo en que tarda el proceso en alcanzar el 28.3% del total del cambio en la salida ( $t_1$ ), estos puntos se pueden observar en la figura 2.1. [1].
3. Una vez obtenidos estos puntos se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$K = \frac{\frac{PV_f - PV_i}{span_{PV}}}{\frac{CO_f - CO_i}{span_{controlador}}} \quad (\text{Ec. 2-05})$$

Donde:

K: Ganancia

PVf: Valor final de la variable de proceso.

PVi: Valor inicial de la variable de proceso.

COf: Valor final de la salida del controlador.

COi: Valor inicial de la salida del controlador.

Ahora:

$$\tau = 1.5 \cdot (t_2 - t_1) \quad (\text{Ec. 2-06})$$

Donde:

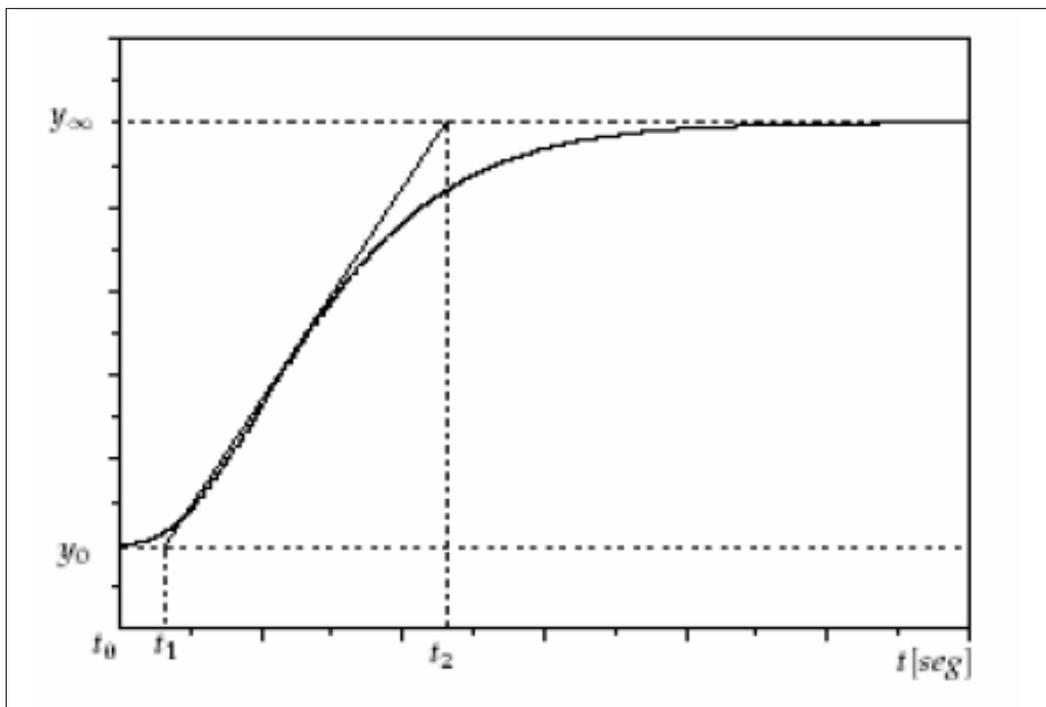
$\tau$ : Tiempo de asentamiento.

$$t_0 = t_2 - \tau \quad (\text{Ec. 2-07})$$

Donde:

$t_0$ : tiempo muerto.

*Nota: tomando los tiempos desde el momento de la perturbación.*



**Figura 2. 1 Curva de Reacción (método de Ziegler-Nichols fuera de línea).**

Fuente: Referencia [1].



**Tabla 2. 2 Parámetros de ajuste (método de Ziegler-Nichols fuera de línea).**

CONTROLADOR	KG	Ti	Td
P	$(1/K)(1/t_0)$	-	-
PI	$(0,9/K)(1/t_0)$	$3,33t_0$	-
PID	$(1,2/K)(1/t_0)$	$2,0t_0$	$0,5t_0$

Fuente: Referencia [1].

#### **2.2.4. Variables de medición y control.**

##### **2.2.4.1. Nivel.**

El nivel es una variable importante para algunas industrias y en otras es indispensable, tales como la del papel y la del petróleo, la importancia de ésta radica en el funcionamiento correcto del proceso, al igual que en el balance adecuado de la materia prima o productos finales.

Los sistemas de nivel por lo general conllevan inherentemente gran capacitancia y un tiempo muerto considerable. Esta capacitancia muchas veces es favorable ya que contribuye a la autorregulación principalmente en el nivel del líquido de tanques abierto a la atmósfera, pero el tiempo muerto si es necesario eliminarlo o disminuirlo. [1].

##### **2.2.4.2. Medición de nivel de líquidos.**

La medición de nivel, su detección o su monitoreo, es fundamental en la industria, especialmente en la industria química de tratamiento de las aguas y de almacenamiento de líquidos en tanques. Es igualmente parte integrante en la medición de otros parámetros como el caudal. La determinación del nivel permite evaluar la cantidad de líquido en un reservorio o recipiente industrial de dimensiones conocidas. En consecuencia, los medidores de nivel podrían tener sus escalas directamente en unidades de longitud, de



masa, de peso o de volumen. Para medir nivel en un líquido se determina la distancia existente entre una línea de referencia y la superficie del fluido y generalmente dicha línea de referencia se toma como el fondo del recipiente. El nivel es una variable que puede ser medida fácilmente, pero existen otros factores tales como: viscosidad del fluido, tipo de medición deseada, presión, recipiente presurizado o no; las que traen como consecuencia que existan varios métodos y tipos de instrumentos medidores del nivel. El medidor de nivel seleccionado dependerá de las necesidades o condiciones de operación. Los métodos utilizados para la medición del nivel de líquidos básicamente pueden ser clasificados en: Métodos de medición directa y Métodos de medición indirecta.

a) Métodos de medición indirecta de nivel:

- Método de medidores actuados por desplazadores.
- Método de medidores actuados por presión hidrostática.
- Sistema básico o Manómetro.
- Método de diafragma-caja.
- Método de presión diferencial.
- Método de duplicador de presión.

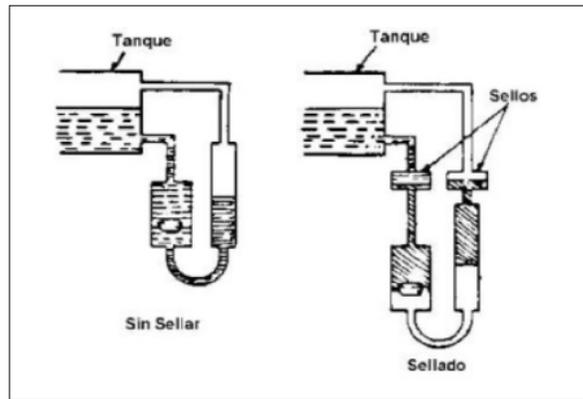
b) Métodos de medición directa

- Los métodos de medición directa de nivel son:
- Método de medición por sonda.
- Método de medición por aforación.
- Método de medición por indicador de cristal.
- Método de medición flotador-boya.[3].

#### **2.2.4.3. Método de presión diferencial.**

Para la medición de nivel en tanques al vacío o bajo presión pueden utilizarse los instrumentos de medición basados en presión diferencial. La diferencia es que el instrumento dará una lectura inversa; es decir, cuando señale presión cero, se leerá nivel

máximo. El principio de funcionamiento se basa en aplicarle al instrumento la presión existente en la superficie del líquido en ambas direcciones con la finalidad de anularla, y que la presión detectada sea la presión hidrostática, la cual se puede representar en unidades de nivel. La figura 2.2 ilustra el método de presión diferencial. [3].



**Figura 2. 2 Método de presión diferencial.**

Fuente: Texto en línea [3].

#### **2.2.4.4. Temperatura.**

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios.

La temperatura es un factor de medida engañoso debido a su simplicidad. A menudo pensamos en ella como un simple número, pero en realidad es una estructura estadística cuya exactitud y repetitividad pueden verse afectadas por la masa térmica, el tiempo de medida, el ruido eléctrico y los algoritmos de medida. Esta dificultad se puso claramente de manifiesto en el año 1990, cuando el comité encargado de revisar la Escala Práctica Internacional de Temperaturas ajustó la definición de una temperatura de referencia casi una décima de grado centígrado.



Dicho de otra forma, es difícil medir la temperatura con exactitud aún en circunstancias óptimas, y en las condiciones de prueba en entornos reales es aún más difícil. Entendiendo las ventajas y los inconvenientes de los diversos enfoques que existen para medir la temperatura, resultará más fácil evitar los problemas y obtener mejores resultados

El control de temperatura consiste básicamente en una regulación de intercambio de calor y debido a la naturaleza del intercambio de calor, estos procesos de temperatura se caracterizan por una capacidad más grande que los procesos de caudal, nivel y presión. La velocidad de la reacción del proceso es lenta y el tiempo muerto es frecuentemente grande. [1].

#### **2.2.4.5. Detector de temperatura resistivo (RTD).**

Se basa en el principio según el cual la resistencia de todos los metales depende de la temperatura. Los metales que se usan más comúnmente son platino, níquel, tungsteno y cobre. El elemento consiste usualmente en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado, bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica.

El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado "coeficiente de temperatura de resistencia" que expresa, a una temperatura especificada, la variación de la resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura.

La relación entre estos factores puede verse en la expresión lineal siguiente:

$$R_t = R_0(1 + aT) \text{ (Ec. 2-05)}$$

En la que:

$R_0$  = Resistencia en ohmios a  $0^\circ\text{C}$ .

$R_t$  = Resistencia en ohmios a  $t^\circ\text{C}$ .

$a$  = Coeficiente de temperatura de la resistencia.

$T$  = Temperatura.

La elección del platino en los RTD de la máxima calidad permite realizar medidas más exactas y estables hasta una temperatura de aproximadamente 500 ° C. Los RTD más económicos utilizan níquel o aleaciones de níquel, pero no son tan estables ni lineales como los que emplean platino. En la figura 2.3 se observa un detector de temperatura resistivo.

El platino es el material más adecuado desde el punto de vista de precisión y de estabilidad en comparación con los otros tipos de metales. En cuanto a las desventajas, el platino encarece los RTD, y otro inconveniente es el auto calentamiento. Para medir la resistencia hay que aplicar una corriente, que, por supuesto, produce una cantidad de calor que distorsiona los resultados de la medida.

Otra desventaja, que afecta al uso de este dispositivo para medir la temperatura, es la resistencia de los RTD. Al ser tan baja, la resistencia de los hilos conductores que conectan el RTD puede provocar errores importantes. En la denominada técnica de dos hilos, la resistencia se mide en los terminales del sistema de adquisición de datos, por lo que la resistencia de los hilos forma parte de la cantidad desconocida que se pretende medir. Por el contrario, la técnica de cuatro hilos mide la resistencia en los terminales del RTD, con lo cual la resistencia de los hilos queda eliminada de la medida. La contrapartida es que se necesita el doble de cables y el doble de canales de adquisición de datos. (La técnica de tres hilos ofrece una solución intermedia que elimina un cable, pero no es tan precisa.)



**Figura 2. 3 Detector de temperatura resistivo.**

Fuente: Texto en línea [6].



### 2.2.5. Sensores.

Un sensor es un aparato diseñado para activarse bajo ciertos fenómenos y a su vez es capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas las cuales son llevadas al controlador donde se tomara decisiones a partir de la activación de estos. [2].

En la tabla 2.3 se encuentra una listado de los tipos de sensores que existen.

**Tabla 2. 3 Tipo de Sensores**

Magnitud	Transductor	Característica
Sensores de proximidad	Sensor final de carrera	Digital
	Sensor capacitivo	Digital
	Sensor inductivo	Digital
	Sensor fotoeléctrico	Digital
	Sensor Magnético	Digital

Fuente: Referencia [2].

#### 2.2.5.1. Sensores capacitivos.

Los sensores capacitivos pueden detectar materiales conductores y no conductores, en forma líquida o sólida. Existen distintas aplicaciones, incluso control de niveles en depósitos, también para detectar el contenido de contenedores, o en máquinas empaquetadoras. Otras aplicaciones incluyen el posicionado y contaje de materiales en sistemas de transporte y almacenaje, por ejemplo cintas transportadoras y mecanismos de guía.



Materiales típicos que pueden ser detectados:

- Sólidos: Madera, cerámica, vidrio, apilamientos de papel, plástico, piedra, goma, hielo, materiales no férricos, y materias vegetales.
- Líquidos: Agua, aceite, adhesivo y pinturas.
- Granulados: Granulados plásticos, semillas, alimentos, y sal.
- Polvos: Tintas, polvo de jabón, arena, cemento, fertilizantes, azúcar, harina y café.

La función del detector capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos, midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector.

Los detectores capacitivos están contruidos en base a un oscilador RC. Debido a la influencia del objeto a detectar, y del cambio de capacitancia, la amplificación se incrementa haciendo entrar en oscilación el oscilador. El punto exacto de ésta función puede regularse mediante un potenciómetro, el cual controla la realimentación del oscilador. La distancia de actuación en determinados materiales, pueden por ello, regularse mediante el potenciómetro.

La señal de salida del oscilador alimenta otro amplificador, el cual a su vez, pasa la señal a la etapa de salida. Cuando un objeto conductor se acerca a la cara activa del detector, el objeto actúa como un condensador. El cambio de la capacitancia es significativo durante una larga distancia. Si se aproxima un objeto no conductor, ( $>1$ ) solamente se produce un cambio pequeño en la constante dieléctrica, y el incremento en su capacitancia es muy pequeño comparado con los materiales conductores.

En todas las aplicaciones, resulta importante tener en cuenta la influencia de la humedad envolvente al detector y al objeto. Un elevado grado de humedad en madera o en papel, por ejemplo, incrementa la distancia de detección. [4].



### **2.2.6. Bombas.**

Las bombas son dispositivos que se encargan de transferir energía a la corriente del fluido impulsándolo, desde un estado de baja presión estática a otro de mayor presión. Están compuestas por un elemento rotatorio denominado impulsor, el cual se encuentra dentro de una carcasa llamada voluta. Inicialmente la energía es transmitida como energía mecánica a través de un eje, para posteriormente convertirse en energía hidráulica. El fluido entra axialmente a través del ojo del impulsor, pasando por los canales de éste y suministrándosele energía cinética mediante los álabes que se encuentran en el impulsor para posteriormente descargar el fluido en la voluta, el cual se expande gradualmente, disminuyendo la energía cinética adquirida para convertirse en presión estática. [5].

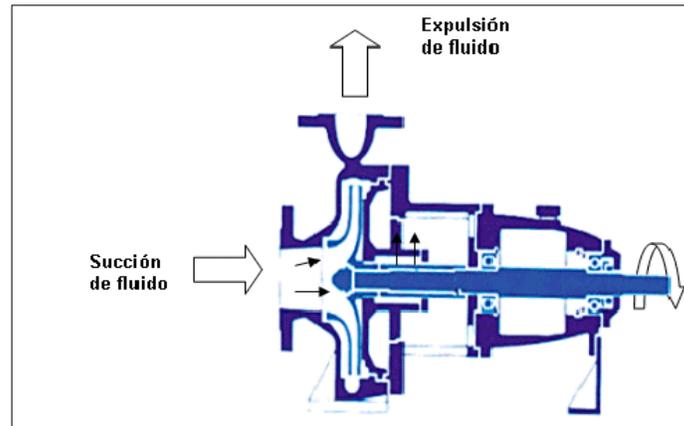
#### **2.2.6.1. Bombas centrífugas.**

Una bomba centrífuga es una máquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter, o una cubierta o coraza. Se denominan así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza de esta misma acción. Así, despojada de todos los refinamientos, una bomba centrífuga tiene dos partes principales: (1) Un elemento giratorio, incluyendo un impulsor y una flecha, y (2) un elemento estacionario, compuesto por una cubierta, estoperas y chumaceras. [5].

#### **2.2.6.2. Funcionamiento de bombas centrífugas.**

El flujo entra a la bomba a través del centro o ojo del rodete y el fluido gana energía a medida que las paletas del rodete lo transportan hacia fuera en dirección radial. Esta aceleración produce un apreciable aumento de energía de presión y cinética, lo cual es debido a la forma de caracol de la voluta para generar un incremento gradual en el área de flujo de tal manera que la energía cinética a la salida del rodete se convierte en cabeza de

presión a la salida. En la figura 2.4 se ilustra el principio de funcionamiento de una bomba centrífuga. [5]



**Figura 2. 4 Principio de funcionamiento de una bomba centrífuga.**

Fuente: Referencia [5].

### **2.2.7. Autómata Programable.**

#### **2.2.7.1. Aparición del autómata programable.**

Desde el comienzo de la industrialización, el hombre ha buscado las formas y procedimientos para que los trabajos se realizaran de forma más ágil y resultaran menos tediosos para el propio operador.

Un mecanismo que ha sido clave en dicho proceso es el autómata programable; este dispositivo consigue entre otras muchas cosas, que ciertas tareas se hagan de forma más rápida y evita que el hombre aparezca involucrado en trabajos peligrosos para él y su entorno más próximo.

El desarrollo de los Controladores Lógicos Programables (autómata programable) fue dirigido originalmente por los requerimientos de los fabricantes de automóviles en los años 60 que estaban cambiando constantemente los sistemas de control en sus líneas de producción para acomodarlos a sus nuevos modelos de carros.



A finales de los años 60 apareció el primer autómata programable llamado MODICON 084 siendo el primer autómata programable en el mundo producido para comercializarse, por una propuesta de la empresa Bedford Associates a la GENERAL MOTORS. [2].

#### **2.2.7.2. Definición de controlador lógico programable.**

Por lógica programable se entiende a los mecanismos con capacidad de realizar las principales funciones lógicas necesarias para la conducción de una maquina o un proceso, de acuerdo a un determinado programa memorizado y con un grado de flexibilidad extremadamente elevado.

El avance de la tecnología y el descenso de los costos permitió el desarrollo de controladores capaces de suplantar en los sistemas de automatización de contactos, la lógica cableada por lógica programada (Programmable Logic Controller). Existen autómatas programables que ofrecen las más variadas presentaciones, en principio solo podían manejar módulos de entrada/salida digital, y reemplazaban los mandos a contactores, a medida que fueron popularizándose, comenzaron a manejar otro tipo de información, por medio de módulos en entrada/salida analógicos, contadores, controladores de periféricos, redes, módulos de visión, controladores de servomecanismos, etc. [6].

#### **2.2.7.3. Ventajas del autómata programable respecto de la lógica cableada.**

- El mecanismo es de carácter estándar, porque la variedad de los componentes que lo conforman es mínima, posibilita la ampliación y/o modificación del sistema mediante la sustitución o agregado de módulos.
- En el caso de eliminación de una maquina/proceso, el sistema de control es reutilizable en otras aplicaciones.
- Puede ser incorporado en maquinas/procesos ya funcionantes.



- Es posible realizar modificaciones de programa con el sistema funcionando, lo que permite una óptima adaptación al proceso.
- Posee interfaces de comunicaciones, impresoras y otros periféricos. [6].

#### **2.2.7.4. Estructura de un autómata programable.**

El autómata programable es en toda su acepción del término, un computador especialmente diseñado para el entorno industrial, para ocupar el lugar de la unidad de mando del proceso productivo. Consta sustancialmente de dos partes fundamentales, la estructura física (hardware) y un equipamiento lógico (software).

El autómata programable se compone esencialmente de algunas partes comunes a todos los modelos, y otras que dependen de la envergadura del mismo y la aplicación en la cual será utilizado. [6].

#### **2.2.7.5. Estructura física de un autómata programable.**

Los componentes de un autómata programable básico son los siguientes:

- Rack principal.
- Fuente de alimentación.
- CPU.
- Memoria.
- Tarjetas entradas/salidas analógicas y digitales.
- Tarjetas especiales.

##### **a) Rack Principal.**

Este elemento es sobre el que se "enchufan" o conectan el resto de los elementos. Va atornillado a la placa de montaje del armario de control. Puede alojar a un número finito de elementos dependiendo del fabricante y conectarse a otros racks similares mediante un cable al efecto, llamándose en este caso rack de expansión.

##### **b) Fuente de alimentación.**



Es la encargada de suministrar la tensión y corriente necesarias tanto a la CPU como a las tarjetas (según fabricante). La tensión de entrada es normalmente de 110/220VAC de entrada y 24 DCV de salida que es con la que se alimenta a la CPU.

### **c) Unidad central de procesamiento (CPU).**

El CPU, también llamada unidad central de proceso es la encargada de ejecutar el programa almacenado en la memoria por el usuario. Podemos considerar que el CPU toma, una a una, las instrucciones programadas por el usuario y las va ejecutando. Cuando llega al final de la secuencia de instrucciones programadas, el CPU vuelve al principio y sigue ejecutándolas de manera cíclica.

### **d) Memoria.**

La memoria almacena el programa de aplicación o del usuario, pero además guarda el estado de variables internas del programa como por ejemplo número de piezas procesadas o máxima temperatura medida.

### **e) Tarjetas entradas/salidas analógicas y digitales.**

Los periféricos constituyen la interfaz entre el autómata programable y el sistema controlado. Son como mínimo entradas y salidas lógicas (o sea capaces de tomar solo dos valores: 1 ó 0, abierto o cerrado, presente o ausente) y pueden también, dependiendo de la sofisticación de cada autómata programable, incluirse entradas y salidas analógicas (o sea, capaces de tomar cualquier valor entre determinados máximo y mínimo) o entradas especiales para pulsos de alta frecuencia como los producidos por encoders, o salidas para lazos de 4 a 20 mA.

El tipo más común de entrada lógica o binaria es la optoacoplada, en la que la corriente de entrada actúa sobre un LED, que a su vez ilumina un fototransistor que es quien en definitiva informa a el CPU el estado de la entrada en cuestión. No existiendo conexión eléctrica entre la entrada en sí y el CPU (ya que la información es transmitida por la luz) se logra un alto aislamiento, de alrededor de 1.5 kV entre entradas y masa.



El tipo de salida más común es el relé, que sumada al aislamiento provee, la robustez y capacidad de manejo de moderadas corrientes tanto continuas como alternas. Su principal desventaja es el tiempo de respuesta, que puede resultar alto para algunas aplicaciones.

Cuando esto sea un inconveniente, puede elegirse en muchos casos el tipo de salida a transistor, mucho más rápido, pero limitado al manejo de corriente continua y considerablemente menos robusto.

Otro tipo de salida, también de estado sólido es la de tipo TRIAC. El triac es una llave de estado sólido para manejo de tensiones alternas. Al igual que el transistor es rápido y menos robusto que el relé, pero a diferencia de aquél, puede manejar corriente alterna. Todas las salidas del autómata programable deben protegerse contra las sobretensiones que aparecen sobre ellas, principalmente en el momento del apagado de las cargas a las que están conectadas.

#### **f) Tarjetas especiales.**

Se enchufan o conectan al rack y comunican con el CPU a través de la citada conexión. Se utilizan normalmente para control o monitorización de variables o movimientos críticos en el tiempo, ya que usualmente realizan esta labor independientemente del CPU. Son algunas muestras las siguientes:

- Tarjetas de contaje rápido.
- Tarjetas de posicionamiento de motores.
- Tarjetas de regulación. [1].

#### **2.2.7.6. Tipos de autómata programable según su estructura.**

Podemos identificar dos tipos de autómatas de acuerdo a su estructura, pueden ser compactos o modulares (Figura 2.5). En el primer caso las interfaces de E/S son limitadas y el autómata no permite expansiones, generalmente son dispositivos de bajo costo. Para el segundo caso, el autómata programable admite la configuración de hardware que esté

disponible para su gama de productos correspondiente, y puede ser reconfigurado por medio de la incorporación o eliminación de módulos extraíbles. [6].



**Figura 2. 5 Autómata programable compacto y autómata programable modular.**

Fuente: Texto en línea [6]

#### **2.2.7.7. Tipos de autómata programable según su número de entradas y salidas.**

De acuerdo a su número de entradas y salidas los autómatas programables pueden ser:

- **De gama baja:**

Si el número de E/S es menos de 256.

- **De gama media:**

Si el número de E/S es menor o igual que 256 pero no mayor de 1024.

- **De gama alta:**

Cuando el número de E/S es mayor de 1024. [7]



### **2.2.7.8. Lenguajes de programación para autómatas programables.**

En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad comparable con la cantidad de autómatas programables que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de autómatas programables como los más difundidos a nivel mundial; estos son:

- Lenguaje de contactos o Ladder
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- Diagrama de funciones

Es obvio, que la gran diversidad de lenguajes de programación da lugar a que cada fabricante tenga su propia representación, originando cierta incomodidad al usuario cuando programa más de un autómata programable. [8].

### **2.2.7.9. La norma IEC 1131-3.**

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131, en un esfuerzo para estandarizar los controladores programables. Uno de los objetivos del comité fue crear un conjunto común de instrucciones que podría ser usado en todos los autómatas programables. Aunque el estándar 1131 alcanzó el estado de estándar internacional en agosto de 1992, el esfuerzo para crear un autómata programable estándar global ha sido una tarea muy difícil debido a la diversidad de fabricantes de autómatas programables y a los problemas de incompatibilidad de programas entre marcas de autómatas programables.

El estándar IEC 1131 para controladores programables consiste de cinco partes, una de las cuales hace referencia a los lenguajes de programación y es referida como la IEC 1131-3.

El estándar IEC 1131-3 define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto, para la programación de autómatas programables. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos



para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

**a) Lenguajes Gráficos.**

- Diagrama Ladder (LD)
- Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)

**b) Lenguajes Textuales.**

- Lista de Instrucciones (IL)
- Texto Estructurado (ST)

Adicionalmente, el estándar IEC 1131-3 incluye una forma de programación orientada a objetos llamada Sequential Function Chart (SFC). SFC es a menudo categorizado como un lenguaje IEC 1131-3, pero éste es realmente una estructura organizacional que coordina los cuatro lenguajes estándares de programación (LD, FBD, IL y ST). La estructura del SFC tuvo sus raíces en el primer estándar francés de Grafcet (IEC 848). [8].

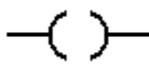
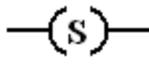
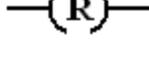
**2.2.7.10. Lenguaje ladder.**

El ladder, también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables, debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

**a) Elementos de programación.**

Para programar un autómata programable con ladder, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. En la siguiente tabla podemos observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.

**Tabla 2. 4 Elementos básicos para programar con ladder.**

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

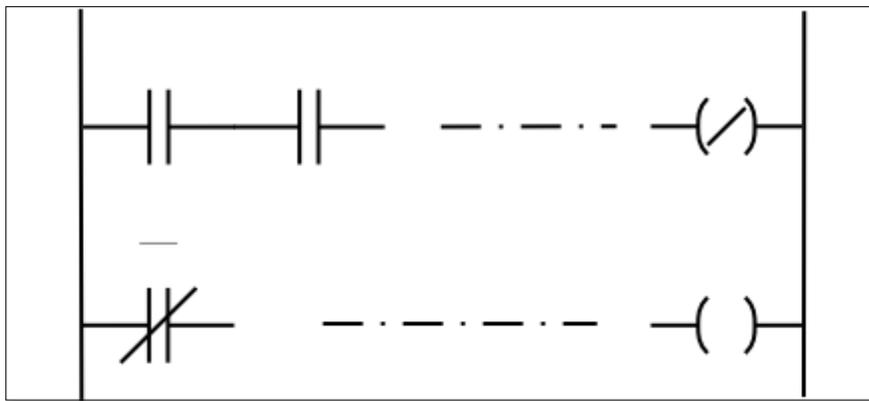
Fuente: texto en línea [9].

**a) Programación.**

Una vez conocidos los elementos que ladder proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

En la figura 2.6 se representa la estructura general de la distribución de todo programa ladder, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.

En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico. El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que primero se introduce. [9].



**Figura 2. 6 Distribución de un programa ladder.**

Fuente: Texto en línea [9].

#### **2.2.7.11. Lenguaje booleano (Lista de Instrucciones).**

El lenguaje Booleano (figura 2.7) utiliza la sintaxis del Álgebra de Boole para ingresar y explicar la lógica de control. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos, haciendo uso de operadores Booleanos (AND, OR, NOT, etc.) y otras instrucciones nemónicas, para implementar el circuito de control. El lenguaje “Lista de Instrucciones” (IL) de la Norma IEC 1131-3, es una forma de lenguaje Booleano. [9].

A	I	2.3
A	I	4.1
O	I	3.2
=	Q	1.6

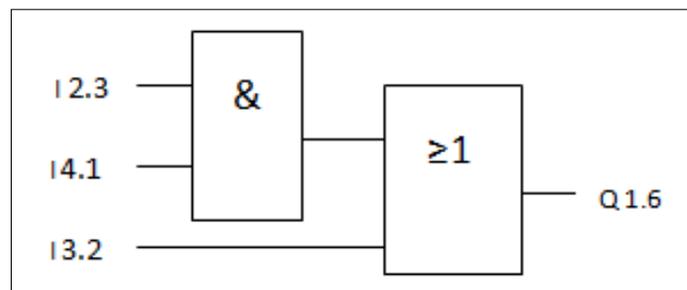
**Figura 2.7 Ejemplo de programación Booleana.**

Fuente: texto en línea [9].

#### 2.2.7.12. Diagrama de funciones (FBD).

Es un lenguaje gráfico que permite al usuario programar elementos (bloque de funciones del autómata programable) en tal forma que ellos aparecen interconectados al igual que un circuito eléctrico. Generalmente utilizan símbolos lógicos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida, porque la salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque. El diagrama de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente. La figura 2.8 muestra un ejemplo de programación mediante diagrama de funciones.

Adicionalmente a las funciones lógicas estándares y específicas del vendedor, el lenguaje FBD de la Norma IEC 1131-3 permite al usuario construir sus propios bloques de funciones, de acuerdo a los requerimientos del programa de control. [9].



**Figura 2.8 Programación mediante diagrama de funciones.**



Fuente: Texto en línea [9].

### 2.2.7.13. Lenguaje de texto estructurado (ST).

Texto estructurado (ST) es un lenguaje de alto nivel que permite la programación estructurada, lo que significa que muchas tareas complejas pueden ser divididas en unidades más pequeñas. ST se parece mucho a los lenguajes de computadoras BASIC o PASCAL, que usa subrutinas para llevar a cabo diferentes partes de las funciones de control y paso de parámetros y valores entre las diferentes secciones del programa. Al igual que LD, FBD e IL, el lenguaje de texto estructurado utiliza la definición de variables para identificar entradas y salidas de dispositivos de campo y cualquier otra variable creada internamente.

Incluye estructuras de cálculo repetitivo y condicional, tales como: FOR ... TO; REPEAT..... UNTIL X; WHILE X... ; IF ... THEN ...ELSE. Además soporta operaciones Booleanas (AND, OR, etc.) y una variedad de datos específicos, tales como fecha, hora. La programación en texto estructurado es apropiada para aplicaciones que involucran manipulación de datos, ordenamiento computacional y aplicaciones matemáticas que utilizan valores de punto flotante. ST es el mejor lenguaje para la implementación de aplicaciones de inteligencia artificial, lógica difusa, toma de decisiones, etc. A continuación un ejemplo de programación, utilizando el lenguaje estructurado. [9].

```
IF Manual AND Alarm THEN  
  
    Level = Manual_Level;  
  
    Mixer = Start AND NOT Reset  
  
ELSE IF    Other_Mode THEN  
  
    Level = Max_level;  
  
ELSE      Level = (Level_Indic|X100)/Scale;  
  
END IF;
```

Figura 2. 9 Programación con lenguaje de texto estructurado.

Fuente: texto en línea [9].

### 2.2.7.14. Diagrama de funciones secuenciales (SFC- Sequential Function Chart).

Es un “lenguaje” gráfico que provee una representación diagramática de secuencias de control en un programa. Básicamente, SFC es similar a un diagrama de flujo, en el que se puede organizar los subprogramas o subrutinas (programadas en LD, FBD, IL y/o ST) que forman el programa de control. SFC es particularmente útil para operaciones de control secuencial, donde un programa fluye de un punto a otro una vez que una condición ha sido satisfecha (cierta o falsa). El marco de programación de SFC contiene tres principales elementos que organizan el programa de control:

- a) Pasos (etapas)
- b) Transiciones (condiciones)
- c) Acciones

El programa irá activando cada una de las etapas y desactivando la anterior conforme se vayan cumpliendo cada una de las condiciones, como se observa en la figura 2.10. Las acciones se realizarán en función de la etapa activa a la que están asociadas. Por ejemplo, la etapa 1 activa tras arrancar el programa, al cumplirse la "Condición 1", se activará la etapa 2, se desactivará la 1, y se realizará la "Acción 1". [9].

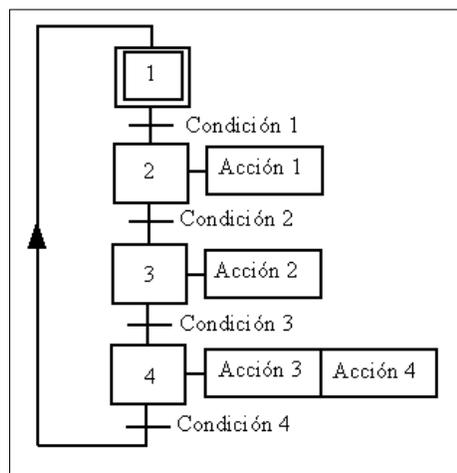


Figura 2. 10 Programación con diagrama de funciones secuenciales (SFC).



Fuente: Texto en línea [9]

### **2.2.8. Autómata programable Siemens SIMATIC S7-313C 2DP.**

El Siemens S7-313C 2DP es un autómata programable modular de gama media, de fácil instalación, que cuenta con las siguientes especificaciones:

- Consola estable con patas antirresbaladizas
- Alimentación de corriente incorporada: 24V/6A DC
- Memoria de trabajo: 64kByte
- Memoria principal incorporada: Micro Memory Card 128KByte
- Herramienta de programación: STEP 7
- Tiempos de ejecución: 0,1 $\mu$ s para operación de bit, 0,5 $\mu$ s para operación de palabra
- 256 contadores
- 256 temporizadores
- Interface MPI
- Entradas y salidas integradas
- 16 entradas digitales DC 24V en conectores hembra de seguridad de 4mm
- 16 salidas digitales DC 24V en conectores hembra de seguridad de 4mm
- Reloj de tiempo real.

Se puede anexar una amplia cantidad de módulos, obteniendo así un sistema con 992 entradas y salidas digitales, 248 entradas y 124 salidas analógicas, además de esto, también puede estar interconectado a través de red, usando un puerto PROFIBUS-DP maestro/esclavos, para así tener un sistema descentralizado, y lograr así comunicar con otros módulos inclusive de otros fabricantes (cada módulo es direccionable de 0 a 128). Permitiendo así un sistema de alta confiabilidad [2]. Dicho autómata programable se muestra en la figura 2.11.



**Figura 2. 11 Autómata programable Siemens SIMATIC S7-313C 2DP.**

Fuente: Texto en línea: [10]

### **2.2.9. Interfaz Hombre Maquina (HMI).**

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se les conoce también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, autómatas programables, RTU (Unidades Remotas de I/O) o DRIVE’s (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI. [11].

#### **2.2.9.1. Tipos de HMI.**

- Desarrollos a medida. Se desarrollan en un entorno de programación grafica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.
- Paquetes enlatados HMI. Son paquetes de programas que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplos son: FIX, WinCC, Wonderware, etc.[11].



### **2.2.10. SCADA.**

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos.

Se trata de una aplicación, especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

Cada uno de los ítems de SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de datos) involucran muchos subsistemas, por ejemplo, la adquisición de los datos puede estar a cargo de un autómata programable el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado, otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición vía un hardware especializado y luego esa información la transmita hacia un equipo de radio vía su puerto serial, y así existen muchas otras alternativas.

Las tareas de supervisión y control generalmente están más relacionadas con el programa SCADA, en él, el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de ésta, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Estos sistemas actúan sobre los dispositivos instalados en la planta, como son los controladores, autómatas, sensores, actuadores, registradores, etc. Además permiten



controlar el proceso desde una estación remota, para ello el programa brinda una interfaz gráfica que muestra el comportamiento del proceso en tiempo real.

Generalmente se vincula el programa al uso de una computadora o de un autómata programable, la acción de control es realizada por los controladores de campo, pero la comunicación del sistema con el operador es necesariamente vía computadora. Sin embargo el operador puede gobernar el proceso en un momento dado si es necesario.

Un programa SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de datos históricos de las señales de la planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Existen diversos tipos de sistemas SCADA dependiendo del fabricante y sobre todo de la finalidad con que se va a hacer uso del sistema, por ello antes de decidir cuál es el más adecuado hay que tener presente si cumple o no ciertos requisitos básicos:

- Todo sistema debe tener arquitectura abierta, es decir, debe permitir su crecimiento y expansión, así como deben poder adecuarse a las necesidades futuras del proceso y de la planta.
- La programación e instalación no debe presentar mayor dificultad, debe contar con interfaces gráficas que muestren un esquema básico y real del proceso
- Deben permitir la adquisición de datos de todo equipo, así como la comunicación a nivel interno y externo (redes locales y de gestión)



- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables para el usuario. [12].

#### 2.2.10.1. Funciones principales del SCADA.

- Supervisión remota de instalaciones y equipos:** Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- Control remoto de instalaciones y equipos:** Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, arrancar/detener motores, etc.), de manera automática y también manual además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- Procesamiento de datos:** El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.
- Visualización gráfica dinámica:** El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.
- Generación de reportes:** El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- Representación de señales de alarma:** A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- Almacenamiento de información histórica:** Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.



- h) **Programación de eventos:** Esta referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc. [12].

### 2.2.10.2. Elementos de un sistema SCADA.

Un sistema SCADA está conformado por:

- a) **Interfaz Operador Máquinas:** Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.
- b) **Unidad Central (MTU):** Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.). También se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- c) **Unidad Remota (RTU):** Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.
- d) **Sistema de Comunicaciones:** Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.
- e) **Transductores:** Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos. [12].

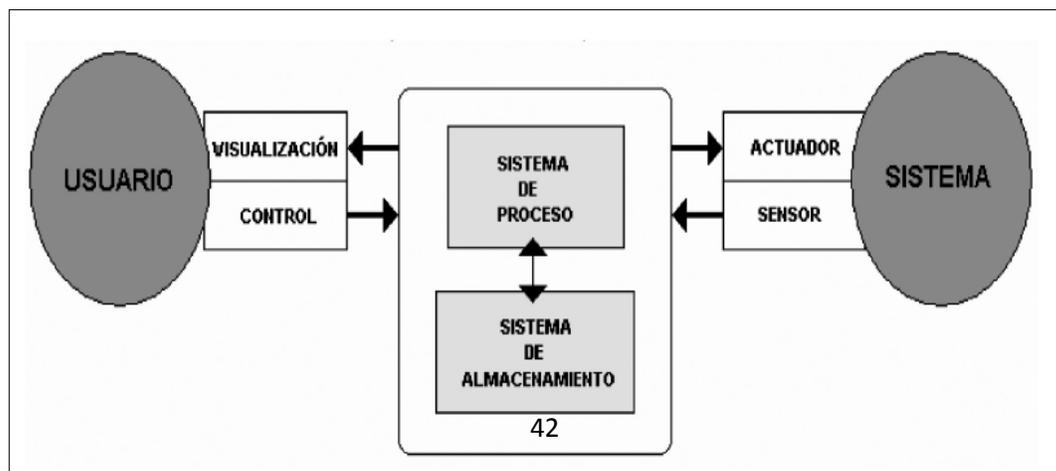
### 2.2.10.3. Conceptos asociados a Sistemas SCADA.

- a) **Tiempo Real:** Capacidad que tiene el ordenador en programas de procesamiento de datos para que siempre esté listo para procesar y proporcionar los resultados dentro de un tiempo especificado. En otras palabras, significa que un sistema reacciona a los eventos externos dentro de un tiempo concreto en un 100% de los casos.
  
- b) **Tarjetas de expansión:** Como el sistema operativo sólo puede proporcionar respuestas suaves en tiempo real lo más simple es emplear extensiones hardware para las tareas críticas (placas de expansión PC) y soluciones software para el resto de tareas. Esto nos lleva a una compatibilidad con futuros sistemas operativos y una solución totalmente factible actualmente. [1].

#### 2.2.10.4. Arquitectura de un sistema SCADA.

El desarrollo del ordenador personal ha permitido su implantación en todos los campos del conocimiento y a todos los niveles imaginables. Las primeras incursiones en el campo de la automatización localizaban todo el control en el PC y tendían progresivamente a la distribución del control en planta. De esta manera, el sistema queda dividido en tres bloques principales, representados en el esquema de la figura 2.12:

- Software de adquisición de datos y control (SCADA).
- Sistemas de adquisición y mando (sensores y actuadores).
- Sistema de interconexión (comunicaciones). [13]





**Figura 2. 12 Estructura básica de un sistema de supervisión y mando.**

Fuente: Texto en línea [12].

### 2.2.10.5. Algunos SCADA y su fabricante.

A continuación se muestra una lista de algunos software SCADA y su fabricante.

**Tabla 2. 5 SCADA y su fabricante**

<b>SCADA</b>	<b>Fabricante</b>
<b>Animax</b>	Desin Instruments S.A.
<b>CUBE</b>	Orsi España S.A
<b>FIX</b>	Intellution
<b>Lookout</b>	National Instruments.
<b>Monitor Pro</b>	Schneider Electric.
<b>SCADA InTouch</b>	LOGITEK
<b>SYSMAC SCS</b>	Omron
<b>Scatt Graph 5000</b>	ABB
<b>WinCC</b>	Siemens
<b>Coros LS-B/Win</b>	Siemens
<b>CIRNET</b>	CIRCUTOR S.A
<b>FIXDMACS</b>	Omron-Intellution
<b>RS-VIEW32</b>	Rockwell
<b>GENESIS32</b>	Iconics.

Fuente: Texto en línea [12].



### 2.2.11. Programas informáticos utilizados.

#### 2.2.11.1. Step7 Professional.

STEP7 Professional es un software de programación y configuración diseñado para uso profesional con controladores SIMATIC. Posee poderosas funciones y herramientas para la variedad de tareas involucradas en un proyecto de automatización. Dicho software es la herramienta de programación necesaria para los sistemas de automatización:

- SIMATIC S7 300
- SIMATIC S7 400
- SIMATIC WIN AC

Este software incluye todos los lenguajes de programación que obedecen el estándar internacional IEC 61131-3, y por tanto habilita la estandarización del cruce de compañías y ayuda a ahorrar en los gastos de diseño de software de alto nivel.

El funcionamiento intuitivo y el uso de idiomas estándar lo hacen fácil para que programadores y personal de mantenimiento se familiaricen con el software.

Apoya al usuario a través de todas las fases de un proceso de desarrollo para las soluciones de automatización como:

- Instalación y manejo de proyectos.
- Configuración y asignación de parámetros.
- Direccionamiento de símbolos.
- Generación de programas para el sistema designado SIMATIC S7
- Carga de programas en el sistema designado.
- Pruebas de la planta de automatización.
- Diagnósticos de fallas de la planta.

Los principales componentes de STEP7 Professional son:

- **Administrador SIMATIC**, para el manejo de todas las herramientas y datos de un proyecto de automatización.



- **Configuración de Hardware**, para ordenamiento y parametrización del mismo.
- **Editor de programas**, para la creación y comprobación del programa de usuario.
- **NetPro**, para montar una transferencia de datos sobre MPI o PROFIBUS/PROFINET.
- Integra **diagnóstico del sistema**, para obtener una vista general del estado del sistema de automatización.
- Documentación del proyecto de manera estándar y sencilla con **DOCPRO**.
- Control PID y control de temperatura PID para parametrización PID simple o controladores de temperatura.
- Prueba de software sin controlador con **S7-PLCSIM** (elemento de STEP7 Professional).
- Creación de programas para controladores a prueba de fallas.
- **Interfaz de llamada de herramientas** (ICT) para la creación de sistemas de ingeniería de otros fabricantes.
- **Interfaz de comando abierto** para importación y exportación de datos desde otras herramientas Windows.
- El **Logon SIMATIC** para gestión de usuarios centralizada.

A continuación se describirá algunos de los componentes antes mencionados.

El administrador SIMATIC maneja todos los datos pertinentes a un proyecto de automatización. Además permite crear, copiar, descargar y archivar proyectos. Todas las aplicaciones pueden ser ejecutadas desde el administrador SIMATIC, el cual posee un asistente que ayuda a crear el proyecto de STEP7.

Los proyectos se estructuran de tal modo que permiten depositar de forma ordenada todos los datos y ajustes necesarios para su tarea de automatización.

Dentro de dicho proyecto, los datos se estructuran por temas y se representa en forma de objetos. Los diversos tipos de objetos están vinculados en el administrador



SIMATIC directamente a la aplicación necesaria para poder editarlos, es decir que permite acceder a todas las funciones y ventanas de STEP7. Gracias a ello no es necesario recordar la aplicación que se debe arrancar cuando se desee editar un objeto determinado.

Dentro del administrador se puede encontrar funciones como:

Multiproyectos, que permite crear un proyecto y procesarlo por usuarios diferentes simultáneamente. La convergencia de los proyectos es soportada por el sistema.

Gestión de textos, que permite la creación y manejo de textos en varios lenguajes. Los textos a ser trasladados son exportados desde STEP7, procesados usando un editor ASCII o un programa de hoja de cálculo (Excel), y posteriormente importados de regreso dentro de STEP7. Es posible guardar los datos de un proyecto en la CPU (autómata programable), además del programa de aplicación actual, los datos del proyecto completo pueden ser guardados en la tarjeta de memoria de la CPU. Estos datos están entonces disponibles en el sitio para propósitos de servicio.

Otros de los componentes de STEP7 Professional es configuración de hardware, con él las CPUs y los módulos de SIMATIC no necesitan cambios mecánicos ni ajuste de tornillos. Todas las configuraciones son implementadas de manera centralizada usando el software, es decir que el hardware es configurado y parametrizado en la herramienta HW Config (configuración de hardware).

Esta opción posee opciones especiales como enlace a Internet, con la cual la información más actual con respecto al hardware usado puede descargarse siempre que se requiera accediendo a la información de apoyo del producto en Internet. También permite integrar componentes de hardware directamente dentro de STEP7 mediante internet sin necesidad de un paquete de servicio.

Por otro lado se puede visualizar gráficamente los puertos de comunicación y la distribución de las entradas y salidas. El editor de programas es la interfaz de programación para el usuario. El paquete estándar de STEP7 Professional comprende los lenguajes de



programación probados LAD o KOP (diagrama de escalera), FBD o FUP (diagrama de bloques de funciones) y STL o AWL (lista de instrucciones).

El software puede ser ampliado con una extensa gama de paquetes opcionales, por ejemplo:

- S7-GRAPH para la programación gráfica controles secuenciales.
- S7-SCL, el lenguaje de alto nivel con el que se puede resolver tareas complejas sin ningún problema.
- S7-PLCSIM para simulación desconectada de la solución de automatización.

La herramienta NetPro de STEP 7 Professional habilita la configuración del sistema de comunicación. Aquí los enlaces de comunicación entre estaciones individuales son configurados gráficamente. NetPro contiene todos los controladores requeridos para PROFINET y PROFIBUS CPs.

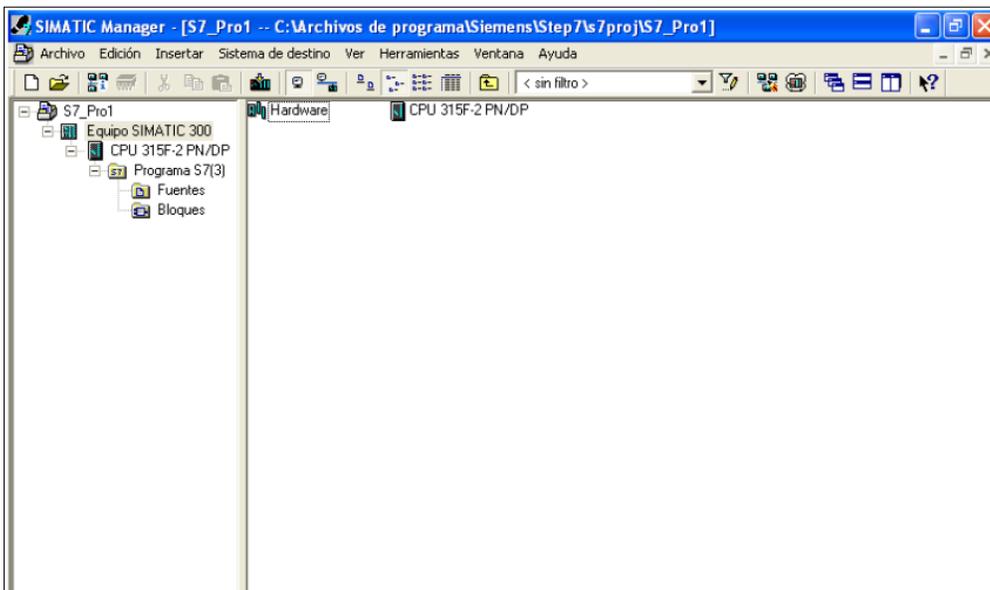
**S7-PLCSIM** es un sistema de simulación de un controlador real que proporciona un apoyo eficaz para el desarrollo de programas y por consiguiente para la aplicación real. Permite descubrir errores y optimizar secciones en el programa.

La interfaz de llamada de herramientas facilita la integración de herramientas de ingeniería de otros fabricantes dentro de STEP 7. Habilita de una manera simple la llamada de programas o configuración de instrumentos como sensores o actuadores manejados por medio de controladores SIMATIC.

SIMATIC Logon ayuda a crear accesos con privilegios para proyectos y librerías de STEP 7. Determina que usuario puede usar la licencia y quien podría transferirla desde un servidor.

El software de SIMATIC posee muchos otros paquetes complementarios, los cuales pueden ser adquiridos de acuerdo a la necesidad de automatización. [14].

A continuación se muestra en la figura 2.13, la pantalla principal del Administrador Simatic.



**Figura 2. 13 Administrador SIMATIC.**

Fuente: Referencia [14]

#### **2.2.11.2. WINCC (Windows control center).**

SIMATIC WinCC es un sistema de supervisión sobre PCs estándar en un entorno operativo bajo Windows 2000 y XP. Es un sistema SCADA dotado de potentes funciones de mando y supervisión para procesos automáticos.

WinCC posee una arquitectura absolutamente abierta que permite crear aplicaciones propias sobre las bases de WinCC. Puede trabajar en combinación con otros programas para crear soluciones de mando y supervisión optimizadas que cumplen las exigencias prácticas.

Es un software moderno, ofrece interfaces cómodas para el usuario, es fácilmente configurable, escalable desde las tareas más sencillas a las más complejas y que sirven de plataforma para IT & Business Integration. WinCC puede conmutar entre los idiomas alemán, inglés, francés, español e italiano. La versión asiática también soporta ideogramas



para China, Corea, Japón o Taiwán. Los programas pueden ser configurados en varios idiomas Runtime (simultáneamente en varios idiomas conmutables en modo online).

Sirve de plataforma HMI para diversos sistemas de visualización y de control de procesos de Siemens (por ejemplo, producción y distribución de energía, lógica *Fuzzy*) y de otros fabricantes. WinCC permite la integración con sistemas no pertenecientes a SIMATIC.

Posee funciones de mando y supervisión a la medida de las necesidades industriales para la visualización gráfica completa de los procedimientos y estados del proceso, señalización y confirmación de alarmas, archivo de los valores de medida y mensajes, listado de todos los datos de proceso y de archivo, gestión de los usuarios y sus autorizaciones de acceso.

Está equipado con funciones de configuración sencilla y eficiente, por ejemplo el editor gráfico es cómodo y orientado al objeto, posee extensas bibliotecas, modularidad, modificaciones rápidas por medio de la configuración online, herramienta de configuración para el tratamiento de grandes cantidades de datos, transparencia gracias a la lista de referencias cruzadas.

SIMATIC WinCC ofrece escalabilidad continua y homogénea desde la pequeña solución monopuesto hasta una arquitectura cliente/servidor redundante con registro histórico (Historian) integrado y puestos de operador en la Web.

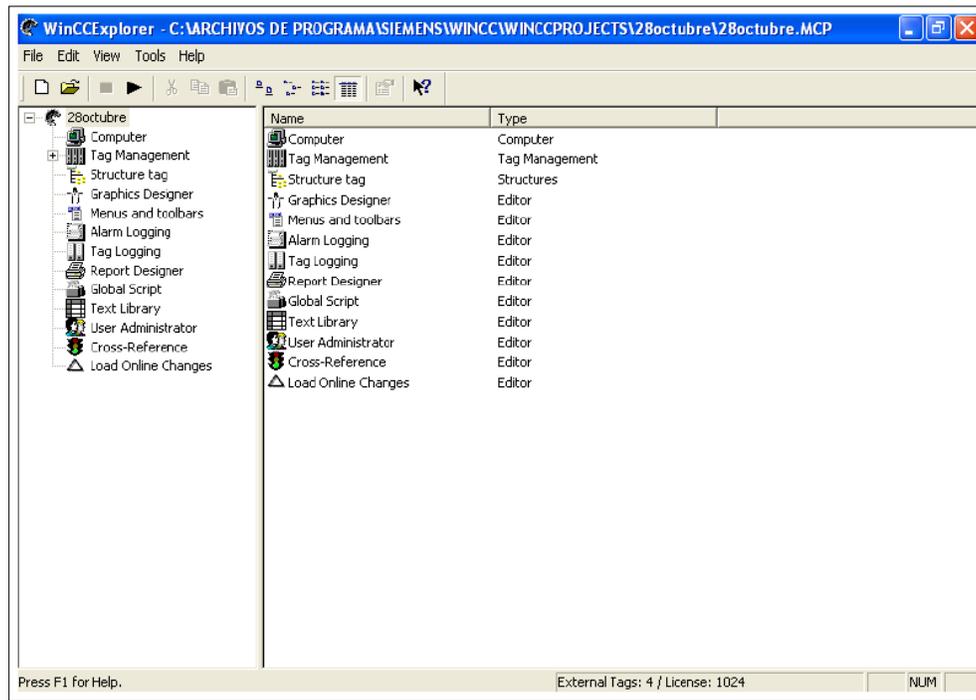
WinCC es un componente del concepto TIA (Totally Integrated Automation, integración completa de los componentes de automatización individuales), es decir que WinCC, por ejemplo, accede directamente a la configuración de variables y de mensajes de su autómatas SIMATIC y también usa sus parámetros de comunicación. Los datos variables simplemente se introducen una sola vez y pueden ser gestionados y actualizados de forma centralizada. Gracias al acceso directo a los símbolos STEP 7 se evita también un direccionamiento incorrecto en WinCC.



WinCC dispone de una serie de editores con los cuales se pueden configurar individualmente las funcionalidades necesarias para la aplicación pertinente, tal como se muestra en la figura 2.14. Entre los editores de WINCC con su tarea o funcionalidad *Runtime* configurable respectiva están:

- **WinCC Explorer**, es el centro de control de WinCC. Gestión centralizada del proyecto para el rápido acceso a todos los datos y los parámetros centralizados del proyecto.
- **Graphics Designer**, sistema gráfico para la configuración de las imágenes del proyecto y los diálogos, permite manipular y dinamizar las propiedades de objeto.
- **Alarm Logging**, editor para la configuración del sistema de alarmas y mensajes. Permite la adquisición y el archivo de eventos con posibilidad de mando y supervisión; libre selección de las clases de mensaje, los contenidos de mensaje, informes y listados
- **Tag Logging**, editor para la configuración del sistema de archivo. Archivo de valores de proceso para la adquisición, compresión y el almacenamiento de valores de medida, por ejemplo para la presentación de tendencias en forma de tablas y su procesamiento posterior.
- **Report Designer**, Sistema de informes y listados para la documentación controlada por eventos de mensajes, operaciones y datos de proceso actuales en forma de informes de usuario o documentación de proyecto.
- **User Administrador**, herramienta para una cómoda gestión de usuarios y sus derechos de acceso.
- **Global Scripts**, funciones de procesamiento con funcionalidad ilimitada gracias a la utilización del compilador ANSI-C.

- **Herramientas diversas**, Text Library, CrossReference, ProjectDuplicator, Picture Tree Manager, Lifebeat Monitoring, Smart Tools.



**Figura 2. 14 Explorador WinCC**

Fuente: Texto en línea [14]

SIMATIC WinCC ofrece la posibilidad de crear menús específicos para un proyecto o un sector industrial, generar objetos personalizados y almacenarlos en una biblioteca, automatizar la configuración y utilizar una serie de interfaces y herramientas para las tareas de definición complejas:

- Asistentes de configuración “Wizards“.
- Bibliotecas y bloques.
- Ingeniería de grandes proyectos.
- La lista de referencias cruzadas y la visualización centralizada de las propiedades de imagen permiten disponer de informaciones siempre actualizadas.
- Herramienta de configuración para el tratamiento de grandes volúmenes de datos.



- Interfaces de importación y exportación.
- Configuración de aplicaciones multilingües.
- Comprobación, puesta en marcha, mantenimiento.
- Comprobación de proyectos mediante la simulación en runtime.
- Modificación sencilla mediante la configuración online.
- Configuración offline y carga de la modificación a un sistema online (carga de modificaciones online). [14].

#### **2.2.12. Descripción general del banco de control de procesos.**

El banco de control de procesos está sobre 3 bases de dimensión 0,70x0,70 m, cuenta con 4 tanques acrílicos rectangulares de 0,40 x 0,21 x 0,21m y aproximadamente 17,64 litros de capacidad, y un tanque en fibra de vidrio esférico, de 0.28 m de diámetro, y aproximadamente 11.43 l de capacidad.

Además consta de los siguientes componentes:

- 3 Bombas.
- 2 sensores de presión diferencial.
- Resistencia calefactora.
- 1 Sensor de temperatura RTD (Pt-100).
- 6 Sensores capacitivos.

#### **2.2.13. Elementos de entrada y salida del banco de control de procesos.**

En el banco de control de proceso se cuenta con una serie de instrumentos de medición que proporcionan una señal de campo al controlador, ya sea digital o analógica, que permiten que éste tome las decisiones, dichas señales de campo, se conocen como señales de entrada.

Las señales de entrada del banco de control de procesos son:

- Sensor de presión diferencial (Señal analógica).



- Sensor de temperatura RTD (PT100) (Señal analógica).
- Sensores capacitivos. (Señal discreta).

Una vez que estas señales de entrada son procesadas por el controlador, y éste realiza una serie de secuencias (previamente programadas), el mismo devuelve una señal a los elementos finales de control.

El banco de control de procesos cuenta con elementos finales de control como:

- Variocompact – (Regulación de tensión hacia las bombas) (señal analógica).
- Calefactor (Señal discreta).

#### 2.2.13.1. Especificaciones dispositivos de entrada.

- **Detectores capacitivos para nivel. (figura 2.16)**

El detector de posición tiene una salida PNP, lo que significa que la línea de transmisión de las señales conmuta a potencial positivo al activarse. El contacto está normalmente abierto. La carga resistiva se conecta entre la señal de salida del detector y la masa, como se detalla en la figura 2.15.

El estado de conmutación se indica mediante un diodo luminoso (LED) amarillo. El diodo verde corresponde a la indicación de preparado para funcionar. Mediante un Pequeño tornillo de ajuste puede regularse la sensibilidad del detector. En la tabla 2.6 se encuentran algunas especificaciones de los sensores capacitivos.

**Tabla 2. 6 Especificaciones técnicas de sensores capacitivos.**

Parámetro	Valor
Marca	Festo
Modelo	SCE-M-18-PS-K
Distancia nominal de conmutación	9,5-10mm
Alimentación	12-24 V DC

Dimensiones

M18x59,7mm

Fuente: Texto en línea [15].

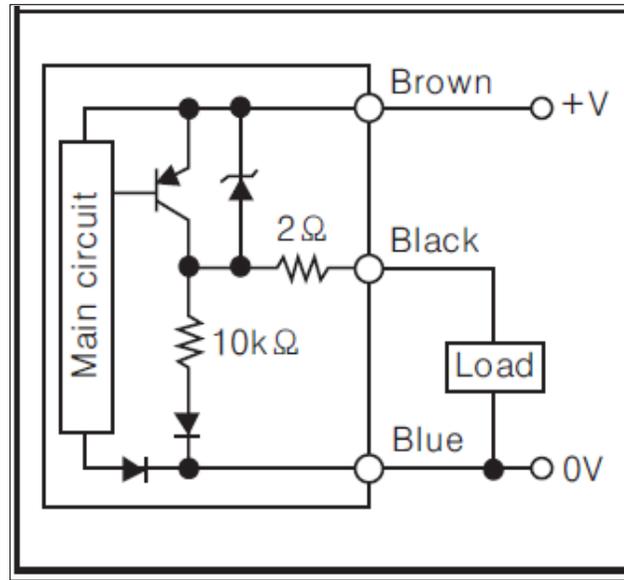


Figura 2. 15 Esquema de conexiones de sensores capacitivos.

Fuente: en red.

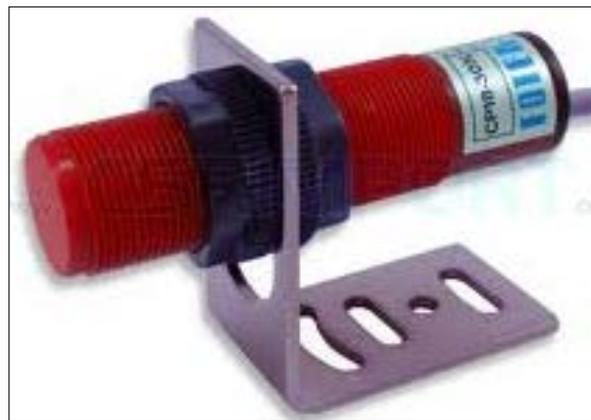


Figura 2. 16 Sensor capacitivo (foto referencial).

Fuente: en red.

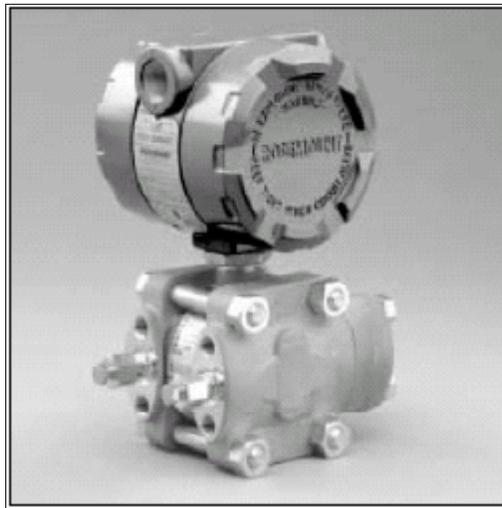
- **Transmisor de presión diferencial.**

El banco de control de procesos posee un transmisor de presión diferencial (figura 2.17 que posee algunas características como las que se muestran a continuación en la tabla 2.7.

**Tabla 2. 7 Especificaciones técnicas del transmisor de presión diferencial.**

Parámetro	Valor
Marca	Rosemount
Modelo	1151 DP
Salida	4-20mA
Margen de medición	0-150” H <sub>2</sub> O

Fuente: Datasheet [1].



**Figura 2. 17 Transmisor de presión diferencial.**

Fuente: Datasheet [1].

▪ **Sensor de temperatura RTD.**

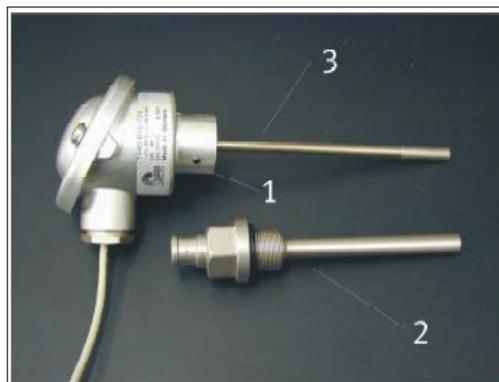
El detector de temperatura incluye un termómetro por resistencia de platino. El sensor tiene un tubo de protección, un cabezal de conexión y una unidad de medición sustituible. A continuación se observa en la tabla 2.8 algunas especificaciones de la RTD de la figura 2.18.

**Tabla 2. 8 Especificaciones técnicas sensor de temperatura.**

Parámetro	Valor
Marca	Burkert
Modelo	ST21
Margen de medición	-50 a 150°C
Resistencia de medición	Pt100 - 3 hilos
Tolerancia	0° - +0,12Ω
	100° - +0,30Ω

Fuente: Texto en

línea [15].



**Figura 2. 18 Sensor de temperatura.**

- 1 Perno roscado. 2 Tubo de protección. 3 Elemento térmico

Fuente: Texto en línea [15]

**2.2.13.2. Especificaciones dispositivos de salida.**

- **Bombas de agua:**

Las bombas que posee el banco de control de procesos, se muestran en la figura 2.19, son pequeñas bombas centrífugas con las especificaciones que describe la tabla 2.10

**Tabla 2. 9 Especificaciones técnicas de las bombas**

Parámetro	Valor
Márgenes de temperatura	Líquido: -40°C - +100°C Entorno: -40°C - +70°C
Presión máxima del sistema	2,5bar
Tensión de funcionamiento	24V DC
Potencia	26W
Caudal máximo	10 l/m

Fuente: Texto en línea [15].



**Figura 2. 19 Bomba centrífuga.**

Fuente: Texto en línea [15].

▪ **Variocompact:**

Para accionar y regular el caudal de las bombas se utiliza un amplificador “Variocompact LUTZE” (figura 2.20), este amplificador recibe una alimentación de 24 V DC y una señal de control de 0 a 10V, genera una salida de 0 a “24V DC, directamente proporcional a la señal de control, en la tabla 2.12 se encuentran los parámetros de este amplificador:

**Tabla 2. 10 Parámetros del variocompact.**

Parámetro	Valor
Marca	LUTZE
Alimentación	24 V DC
Entrada	-10 a + 10 V DC
Salida	-24 a +24 V DC

Fuente: propia.



**Figura 2. 20 Variocompact LUTZE.**



Fuente: Texto en línea [16].

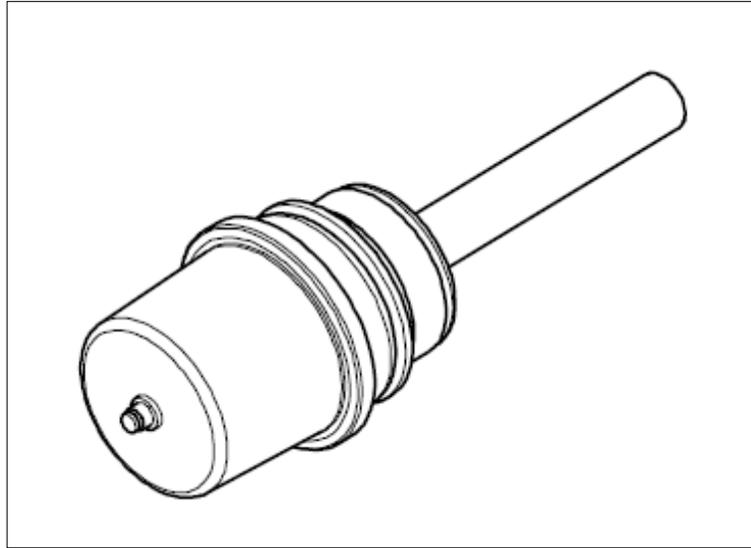
▪ **Calefactor:**

La calefacción del banco de control de procesos, no es más que una resistencia que funciona con 240/110 V AC, y se conecta y desconecta mediante un relé de 24V DC, en la figura 2.22 se observa una foto referencial del calefactor y en la tabla 2.11 los datos técnicos de la misma.

**Tabla 2. 11 Datos técnicos del calefactor.**

Parámetro	Valor
Rendimiento de la calefacción	1000W/230v
Tensión de control	24V DC
Dimensiones	Vara sumergible: 150mm x $\phi$ 20mm Rosca: G 1.1/2
Materiales (vara)	Acero inoxidable.
Accionamiento	Relé 24V DC

Fuente: Texto en línea [15].



**Figura 2. 21 Calefactor.**  
Fuente: Texto en línea [15].



## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se define el tipo de investigación a realizar y los pasos ordenados ó fases establecidas, que se han de seguir para ejecutar dicha investigación y cumplir con los objetivos planteados y así culminar de manera exitosa la reingeniería del banco de control de procesos.

### 3.1. Tipo de investigación

En la digitalización del manual de la UPEL [17] se define:

*“El Proyecto Factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.”*

De igual manera especifica que el proyecto factible comprende las siguientes etapas generales: diagnóstico, planteamiento y fundamentación teórica de la propuesta; procedimiento metodológico, actividades y recursos necesarios para su ejecución; análisis y conclusiones.

Por otra parte el mismo manual, también define a los proyectos especiales como:

*“Trabajos que lleven a creaciones tangibles, susceptibles de ser utilizadas como soluciones a problemas demostrados, o que respondan a necesidades e intereses de tipo cultural. Se incluyen en esta categoría los trabajos de elaboración de libros de texto y de materiales de apoyo educativo.”*

De las definiciones anteriores se deduce que este trabajo está enmarcado en la modalidad de un proyecto factible; porque contempla solución a un problema de tipo práctico, como lo es la reingeniería del banco de control de procesos, y orientado a la



satisfacción de necesidades de una institución (Universidad de Carabobo); y de un proyecto especial porque posee creaciones tangibles que serán utilizadas para solventar los problemas planteados en el primer capítulo de este proyecto. E incluye la elaboración de material de apoyo educativo sobre el SCADA WinCC.

### **3.2. Metodología a utilizar**

A continuación se PRESENTARÁ la metodología a seguir para cumplir los objetivos planteados anteriormente y realizar este trabajo de una manera ordenada y efectiva.

#### **3.2.1. Fase 1: Reestructuración del banco de control de procesos**

- Determinar los materiales y equipos requeridos para acondicionar el banco.
- Realizar la desincorporación de las tuberías, llaves y conexiones que van a ser reemplazadas.
- Instalar el reemplazo de las partes desincorporadas.
- Diseñar un tablero con acceso a las variables tanto de entrada como de salida, disponibles en el banco.
- Incorporar y adaptar el sensor de presión diferencial MPX10DP que sustituirá al transmisor de presión diferencial.
- Elaborar, cablear e identificar el tablero o panel de acceso al banco.

#### **3.2.2. Fase II: Diseño de prácticas para la utilización del banco de control de procesos.**

- Consultar con los profesores de la asignatura los lineamientos para la posterior elaboración de las prácticas.
- Elaborar y redactar prácticas para la utilización del banco de procesos
- Elaborar una metodología para el desarrollo de las prácticas.



### **3.2.3. Fase III: Desarrollo de un conjunto de prácticas usando el autómata programable Siemens S7- 313C 2DP.**

- Realizar una metodología del automatismo de cada una de las prácticas.
- Dar soluciones a las prácticas según la metodología planteada.
- Efectuar la programación del PLC.
- Comprobar el funcionamiento del programa realizado.

### **3.2.4. Fase IV: Desarrollo del conjunto de prácticas usando el SCADA Wincc.**

- Recolectar información sobre el programa simatic Wincc.
- Diseñar el sistema SCADA para cada práctica.
- Realizar pruebas del programa.
- Verificar resultados.

### **3.2.5. Fase V: Simulación del conjunto de prácticas del autómata programable Siemens S7- 313C 2DP y SCADA Wincc.**

- Realizar la simulación del conjunto de prácticas haciendo uso del software de programación del PLC, Administrador Simatic, el simulador PLCSIM y el SCADA WinCC.
- Verificar el funcionamiento de los programas.
- Determinar posibles errores y corregirlos.

### **3.2.6. Fase VI: Documentación de todas las fases del proyecto.**

- Redactar paso a paso cada una de las fases del proyecto.
- Elaborar material de apoyo educativo para el manejo del SCADA WinCC.



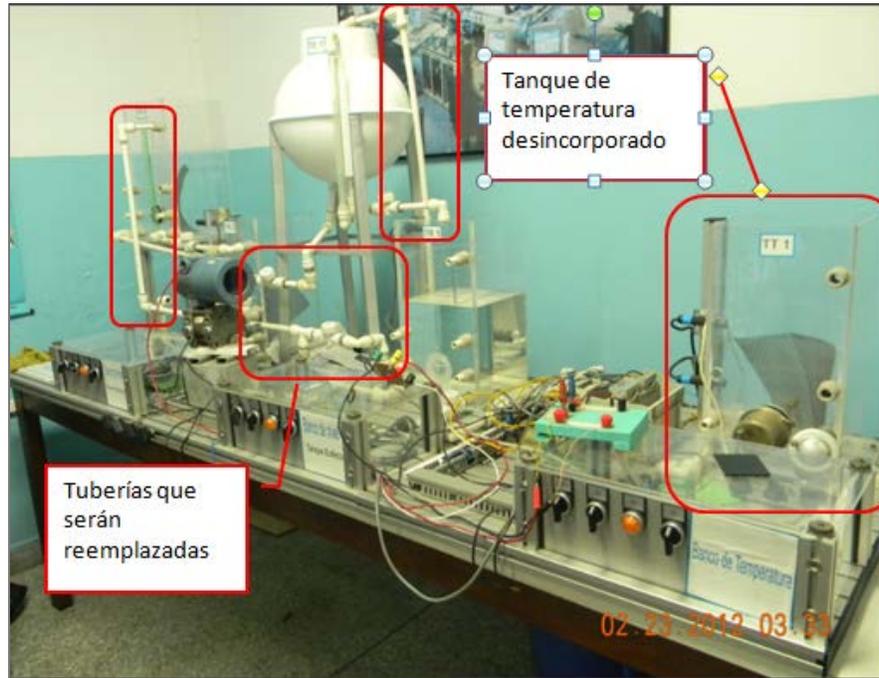
## CAPÍTULO IV. MARCO OPERACIONAL.

Este trabajo de grado tiene como objetivo general implementar la reingeniería del banco de control de procesos, utilizando el autómatas programable Siemens S7-313C 2DP y el SCADA Wincc, el cual se logro mediante el desarrollo de las fases metodológicas descritas en el marco metodológico (capítulo III), las cuales se explican detalladamente a continuación.

### 4.1. Situación previa del banco de control de procesos.

Para dar inicio a este trabajo, y poder cumplir con la primera de las fases metodológicas, se procedió a hacer un estudio detallado de cada una de las partes que conforman el banco de control de procesos, a fin de determinar el estado de cada uno de ellos, y poder así establecer cuáles eran los elementos a reemplazar, a reparar y adicionar. A continuación se proporciona un listado de problemas encontrados:

- 1. Tuberías:** se evidencia deterioro en tuberías trayendo como consecuencia fuga en las conexiones, además de estar incompleto el sistema de tuberías para el conexionado de todos los tanques y elementos que conforman el banco de control de procesos, como se puede observar en la figura 4.1.
- 2. Modulo de temperatura:** este modulo esta desincorporado totalmente, no está operativo ni la bomba, ni el sensor de temperatura RTD, ni el calefactor que posee.
- 3. Transmisor de presión:** al momento de realizar el estudio se determino que debido a la cantidad de veces que se ajusto el transmisor para su adecuado funcionamiento en el proceso, el mecanismo de calibración del instrumento estaba muy dañado y su calibración no se lograba con exactitud, adicionalmente se cuenta con un solo transmisor, por lo que hay que ajustarlo dependiendo de con cual tanque se esté trabajando. Ver figura 4.2.



**Figura 4. 1 Estado del banco de control de procesos.**

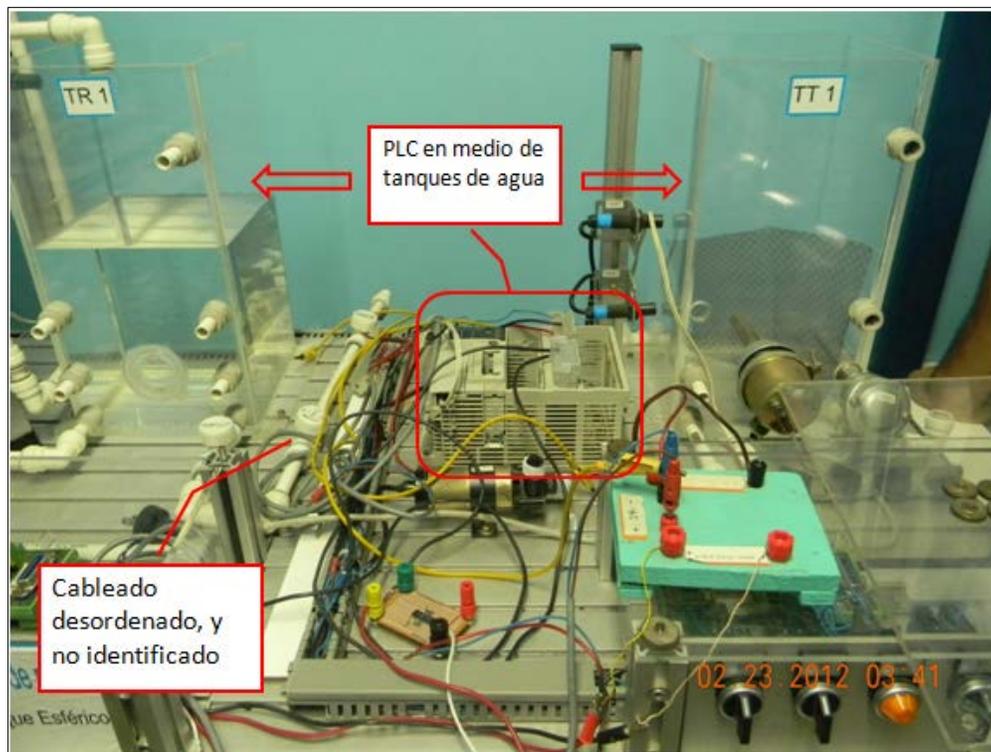
Fuente: Propia.



**Figura 4. 2 Transmisor de presión diferencial.**

Fuente: Propia.

4. **Cableado:** el cableado esta desordenado, hay presencia de empalmes de cables de diferentes calibres y cables no identificados, lo que dificulta el proceso de reconocimiento de fallas.
5. **Autómata programable:** el autómata programable se encuentra entre dos de los tanques de agua, lo que no es una ubicación segura, ya que en cualquier momento cargando los tanques de agua, ésta podría derramarse sobre él y causar daños temporales o permanentes.



**Figura 4. 3 Mala ubicación del autómata programable y estado del cableado.**

Fuente: Propia.

6. **Calefactor:** el cable de control del calefactor esta deteriorado, se observa ruptura del conector.



**Figura 4. 4 Cable del calefactor.**

Fuente: Propia.

7. **Bases:** las 3 bases de aluminio que conforman la base están unidas entre sí con unas láminas que no proporcionan un sistema de fijación firme.
8. **Las bombas:** la pintura del cuerpo (carcasa) de las bombas se encontraba en mal estado, evidenciándose oxido y manchas.



**Figura 4. 5 Bomba del banco de control de procesos.**

Fuente: Propia.



9. **Tanques de agua:** los tanques de agua rectangulares se encontraban manchados, y la pintura del tanque esférico estaba deteriorada.
10. Finalmente también es de hacer notar que el banco de control de procesos está destinado a ser usado únicamente con el autómata programable TSX Micro, porque todo estaba cableado directamente a él, y no hay manera de acceder a los elementos de entrada y salida que posee.

#### 4.2. Propuesta de solución de problemas identificados.

Luego de haber identificado y enumerado los problemas encontrados en el banco de control de procesos, se procede a agrupar los problemas que conllevan a una misma solución.

**Tabla 4. 1 Propuestas de solución de problemas.**

<b>Problemas</b>	<b>Propuesta de solución</b>
<b>Tuberías y Modulo de temperatura</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Diseño de conexionado de tuberías que incluya el tanque de temperatura.</li><li>- Instalación del diseño de tuberías.</li></ul>
<b>Transmisor de presión</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Desincorporación del transmisor.</li><li>- Incorporación de dos sensores de presión diferencial, para el tanque esférico y un tanque rectangular, que se adapte a los rangos de presión manejados.</li></ul>
<b>Cableado Autómata programable Calefactor</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Realizar un reemplazo de los cables, desincorporar el autómata programable TSX Micro, y diseñar un panel de conexión donde estén disponibles los dispositivos de entrada y salida del banco de control de</li></ul>



	procesos.
<b>Bombas y Tanques de agua</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pintar las bombas.</li><li>- Limpiar tanques rectangulares.</li><li>- Pintar tanque esférico.</li></ul>

Fuente: Propia.

### 4.3. Desarrollo de la reingeniería del banco de control de procesos.

#### 4.3.1. Propuesta.

Se propone diseñar un sistema de tuberías que englobe los 5 tanques disponibles, además de las 3 bombas, pero mantenga la misma posición de los tanques, teniendo presentes algunos criterios como:

- Fácil acceso a las llaves de paso de las tuberías (permitiendo que desde la parte delantera se pueda manipular cada una de las llaves)
- Cada bomba posea las conexiones necesarias para cargar dos tanques, por separado ó simultáneos.
- Cada tanque posea un sistema de purga (drenaje) del agua.
- Exista la posibilidad de hacer un lazo de retroalimentación de los tanques inferiores.

Para ello se investigó sobre las características de las tuberías de agua, y así poder elegir la adecuada al sistema del banco de control de procesos.

La elección de la tubería se baso en 2 criterios principales:

1. El diámetro de la tubería desincorporada era de 15mm.
2. La resistencia a la temperatura, ya que se incorporará el tanque de temperatura.

### 4.3.2. Selección de la tubería.

Sustentando el razonamiento anterior, la tubería que se selecciono fue de CPVC, son las siglas en inglés del Cloruro de Polivinilo Clorurado, que consiste en un plástico rígido y económico diseñado para soportar las temperaturas y presiones altas. El CPVC se utiliza para las tuberías de suministro de agua fría y caliente. La figura 4.6 muestra las tuberías y las conexiones mencionadas.

**Tabla 4. 2 Características de la tubería CPVC.**

Parámetro	Valor
Temperatura max. de trabajo	82°C
Presión de trabajo	100Psi
Diámetro externo	16mm – 1/2"

Fuente: texto en línea [18].

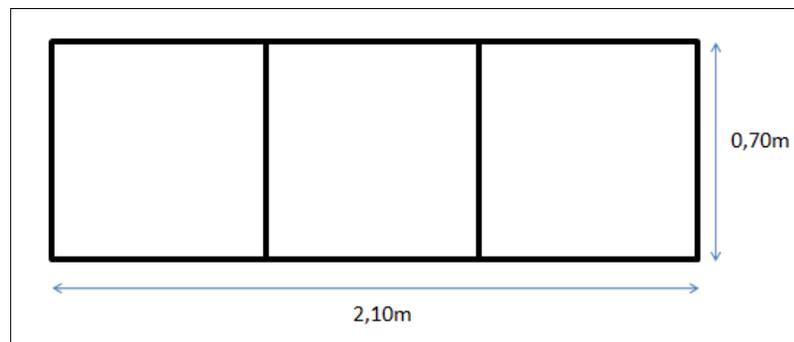


**Figura 4. 6 Tubería CPVC.**

Fuente: Texto en línea [18].

### 4.3.3. Acondicionamiento e implementación del nuevo sistema de tuberías.

Luego de retirar las tuberías del banco, y desmontar todas las piezas, tanques, bombas, transmisor, autómatas programables, se procedió a lijar las laminas de aluminio, para limpiarlas y dejarlas libres de óxido y manchas, seguidamente se diseñó una estructura en hierro, donde encajan las laminas para obtener un sistema de fijación (base) firme, de las 3 laminas de aluminio que conforman el banco, como se observa en la figura 4.7.



**Figura 4. 7 Diseño de estructura base del banco de control de procesos.**

Fuente: Propia.

El proceso continuó con la limpieza de los tanques rectangulares y se procedió también a pintar el tanque esférico y las bombas. Luego se reubicaron dichos tanques, para poder posteriormente proceder a fijar la tubería según el plano de conexiones propuesto. A continuación se muestra una serie de imágenes donde se observan algunas de las mejoras implementadas al banco:



**Figura 4. 8 Bomba del banco de control de procesos (después).**

Fuente: Propia.



**Figura 4. 9 Tanque esférico.**  
Fuente: Propia.



**Figura 4. 10 Tanques rectangulares.**  
Fuente: Propia.

En las figuras anteriores se observa el trabajo realizado, la bomba y el tanque esférico luego de haber sido pintados (figura 4.8 y figura 4.9 respectivamente), los tanques rectangulares que luego de limpiarlos se les colocó una tapa de acrílico de 0,21x0,21m (para cada tanque), como se puede observar en la figura 4.10.

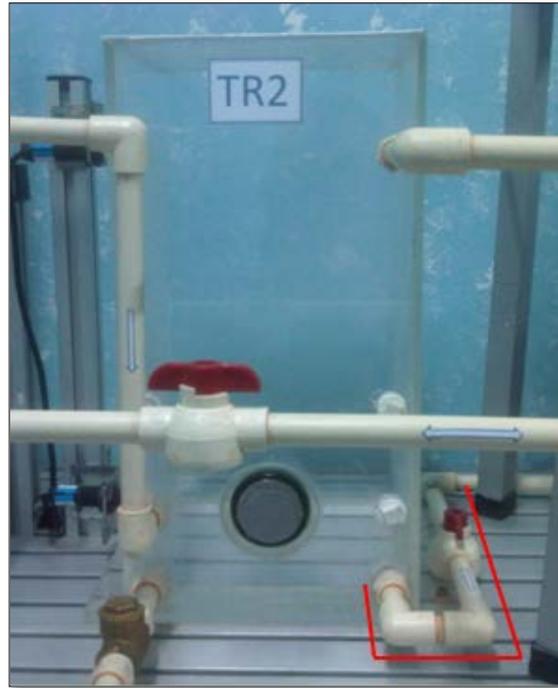
Luego de esta serie de reparaciones, se procedió a cortar y armar el conexionado de la tubería CPVC (según plano) y finalmente a soldar cada una de las uniones, para obtener lo que será el nuevo sistema de tuberías del banco de control de procesos.

En las imágenes siguientes se muestra la implementación de los criterios establecidos anteriormente en la sección 4.3.1 del presente capítulo.



**Figura 4. 11 Purga de tanque TR3.**

Fuente: Propia.



**Figura 4. 12 Purga del tanque TR2.**

Fuente: Propia.



**Figura 4. 13 Purga de tanque TE1.**

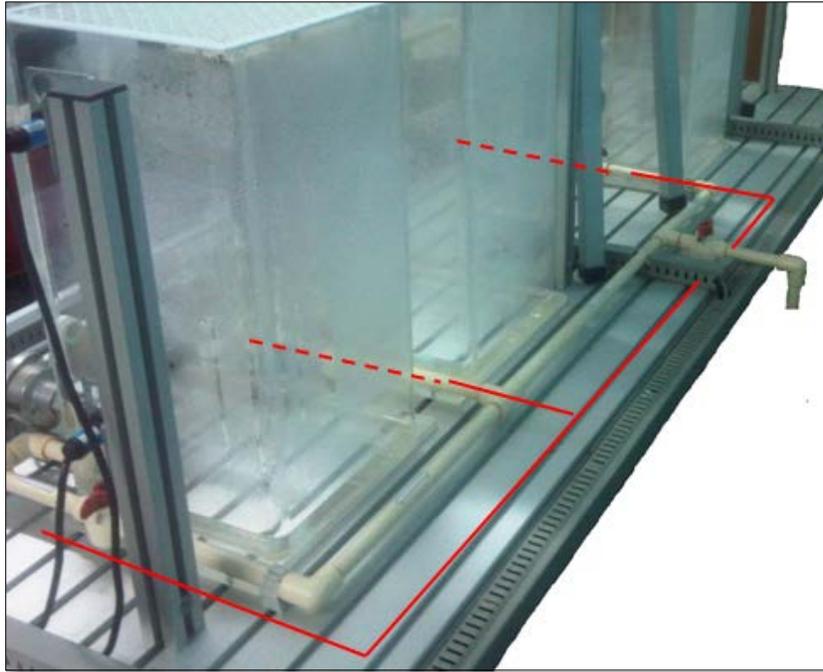
Fuente: Propia.



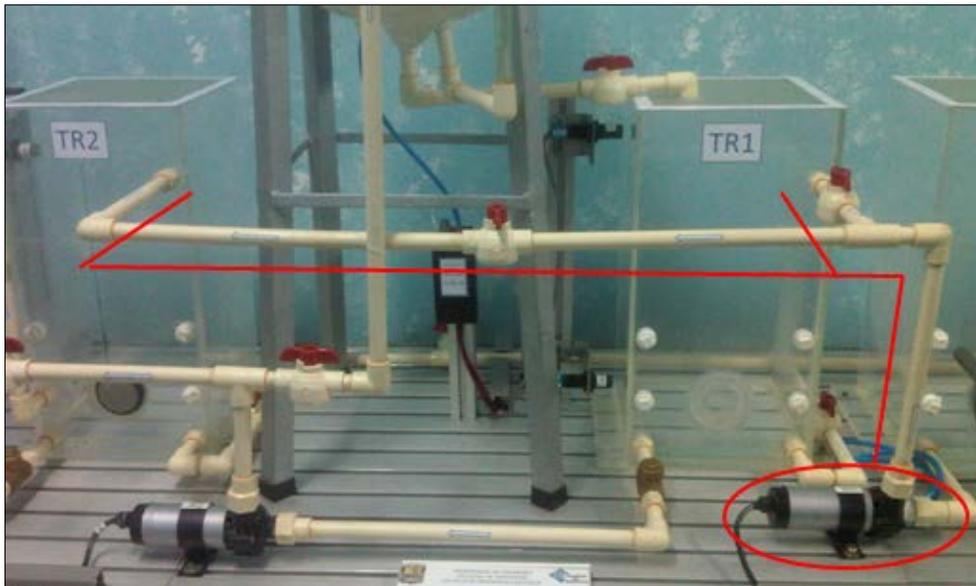
**Figura 4. 14** Purga de tanque TR1.  
Fuente: Propia.



**Figura 4. 15** Purga de tanque TT1.  
Fuente: Propia

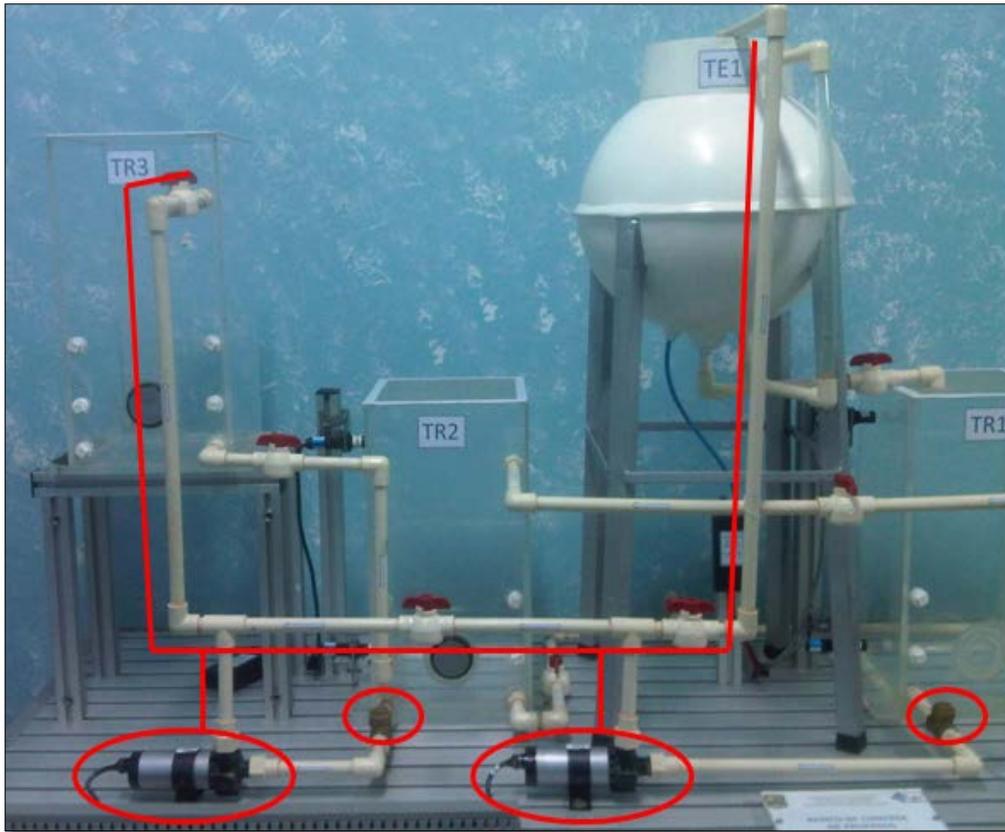


**Figura 4. 16** Lazo de retroalimentación y de purga general.  
Fuente: Propia.



**Figura 4. 17** Conexión para que B03 cargue en 2 tanques (separados o simultáneos).

Fuente: Propia.

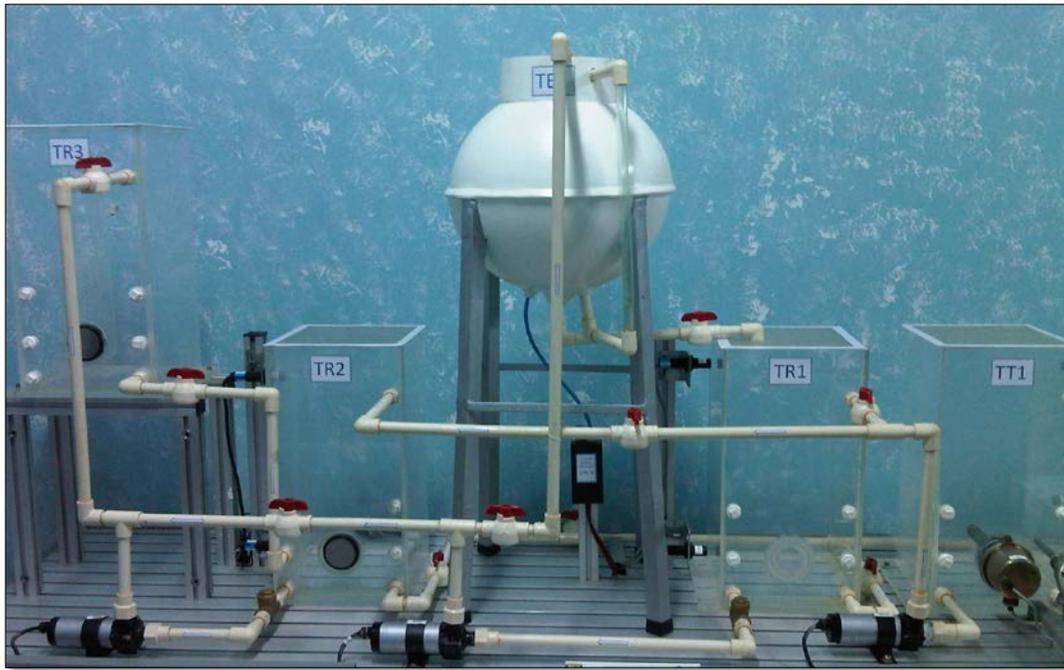


**Figura 4. 18 Conexión para que B01 y B02 carguen en 2 tanques (separados o simultáneos).**

Fuente: Propia

En la figura 4.18 además del conexionado de las bombas B01 y B02, para que puedan cargar en 2 tanques, se observa un par de válvulas check que fueron colocadas en la succión de dichas bombas, porque cuando una de éstas realiza la carga simultanea de los tanques, el agua circulaba por la succión de la otra bomba y no por la carga del tanque correspondiente.

Para finalizar en la figura 4.19, se observa en vista frontal una imagen del nuevo sistema de tuberías del banco de control de procesos.



**Figura 4. 19 Implementación del nuevo sistema de tuberías.**

Fuente: Propia.

#### **4.3.3.1. Lista de materiales y herramientas.**

A continuación se detallara una lista de todos los materiales y herramientas utilizadas en la instalación del nuevo sistema de tuberías y en las reparaciones hechas al banco de control de procesos:

- 3 Tubos CPVC ½” (3mts c/u).
- 16 Tapones CPVC ½” roscado.
- 25 Codos 90° CPVC ½”.
- 11 Válvulas de bola CPVC ½”.
- 13 Conexiones macho CPVC ½”
- 6 Conexiones hembra CPVC ½”.
- ¼ Soldadura líquida para CPVC.



- ¼ Limpiador PAVCO.
- 1 Brocha 1”.
- 1 Rollo teflón.
- 1 Silicón transparente.
- 1 Pistola de Silicón.
- 1 Nivel de 20cm.
- 4 Lijas Nº 180.
- Segueta manual.
- 2 Hojas de segueta.
- 1 Pintura en spray color gris metalizado.
- 2 Pintura en spray color blanco metalizado.
- Limpiador liquido.
- Angulo de hierro ½” (6mts).
- Pletina de hierro ½” (2mts).
- Juego de llaves Allen.
- Alicata.

#### **4.4. Sistema eléctrico.**

##### **4.4.1. Propuesta.**

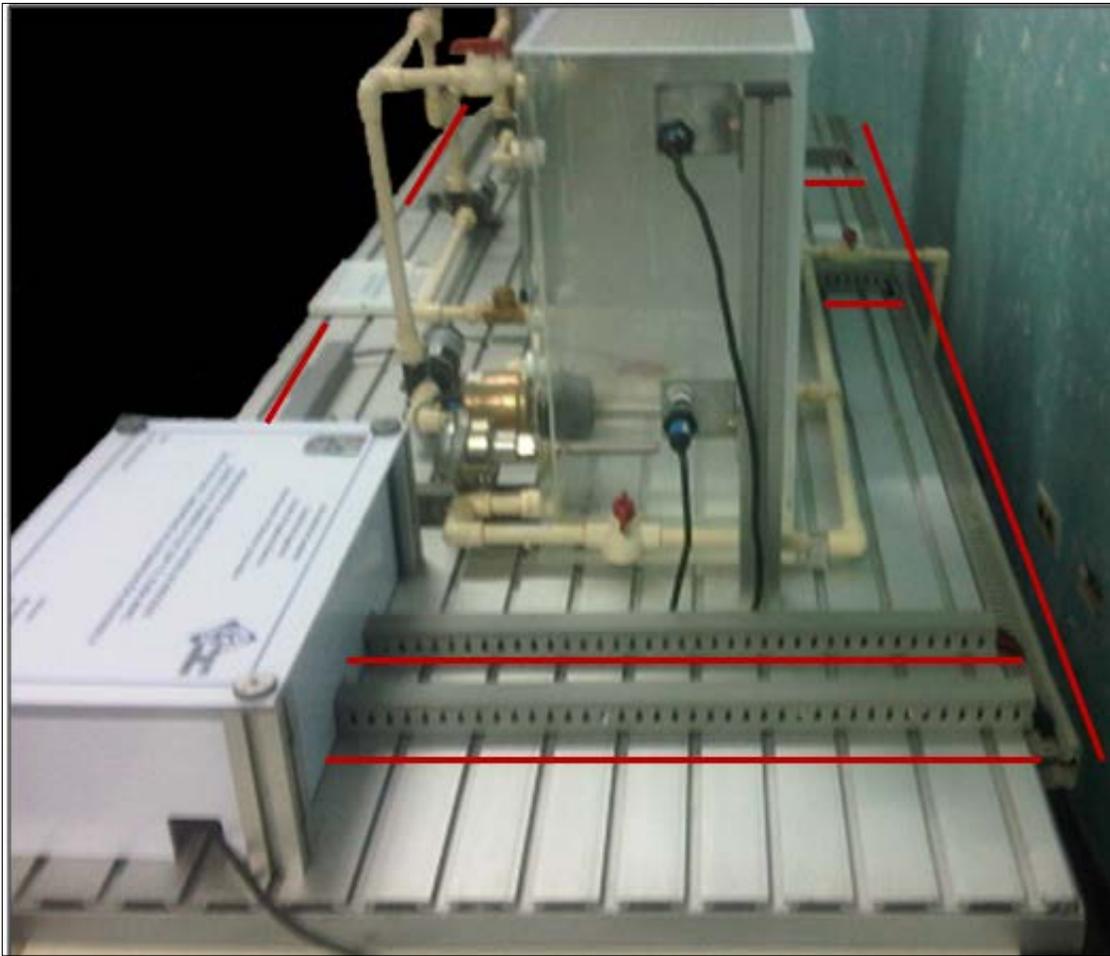
Se propone realizar un recableado tanto de los elementos de entrada (sensores, pt100), como de los elementos finales de control (bombas, calefactor), que conforman el banco de control de procesos.

Incorporar un sensor de presión diferencial que sustituya al transmisor de presión diferencial que ya fue desincorporado del banco de control de procesos.

Y por ultimo diseñar un panel que permita el acceso a todas las variables que posee el banco.

#### 4.4.2. Recableado.

Se realizó un recableado de todos los elementos del banco de control de procesos. Se utilizó cable 18 AWG, identificando cada cable y colocándolo en canaletas de 1/2" para no dejarlos expuestos al agua, y llevarlos de una manera organizada hasta la bornera de conexión. En la imagen 4.20 se observan el recorrido de los cables en las canaletas mencionadas. Y en la figura 4.21 el nuevo cable de control colocado al calefactor.



**Figura 4. 20 Recorrido del cableado.**

Fuente: Propia



**Figura 4. 21 Reemplazo del cable de control del calefactor.**

Fuente: Propia.

#### **4.4.3. Selección de sensor de presión diferencial.**

La elección del sensor de presión diferencial se basó fundamentalmente en 2 criterios:

- La característica de presión del tanque:

Cuando el tanque esférico está lleno el nivel de agua en el mismo es de 28 cm. Este nivel corresponde a una altura de 66 cm respecto a la base del transmisor. Y la presión de la columna de líquido detectada para esta altura, es de 25,98” H<sub>2</sub>O [19].

Es de hacer notar que 1Psi equivale aproximadamente a 27,68” H<sub>2</sub>O. Por tanto 25.98” H<sub>2</sub>O equivalen a 0,94 Psi.

- El tipo de medición de la tarjeta de entradas analógicas del autómatas programable S7-313C 2DP

Para este caso según el manual “Sistemas de Automatización S7300. Datos de los módulos” (Anexo A), para la tarjeta SM 331 AI8x12Bit (6ES7-331-7KF02-0AB0) son:

- Tensión:  $\pm 80\text{mV}$ ,  $\pm 250\text{mV}$ ,  $\pm 500\text{mV}$ ,  $\pm 1000\text{mV}$ ,  $\pm 2,5\text{V}$ ,  $\pm 5\text{V}$ , 1 a 5V,  $\pm 10\text{v}$ .
- Intensidad: de 4 a 20mA,  $\pm 3,2\text{mA}$ ,  $\pm 10\text{mA}$ , 20mA, de 0 a 20mA.
- Resistencia: 150 $\Omega$ , 300 $\Omega$ , 600 $\Omega$ .

- Temperatura: Pt100, Ni100.

#### 4.4.3.1. Sensor de presión diferencial MPX10DP.

Basado en los criterios expuestos anteriormente, el sensor seleccionado fue MPX10DP de Motorola (figura 4.22), ya que cumple con los 2 requerimientos mínimos. El sensor de presión diferencial está basado en el principio de transductores resistivos. Cualquier cambio en el valor medido se traduce en un cambio de resistencia. El puente de Wheatstone es el circuito de detección para este transductor.

Este dispositivo es de bajo costo, permite obtener una salida lineal y tiene un (+/-)1% (MAX) de tolerancia en su linealidad. La salida diferencial de voltaje es directamente proporcional a la diferencia de presión aplicada. Entre sus características más resaltantes están [20]:

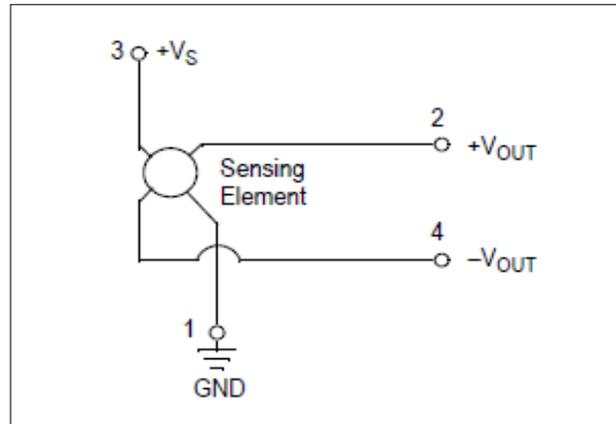
- Rango de presión: 0 a 1.45 Psi.
- Alimentación: 3 a 6 VDC
- Salida: 15 a 60 mV.
- Bajo costo.



**Figura 4. 22 Sensor de presión diferencial MPX10DP.**

Fuente: Datasheet [20].

A continuación se muestra el esquema de conexiones de sensor de presión diferencial MPX10DP:



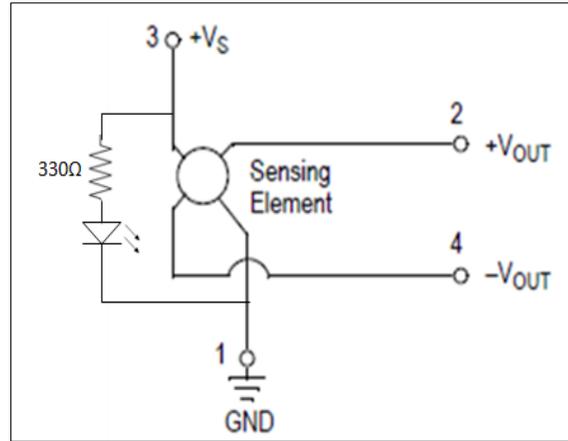
**Figura 4. 23 Esquema de conexiones sensor MPX10DP.**

Fuente: Datasheet [16].

#### 4.4.3.2. Incorporación de sensor MPX10DP.

##### A) Para ser usado con el autómata programable S7-313C 2DP.

Ya que el módulo de entradas analógicas del AUTÓMATA PROGRAMABLE se puede configurar para que sea de  $\pm 80\text{mV}$ , y la salida del sensor es de 20 a 60mV, no es necesario diseñar ningún circuito electrónico para establecer la comunicación entre ellos, solo se le agrego un indicador para identificar que esta energizado. Para ello se diseño en una baquelita, compuesta por un zócalo, una resistencia y un diodo emisor de luz (LED) Como se muestra en la figura 4.24.



**Figura 4. 24 Adaptación de un LED indicador al sensor MPX10DP.**

Fuente: Propia.

Luego de elaborar la baquelita se insertó en una pequeña caja de 5x10x2cm, a fin de que el sensor esté protegido, y se colocaron 2 mangueras de 6mm  $\phi$  desde las tomas del sensor hasta el exterior de la caja adaptadas con 2 racores 6mm manguera-manguera, esto con la finalidad de que se pueda limpiar la manguera que sensa la presión del tanque de una manera práctica. En la figura 4.25 se observa el aspecto exterior del sensor de presión diferencial.



**Figura 4. 25 Aspecto externo del sensor MPX10DP.**

Fuente: Propia.

### **B) Para ser usado con otros autómatas programables.**

A fin de que el banco pueda ser utilizado con cualquiera de los autómatas programables disponibles en el laboratorio se adquirió un amplificador de tensión que permite llevar los 10-60mV (salida del sensor MPX10DP) a un rango de 0 a 10V, para que sea compatible con otras tarjetas de entradas analógicas.

En otras palabras solo bastara con conectar la salida del sensor a este amplificador para que pueda ser leído por otros autómatas programables. Dicho amplificador se muestra



en la figura 4.26.

**Figura 4. 26 Amplificador de tensión.**

Fuente: Propia.

#### **4.4.4. Elaboración del panel de conexión.**

##### **4.4.4.1. Elementos del panel de conexión.**



Al momento de diseñar el panel de conexión se tomaron algunas consideraciones, a fin de agrupar los elementos en cuadros debidamente identificados.

#### A) Dispositivos de entrada.

**Tabla 4. 3 Dispositivos de entrada.**

<b>Nro.</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>
1	S_NB_TR1	Sensor nivel bajo de tanque TR1.	Digital
2	S_NA_TR1	Sensor nivel alto de tanque TR1.	Digital
3	S_NB_TR2	Sensor nivel bajo de tanque TR2.	Digital
4	S_NA_TR2	Sensor nivel alto de tanque TR2.	Digital
5	S_NB_TT1	Sensor nivel bajo de tanque TT1	Digital
6	S_NA_TT1	Sensor nivel alto de tanque TT1	Digital
7	S_PD_TR3	Sensor de presión diferencial de tanque TR3	Analógica
8	S_PD_TE	Sensor de presión diferencial de tanque TE1	Analógica
9	PT-100	Detector de temperatura resistivo RTD	Analógica

Fuente: Propia.

#### B) Dispositivos de salida.

**Tabla 4. 4 Dispositivos de salida.**

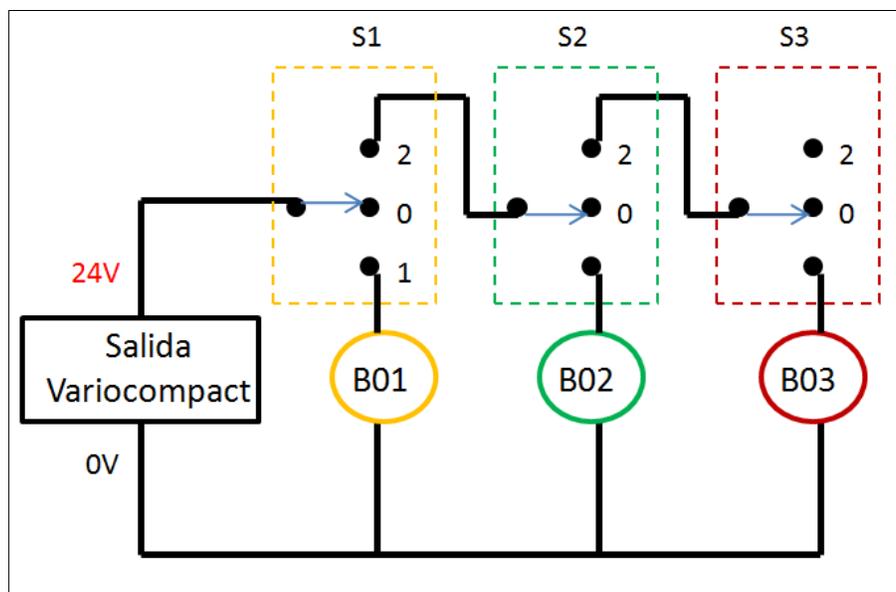
<b>Nro.</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>
1	Variocompact	Variocompact	Analógica
2	R1	Resistencia calefactora	Digital

Fuente: Propia

#### C) Selector de bomba.

Para controlar el accionamiento y regular la velocidad de la bomba se utiliza un amplificador “Variocompact LUTZE”; este amplificador funciona con una tensión de alimentación de 24V DC, recibe una señal de control de 0 a 10V DC y genera una salida de 0 a 24V DC, directamente proporcional a la señal de control, trabaja con una corriente de carga de hasta 1A.

El banco de control de procesos posee 3 bombas y solo un variocompact, por lo que en la figura 4.27 se observa el diseño de un esquema con lógica cableada, que se realizo para poder seleccionar con cuál de las bombas se utilizara el variocompact.



**Figura 4. 27 Esquema de selección de bomba.**

Fuente: Propia.

Solo se puede seleccionar una bomba a la vez, según la posición en que se encuentre cada selector, tal como se indica en la siguiente tabla de la verdad.

**Tabla 4. 5 Tabla de la verdad para seleccionar bombas.**

	S1	S2	S3
B01	1	-	-
B02	2	1	-
B03	2	2	1

Fuente: Propia.

#### D) Indicador de temperatura.

A través de una donación personal realizada por los autores de la presente investigación, se adquirió un indicador de temperatura, para verificar el correcto funcionamiento de la lectura de la Pt100 por parte del autómatas programable. En el Anexo B se encuentra un manual de dicho indicador de temperatura.

**Figura 4. 28 Indicador de temperatura.**

Fuente: Propia.

### E) Selector Pt-100.

El principio de funcionamiento de un detector de temperatura resistivo, se basa en el flujo de electrones a través de la resistencia, por esta razón cuando se realizaron pruebas con la Pt-100 conectada al autómata programable y al mismo tiempo al indicador de temperatura ambos dispositivos entraron en conflicto, presentando errores en la medición.

Con la finalidad de evitar este tipo de inconvenientes, se diseñó una conexión donde solo es posible conectar la Pt-100 a uno de los dos dispositivos. En la figura 4.29 se muestra la conexión diseñada.

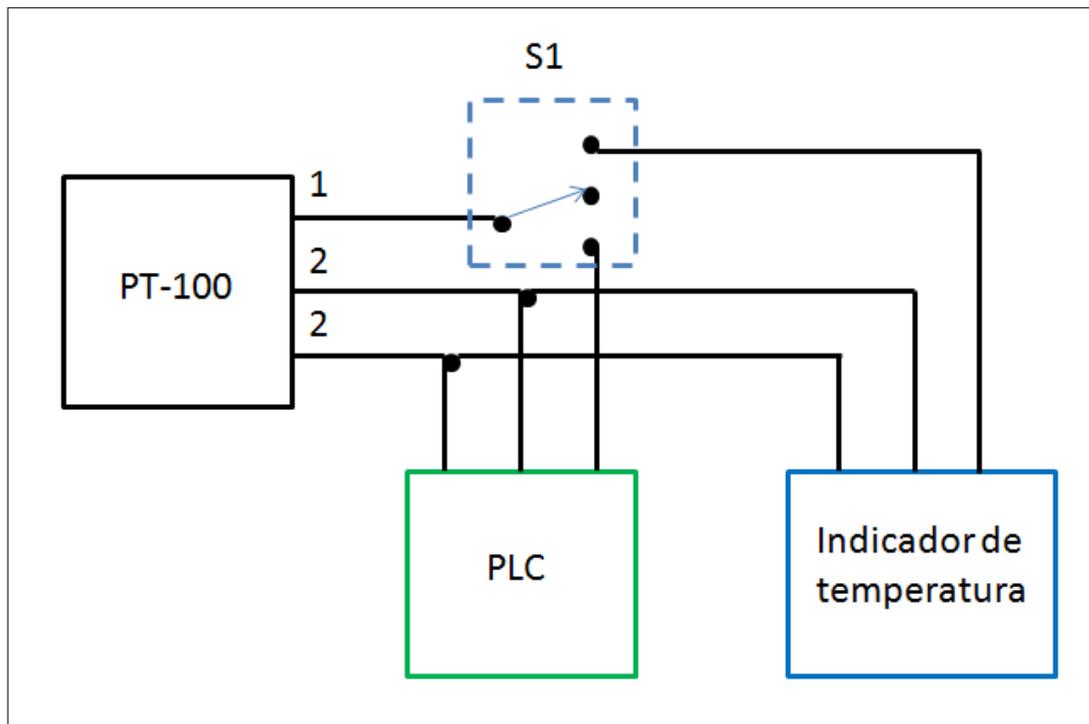


Figura 4. 29 Esquema de conexión para de Pt-100.

Fuente: Propia.

### F) Alimentación (Requerida).

El banco requiere que le sea conectada una fuente DC de 24 V en los terminales indicados en la figura 4.30.

#### 4.4.5. Diseño de la bornera.

El diseño de la bornera está conformado por una lamina de acrílico de 33,4x12,6cm donde se ubicaran los terminales que se encargan de establecer la comunicación entre todas las variables del proceso y el autómata programable. La distribución de cada uno de los puntos expuestos en el apartado 4.4.4 de este capítulo, se presenta en la figura 4.30.

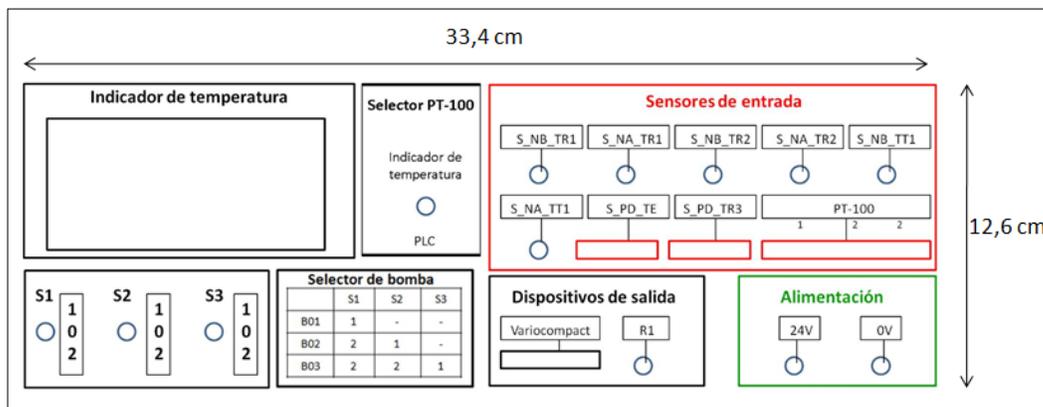


Figura 4. 30 Diseño de la bornera de conexión.

Fuente: Propia.

#### 4.4.6. Implementación de la bornera.

Para implementar la bornera de conexión, se escogió una de las cajas acrílicas que poseía el banco de control de procesos a fin de colocar dentro de ésta, los elementos y conexiones necesarias, y garantizar que los mismos estén protegidos de posibles derrames de agua.

La conexión de los elementos se llevo a cabo mediante 3 circuitos que se describen a continuación.

- **Circuito de 24V DC.**

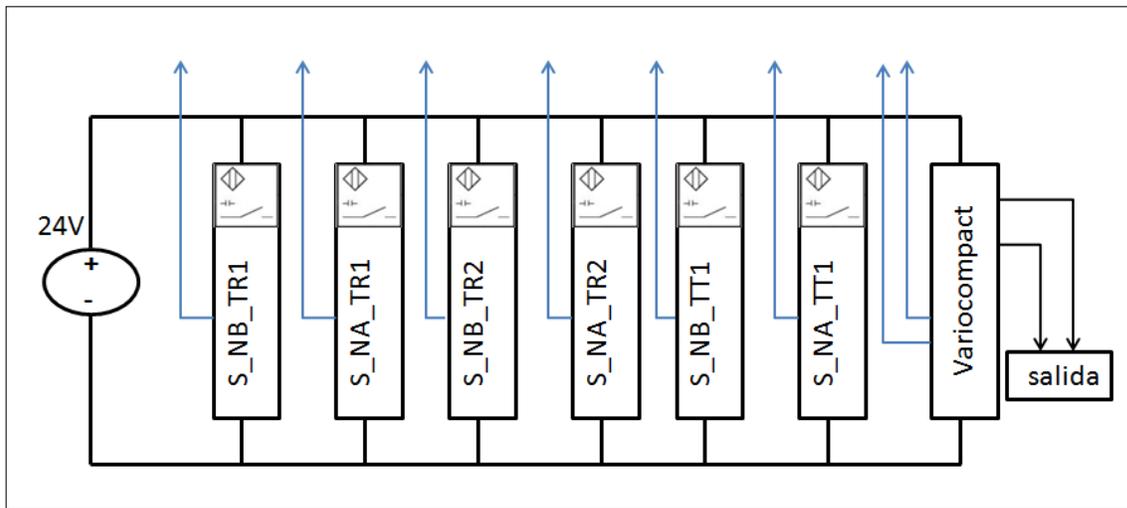
En este circuito se conectó la alimentación de los 6 sensores capacitivos y la alimentación del variocompact, en la figura 4.31 se muestra un esquema de conexión de este circuito.

- **Circuito de 3V DC.**

Es el circuito de alimentación de los sensores de presión diferencial, su esquema se muestra en la figura 4.32.

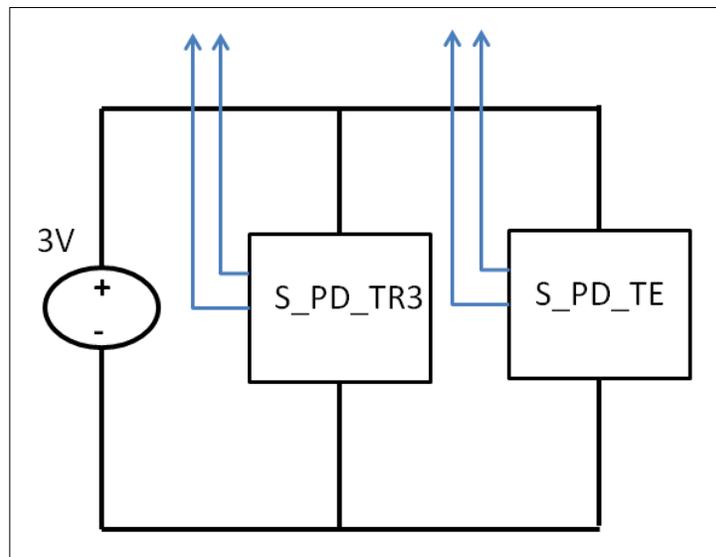
- **Circuito de 110V AC.**

Por último se conectó en este circuito, el transformador (generador de 3V DC), la resistencia calefactora y el indicador de temperatura, en el esquema de la figura 4.33 se pueden observar las conexiones mencionadas.

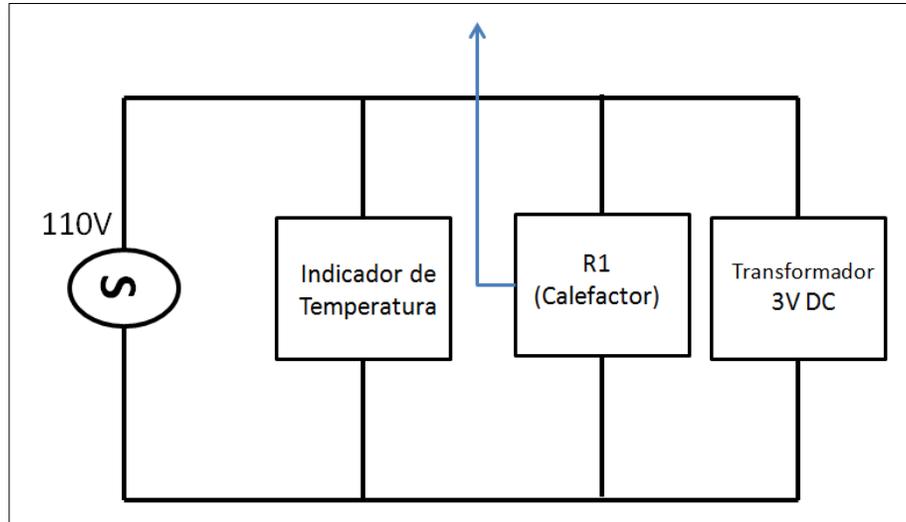


**Figura 4. 31 Esquema de conexión de circuito de 24V DC.**

Fuente: Propia.



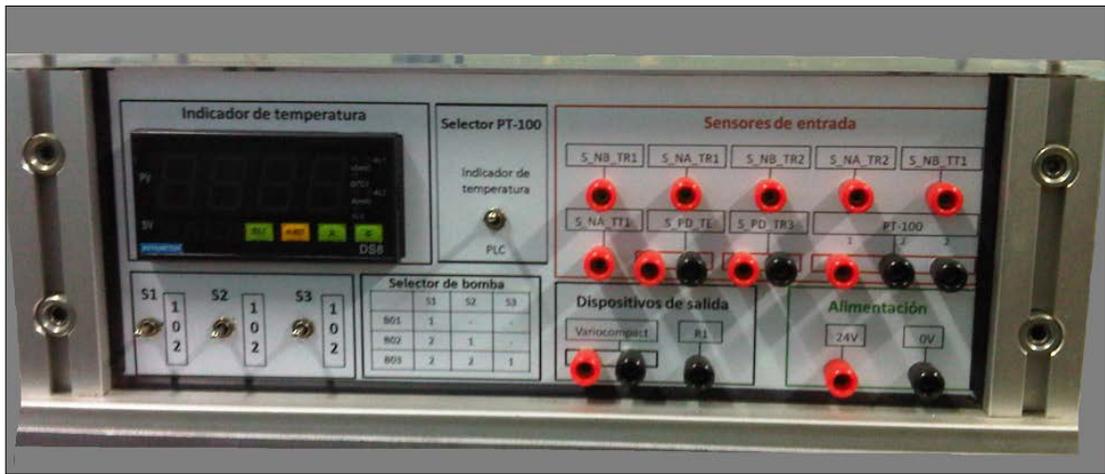
**Figura 4. 32** Esquema de conexión de circuito de 3V DC.  
Fuente. Propia.



**Figura 4. 33** Esquema de conexión de circuito de 110V DC.  
Fuente: Propia.

Cada flecha azul de las figuras 4.31, 4.32 y 4.33 representa una salida, ó señal de control, que va a la bornera de conexión.

En las figuras 4.34, 4.35 y 4.36 se observá la parte frontal, interior y el acabado exterior de la bornera respectivamente.



**Figura 4. 34 Parte frontal de la bornera de la conexión**  
Fuente: Propia.



**Figura 4. 35 Interior de la bornera de conexión.**  
Fuente: Propia.



**Figura 4. 36 Acabado exterior de bornera de conexión**

Fuente: Propia.

#### 4.4.6.1. Lista de materiales y herramientas para la reingeniería del banco de control de procesos

Durante la realización del sistema eléctrico se utilizaron una serie de materiales y herramientas que se mencionan a continuación:

- 20m. Cable 18AWG.
- Indicador de temperatura.
- 18 Bananas hembra.
- 4 Selectores 3 posiciones.
- 2 Sensores MPX10DP.
- 2 Cajas plásticas de 5x10x2cm.
- 2 Pasamuros roscado 6mm.
- 2 Racor hembra 6mm.



- 2 Racor macho 6mm.
- 1m. Manguera PU6.
- 2 Baquelita perforada de 5x5cm.
- 2 Diodos emisor de luz.
- 2 Resistencias (1K $\Omega$ ).
- Transformador 110V AC - 3V DC.
- 2m. Canaleta 1" y 4m. Canaleta ½".
- 2m. Termoencogible 18mm.
- 1 Rollo de teipe eléctrico.
- 1/2 m<sup>2</sup> de Vinil.
- Taladro de mano.
- Juego de mechas.
- Pinza.
- Piqueta.
- Pela cable.
- Tester.
- Tornillos varios.
- Destornilladores.
- Cautín y estaño.



---

**CAPÍTULO V: COMPENDIO DE PRÁCTICAS.**

En este capítulo se realizará el diseño, desarrollo y programación de un conjunto de prácticas, haciendo uso del autómata programable Siemens S7-313C 2DP, el SCADA Wincc y simulador S7-PLCSim.

**5.1 Planteamiento de prácticas.**

**5.1.1 Práctica # 1.**

**Duración:**

1 Sesión de laboratorio.

**Objetivos:**

- Introducir al estudiante al manejo del SCADA Wincc.
- Configurar y programar el software de programación Administrador Simatic.
- Utilizar el simulador S7-PLCSim y el SCADA Wincc.

**Pre-laboratorio:**

- Investigar sobre el SCADA Wincc:

**Planteamiento:** en la figura 5.1 (pag. 98) se tiene un sistema de tanques, los tanques TR1, TR2 y TT1 de 21x21x40cm c/u, el tanque TT1 carga al tanque TR1 ó TR2 a través de la bomba B03, para efectos de esta práctica se mantendrá la válvula de carga de TR2 cerrada (V\_C\_TR2) y la válvula de carga de TR1 abierta (V\_C\_TR1). Los tanques TT1 y TR1 cuentan cada uno con una válvula que permite la purga y recirculación entre ellos “V\_P\_TT1” y “V\_P\_TR1” respectivamente. Cada tanque posee 2 sensores, uno de nivel alto y uno de nivel bajo, “S\_NB\_TT1 y S\_NA\_TT1” para TT1 y “S\_NB\_TR1 y S\_NA\_TR1” para TR1.



El proceso comienza con el tanque TT1 lleno por encima del nivel bajo ( $S\_NB\_TT1=ON$ ), condición de seguridad para que la bomba no trabaje en vacío. Y el tanque TR1 vacío ( $S\_NB\_TR1=OFF$ ). Se procede a llenar el tanque TR1 hasta el nivel máximo ( $S\_NA\_TR1=ON$ ) o hasta que el tanque TT1 alcance su nivel más bajo ( $S\_NB\_TT1=OFF$ ).

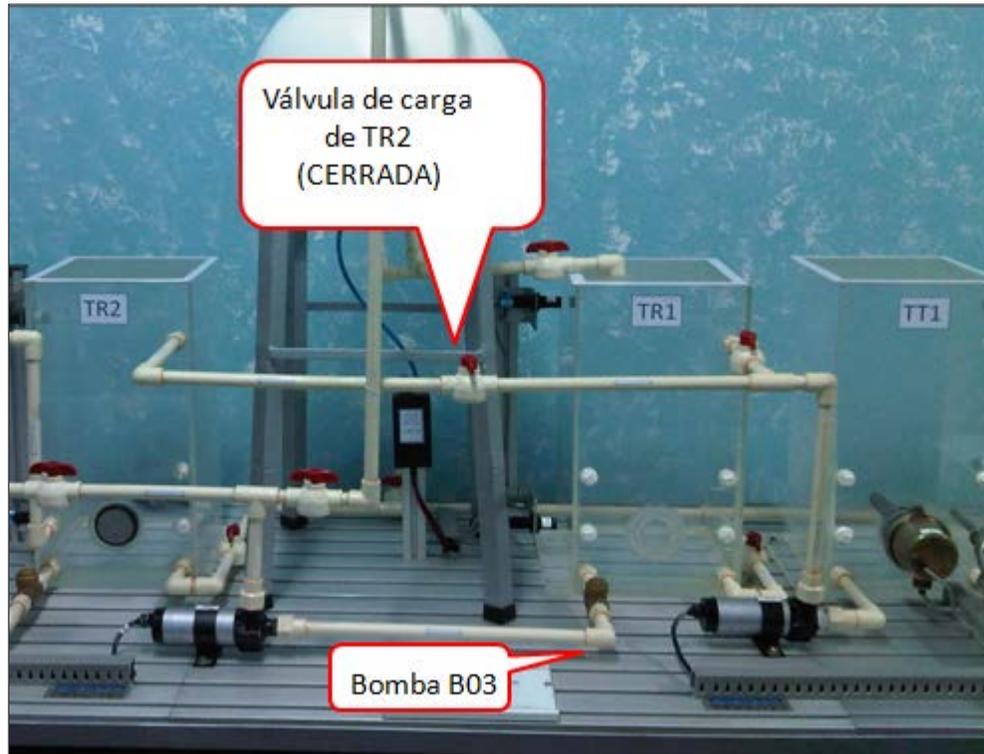
Para ello es necesario saber que la bomba funciona con una señal de 0-24V suministrada por el variocompact, dicha señal es proporcional a la que éste recibe desde el modulo analógico del autómatas programable (0-10V).

Se desea realizar la programación con lógica de contactos, realizar el SCADA con Wincc y utilizar el simulador S7-PLCSim para comprobar el funcionamiento del programa y del SCADA.

Represente la salida de la bomba como una señal digital.

El SCADA debe contener:

- Imágenes alusivas al proceso.
- Alarma por nivel bajo en el tanque de succión de la bomba. Mostrar un mensaje en pantalla que indique esta condición.
- Alarma por nivel alto en el tanque de descarga de la bomba. Mostrar un mensaje en pantalla que indique esta condición.
- Mostrar un mensaje en pantalla por posibles fallas en sensores, en cualquiera de los dos tanques, (ejemplo:  $S\_NA\_TT1=1$  y  $S\_NB\_TT1=0$ ).
- Representación del estado de las válvulas manuales que se están usando en el proceso.
- Gráfica donde se muestre el comportamiento de la bomba.
- Tabla donde se muestren la alarmas del sistema y la hora en que ocurrió el evento.



**Figura 5. 1 Sistema para practica 1.**

Fuente: Propia.

### 5.1.2 Práctica # 2.

#### Duración:

1 Sesión de laboratorio.

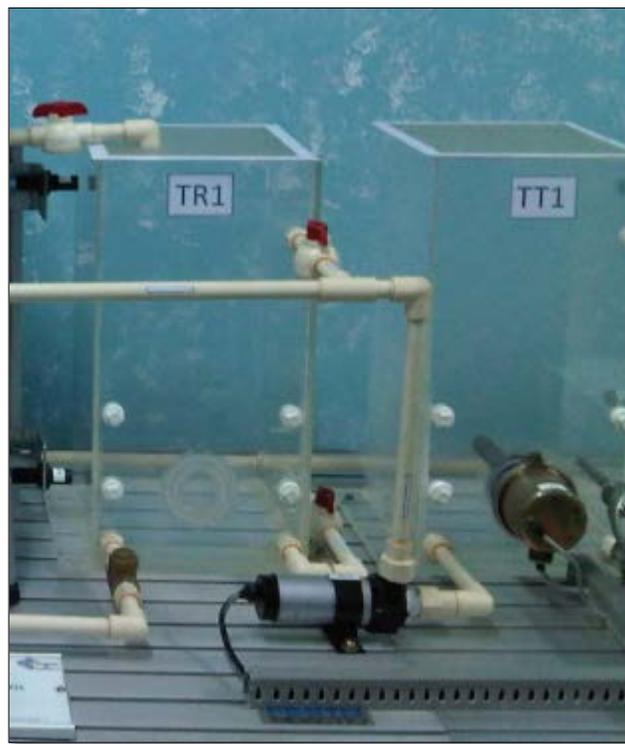
#### Objetivos:

- Introducir al estudiante al manejo de módulo de entradas analógicas.
- Introducir al estudiante al manejo de módulo de salidas analógicas.
- Configurar y programar el software de programación Administrador Simatic.
- Controlar la temperatura en el tanque TT1.

**Pre-laboratorio:**

- Investigar tipos de RTD y su conexionado.
- Investigar configuración de los módulos de entradas y salidas analógicas.

**Planteamiento:** En la figura 5.2. se muestra un sistema de tanques, los tanques TR1 y TT1 de 21x21x40cm c/u, el tanque TT1 carga al tanque TR1 ó TR2 a través de la bomba B03, para efectos de esta práctica se mantendrá la válvula de carga de TR2 cerrada (V\_C\_TR2) y la válvula de carga de TR1 abierta (V\_C\_TR1). Los tanques TT1 y TR1 cuentan cada uno con una válvula que permite la purga y recirculación entre ellos “V\_P\_TT1” y “V\_P\_TR1” respectivamente. Cada tanque posee 2 sensores uno de nivel alto y uno de nivel bajo, “S\_NB\_TT1 y S\_NA\_TT1” para TT1 y “S\_NB\_TR1 y S\_NA\_TR1” para TR1.



**Figura 5. 2 Sistema de tanques para práctica 2.**  
Fuente: Propia.



En esta oportunidad se desea calentar el agua en el tanque TT1 hasta una temperatura establecida, luego cuando la temperatura alcance dicho valor, se debe extraer el agua de TT1, depositarla en TR1 (que previamente debe contener agua fresca) y hacerla recircular a través de las purgas. Para esta práctica tanto la válvula de purga del tanque TR2 como la válvula de purga general, “V\_P\_TR2” y “V\_P\_GEN” respectivamente, deben permanecer cerradas, para poder establecer la recirculación solo entre los tanques TR1 y TT1.

El tanque TT1 posee una resistencia de 1000W que es accionada mediante un relé de 24V DC. Y para medir la temperatura se dispone de una Pt100 de 3 hilos.

Consideraciones importantes: el tanque TR1 debe estar a su máxima capacidad (S\_NA\_TR1=ON y S\_NB\_TR1=ON) a fin de facilitar el proceso de recirculación. El tanque TT1 debe estar por encima de su nivel mínimo (S\_NB\_TT1=ON) condición para que la resistencia no funcione sin agua.

Se desea realizar la programación con lógica de contactos, realizar el SCADA con Wincc, utilizar el simulador S7-PLCSim para comprobar el funcionamiento del programa y del SCADA, además del montaje físico.

El SCADA debe contener:

- Imágenes que representen el proceso.
- Alarma por nivel alto y bajo en los dos tanques. Mostrar mensajes en pantalla que indique esta condición.
- Indicador de la temperatura del tanque TT1.
- Alarmas por nivel máximo de temperatura. Mostrar mensaje en pantalla que indique esta condición.
- Campo de entrada/salida para fijar el set point.
- Gráfica del comportamiento de la bomba.
- Mostrar un mensaje en pantalla por posibles fallas en sensores, en cualquiera de los dos tanques, (ejemplo: S\_NA\_TT1=1 y S\_NB\_TT1=0).



- Representación del estado de las bombas.

### 5.1.3 Práctica # 3.

#### **Duración:**

1 Sesión de laboratorio.

#### **Objetivos:**

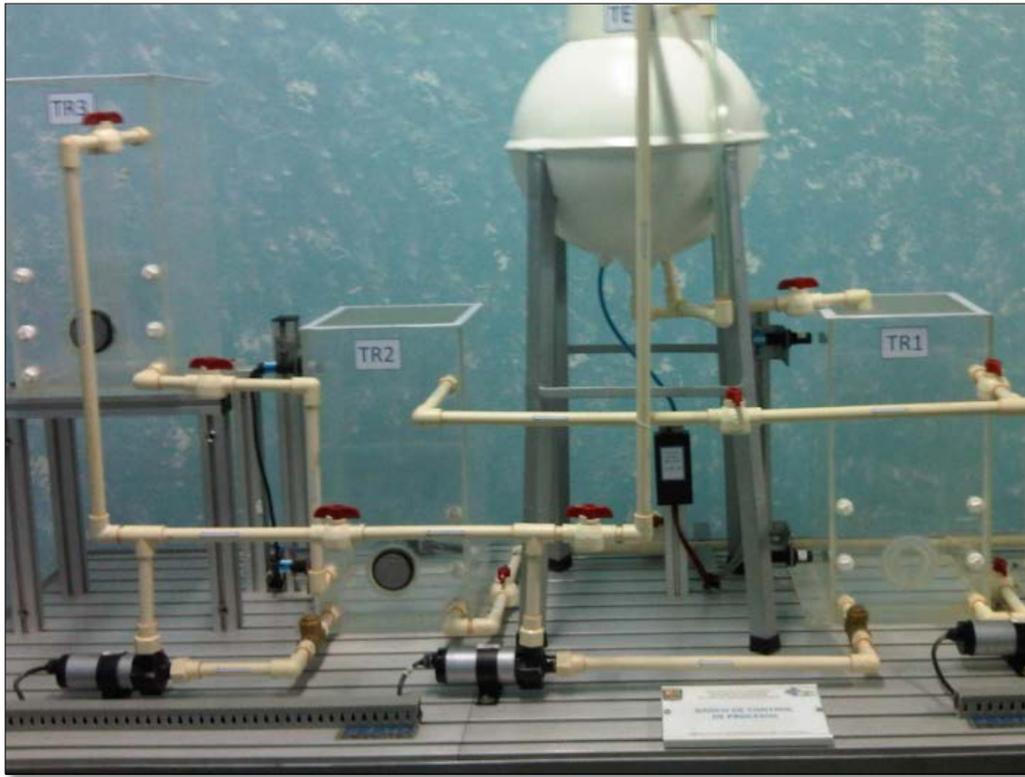
- Controlar el nivel de un tanque rectangular haciendo uso del sensor de presión diferencial.
- Realizar un control proporcional.

#### **Pre-laboratorio**

- Investigar funcionamiento del sensor MPX10DP.
- Investigar configuración del bloque PID del Administrador Simatic.
- Investigar sobre el funcionamiento y configuración de los bloques OB35, OB100.

**Planteamiento:** el proceso comienza con las tanques TR1 y TR2 llenos hasta su nivel máximo (S\_NB\_TR2, S\_NA\_TR2, S\_NB\_TR1, S\_NA\_TR1 =ON), y el tanque TR3 vacío (S\_NB\_TR3=OFF). Se requiere preparar una mezcla en el tanque TR3, con productos provenientes de los tanques TR1 y TR2, para ello primero debe llenar 12cm con producto del tanque TR2, y luego 10cm con el producto contenido en tanque TR1.

Efectué una perturbación al proceso, abriendo la válvula de purga del tanque TR3 (V\_P\_TR3), ver figura 5.3, y realice un control proporcional para mantener el nivel del tanque TR3, en un valor de set point, previamente establecido.



**Figura 5. 3 Sistema de tanques práctica 3**

Fuente: Propia.

Tome en cuenta que:

Los tanques TR1 y TR2, poseen cada uno 2 sensores capacitivos, como ya se indicó en las prácticas anteriores, uno para nivel alto y uno para el nivel bajo.

El nivel de TR3 es proporcionado por el sensor de presión diferencial S\_PD\_TR3, el cual envía una señal analógica de 15 a 60mV.

La bomba B01 succiona del tanque TR2 y la bomba B02 succiona del tanque TR1. Verifique la posición de cada selector para el correcto funcionamiento de cada bomba.

**Para el Wincc:**

- Imágenes que representen el proceso.



- Alarma de nivel alto y bajo en los dos tanques. Mostrar mensajes en pantalla que indique esta condición.
- Campo de entrada/salida para fijar el set point.
- Mostrar un mensaje en pantalla por posibles fallas en sensores, en cualquiera de los dos tanques, (ejemplo: S\_NA\_TT1=1 y S\_NB\_TT1=0).
- Representación del estado de las bombas.
- Gráficas del comportamiento del nivel del tanque TR3
- Tabla de alarma
- Alarma por falla en conexión del S\_PD\_TR3 (entrada analógica del autómata programable 32767)
- Alarma por falla en cualquiera de los sensores de los tres tanques.

#### 5.1.4 Práctica # 4.

##### **Duración:**

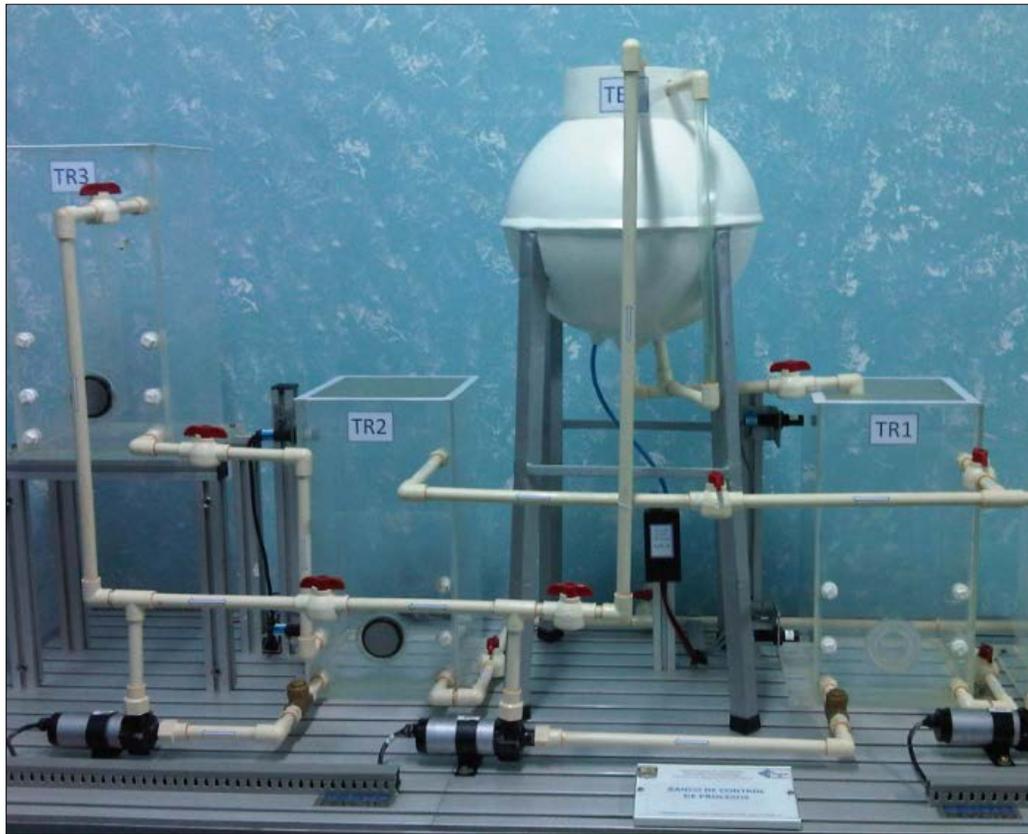
1 Sesión de laboratorio.

##### **Objetivos:**

- Controlar el nivel del tanque esférico haciendo uso del sensor de presión diferencial.
- Realizar un control PID

**Planteamiento:** el proceso comienza con las tanques TR1 y TR2 llenos hasta su nivel máximo (S\_NB\_TR2, S\_NA\_TR2, S\_NB\_TR1, S\_NA\_TR1 =ON), y el tanque TE1 vacío. Se requiere preparar una mezcla en el tanque esférico, con productos provenientes de los tanques TR1 y TR2, para ello primero debe llenar 14cm con producto del tanque TR1, y luego 6cm con el producto contenido en tanque TR2.

Efectúe una perturbación al proceso, abriendo la válvula de purga del tanque esférico TE1 (V\_P\_TE1), ver figura 5.4, y realice un control sobre la bomba para mantener el nivel del tanque en un valor de set point previamente establecido. (Use el bloque PID).



**Figura 5. 4 Sistema de tanques, practica 4.**

Fuente: Propia.

### Pre-laboratorio

- Investigar funcionamiento del sensor MPX10DP.
- Investigar configuración del bloque PID del Administrador Simatic.
- Investigar sobre el funcionamiento y configuración de los bloques OB35, OB100.



### Para el Wincc:

- Imágenes que representen el proceso.
- Alarma por nivel alto y bajo en los dos tanques. Mostrar mensajes en pantalla que indique esta condición.
- Campo de entrada/salida para fijar el set point.
- Mostrar un mensaje en pantalla por posibles fallas en sensores, en cualquiera de los dos tanques, (ejemplo: S\_NA\_TT1=1 y S\_NB\_TT1=0).
- Representación del estado de las bombas.
- Gráficas del comportamiento del nivel del tanque TE1.
- Tabla de alarmas.
- Alarma por falla en conexión del S\_PD\_TE1. (entrada analógica del autómata programable 32767)
- Alarma por falla en cualquiera de los sensores de los tres tanques

## 5.2 Configuración del autómata programable.

### 5.2.1 Configuración física del autómata programable.

Antes de programar el autómata programable, es necesario configurar físicamente la tarjeta de entradas analógicas con la que se está trabajando, SM331 AI8x12Bit (6ES7331-7KF02-0AB0), de modo correcto.

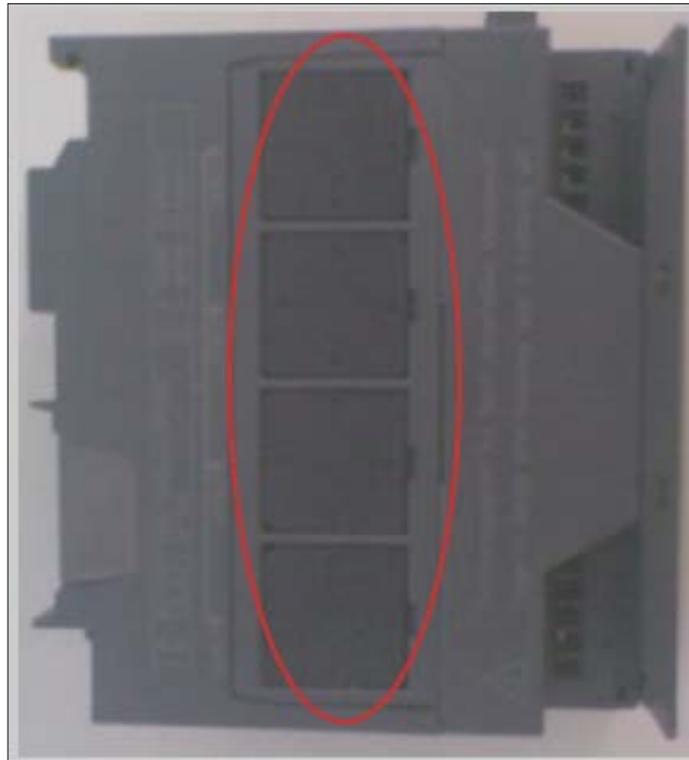
Según el manual de Siemens, Sistemas de Automatización S7300- Datos de los módulos, el mencionado módulo de entradas analógicas tiene las siguientes características:

- 8 entradas en 4 grupos de canales.
- Tipo de medición ajustable por grupo de canales:
  - Tensión
  - Intensidad
  - Resistencia

- Temperatura

- Resolución ajustable por grupo de canales (9/12/14 bits + signo).
- Selección del rango de medición discrecional por cada grupo de canales.

Para ajustar el rango de medición, la tarjeta posee unos adaptadores de rango (figura 5.5), los cuales pueden colocarse en las posiciones “A”, “B”, “C” y “D” según el tipo de señal analógica que lleguen a la tarjeta o el margen de la misma, como se indica en la tabla 5.1.



**Figura 5. 5 Vista lateral tarjeta de entradas analógicas. Adaptadores de margen.**

Fuente: Propia.

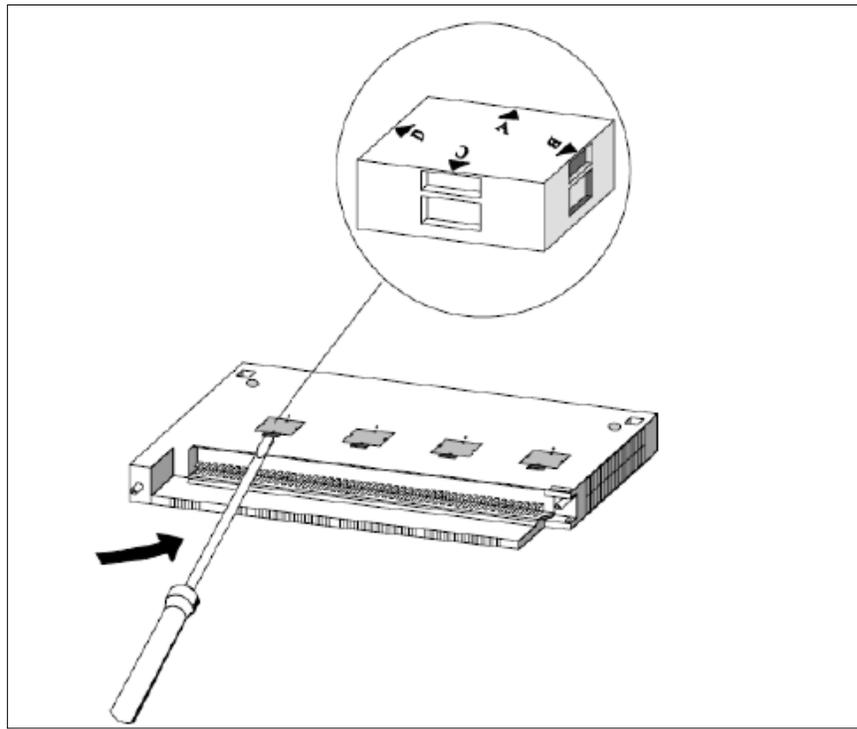
**Tabla 5. 1 Ajuste del adaptador del rango de medición.**

Rango de medición		Posición del adaptador del rango de medición
$\pm 80\text{mV}$ $\pm 250\text{mV}$ $\pm 500\text{mV}$ $\pm 1000\text{mV}$		A
$\pm 2,5\text{ V}$ $\pm 5\text{V}$ 1 a 5 V $\pm 10\text{V}$		B
Transductor de medida a 2 hilos	de 4 a 20mA	D
Transductor de medida a 4 hilos	$\pm 3,2\text{Ma}$ $\pm 10\text{mA}$ 0 a 20mA de 4 a 20mA $\pm 20\text{mA}$	C
150 $\Omega$ 300 $\Omega$ 600 $\Omega$		A
Termorresistencia (lineal, conexión a 4 hilos) (medición de temperatura) RTD-4L	Pt 100 climatiz. Ni 100 climatiz. Pt 100 estándar Ni 100 estándar	A

Fuente: Manual de Siemens, Sistemas de Automatización S7300- Datos de los módulos.

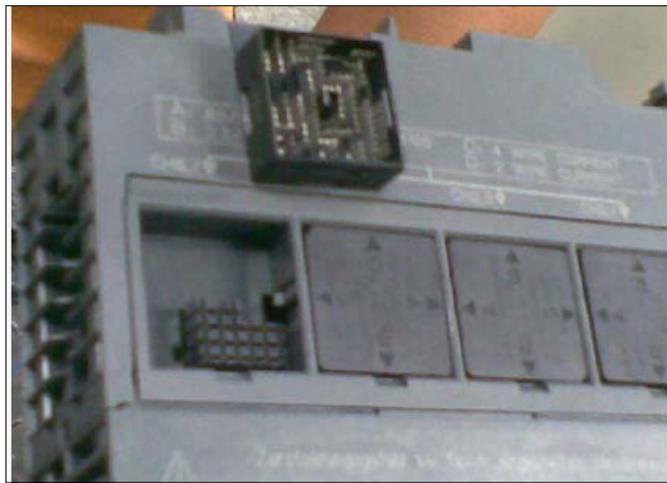
Para ajustarlo, retire el adaptador de margen de margen del módulo de entradas analógicas, haciendo palanca con un destornillador, como se ve en la figura 5.6.

El aspecto de un adaptador de margen se muestra en la figura 5.7-.



**Figura 5. 6 Extracción de un adaptador de margen.**

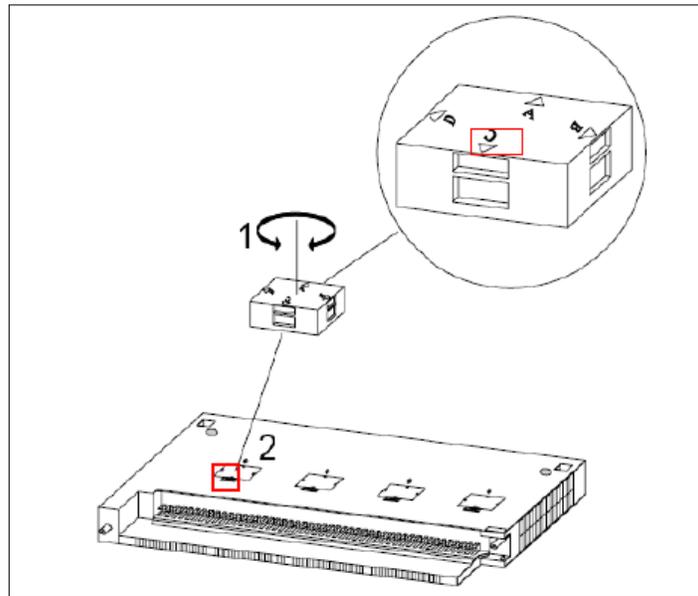
Fuente: Manual de Siemens, Sistemas de Automatización S7300- Datos de los módulos.



**Figura 5. 7 Adaptador de margen fuera del módulo.**

Fuente: Manual de Siemens, Sistemas de Automatización S7300- Datos de los módulos.

Introduzca el adaptador de margen en la posición deseada, es decir, con la letra que represente el margen de medición seleccionado apuntando hacia la marca del módulo como se ve en la figura 5.8.



**Figura 5. 8 Introducción del adaptador de margen.**

Fuente: Manual de Siemens, Sistemas de Automatización S7300- Datos de los módulos.

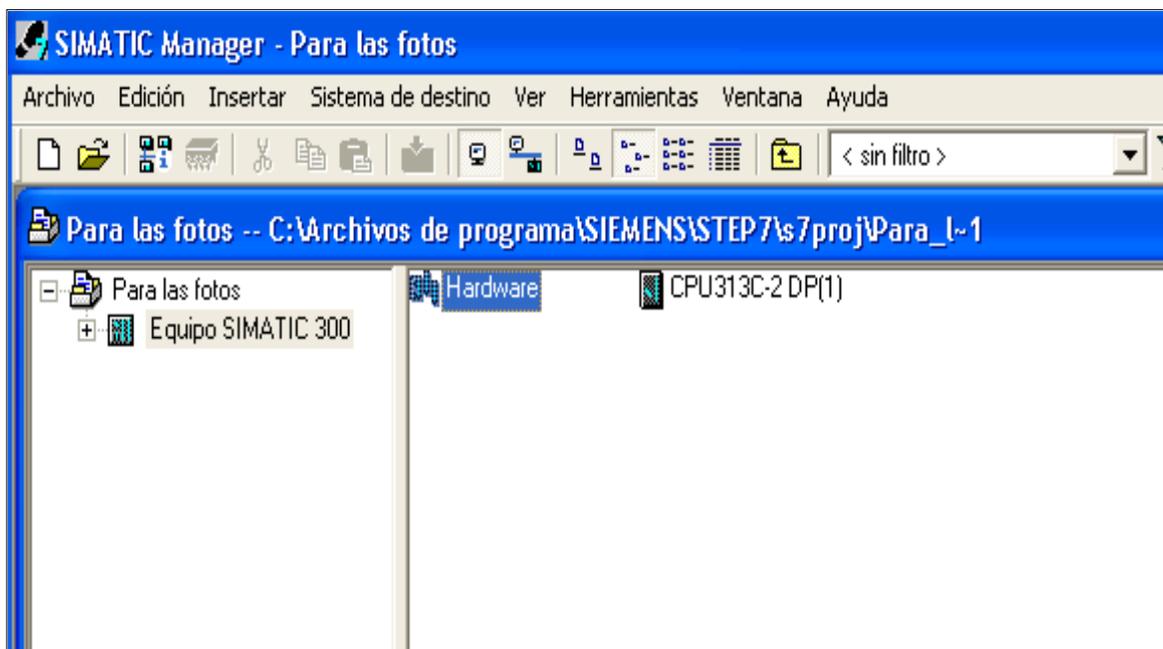
Repita los pasos anteriores para los demás adaptadores de margen. Cabe destacar que cada adaptador configura el margen de medición de cada canal, y cada canal posee dos entradas analógicas.

Para este proyecto el adaptador de margen se utilizó para todos los canales en la posición “A”. Ésta selección se hizo basada en las señales de los sensores de presión diferencial (15-60mV) y la señal de la Pt.100, ya que para ambas corresponde la misma posición del adaptador.

### **5.2.2 Configuración de software del autómata programable.**

Para poder programar el autómata programable, es necesario programar el equipo del autómata para obtener los direccionamientos de las entradas y salidas de los diferentes módulos.

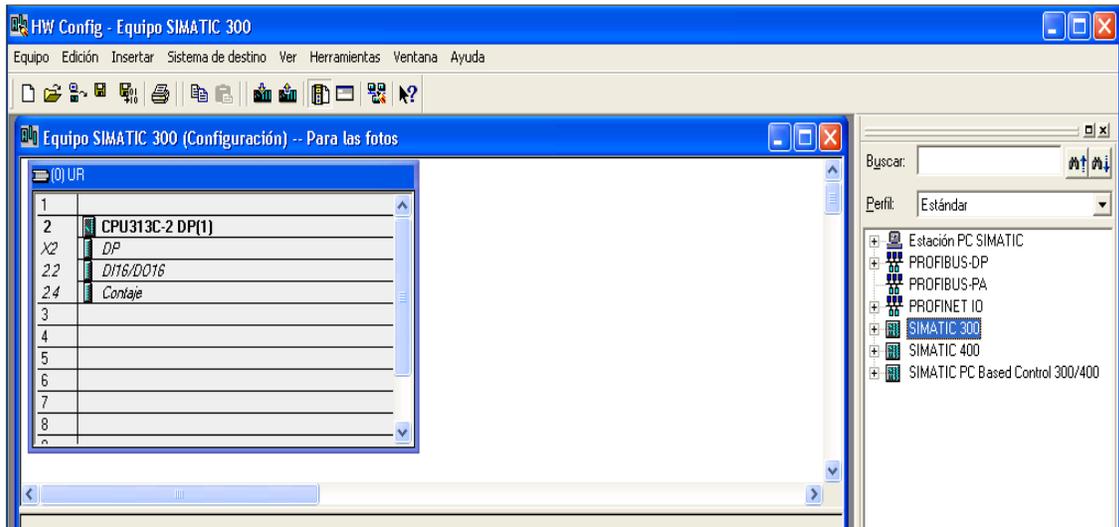
Luego de haber iniciado el Administrador Simatic y finalizado la creación del proyecto, estando en la página principal del programa, se hará doble clic donde dice HARDWARE, como se muestra en la figura 5.9:



**Figura 5. 9 Inicio de configuración de equipo.**

Fuente: Propia.

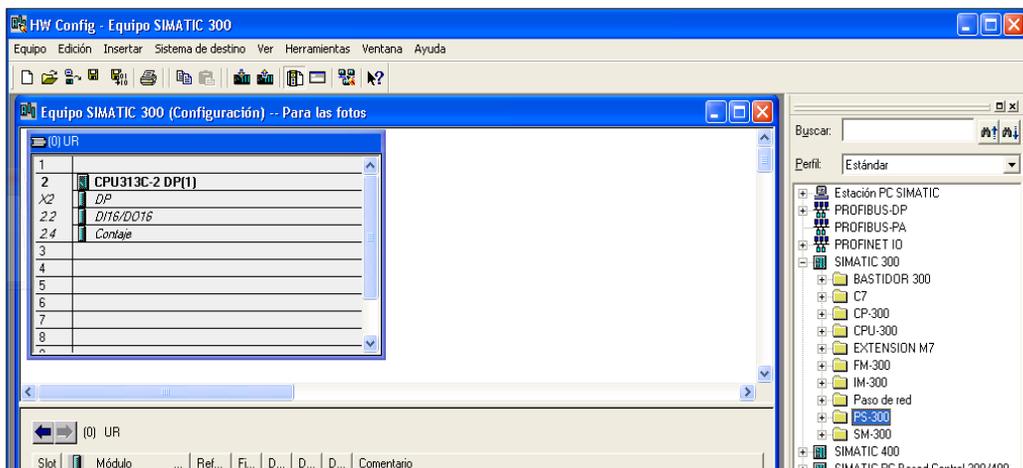
Seguidamente aparece la pantalla de configuración (figura 5.10), en donde se visualiza el nombre del CPU y los módulos integrados que este autómata posee. El primer paso es colocar la fuente de alimentación que contiene el S7-300, para esto en la barra de herramientas que se encuentra en la parte derecha de la pantalla se hace doble clic en “SIMATIC 300”



**Figura 5. 10 Selección de opción SIMATIC 300**

Fuente: Propia

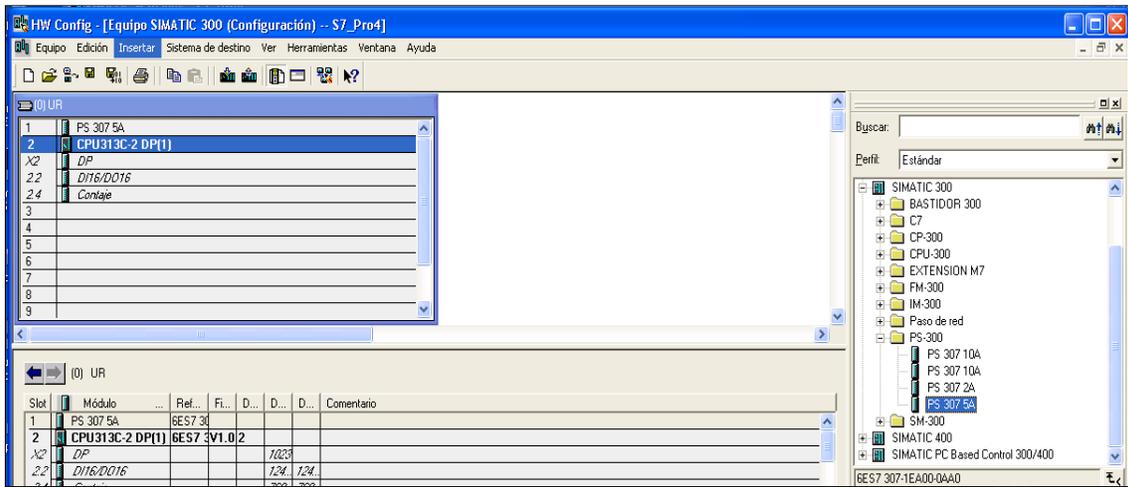
Se desglosarán una serie de carpetas, y se abre la de nombre PS-300, como se indica en la figura 5.11:



**Figura 5. 11 Selección de carpeta PS-300**

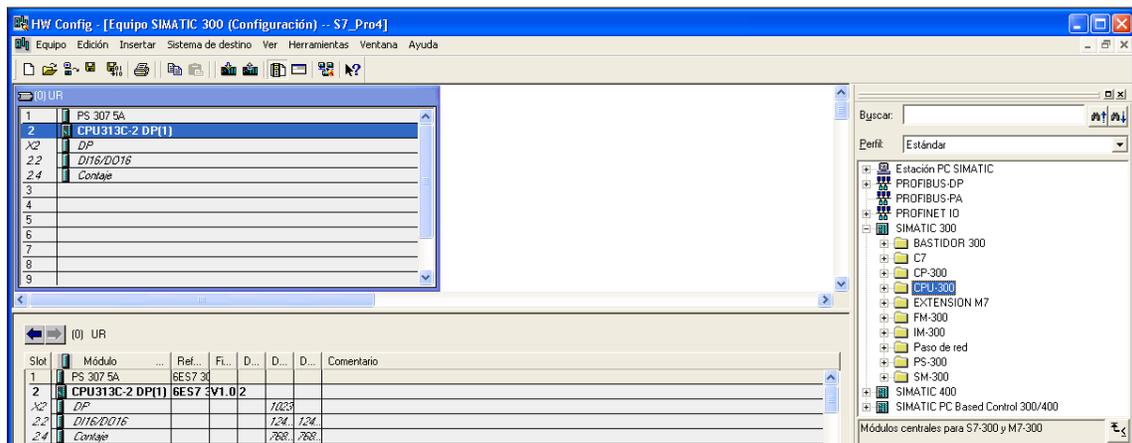
Fuente: Propia

Una vez seleccionada dicha carpeta, se hace doble clic sobre la fuente de alimentación con nombre “PS 307 5A”, y automáticamente aparecerá en el SLOT 1 (figura 5.12.):



**Figura 5. 12 Selección de la fuente de alimentación “PS 307 5A”.**  
Fuente: Propia.

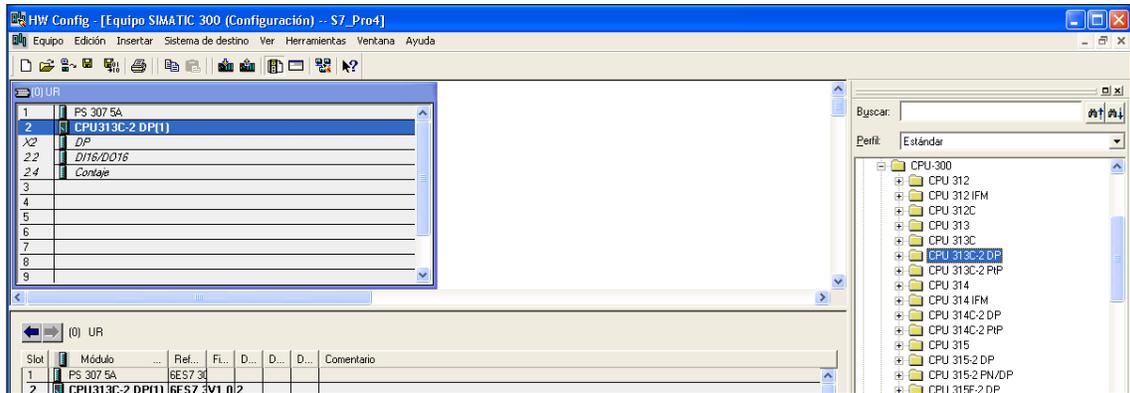
Luego se debe regresar al menú de “SIMATIC 300” (Figura 5.10), y ahora seleccionar la carpeta con nombre “CPU-300”, como se muestra en la figura 5.13:



**Figura 5. 13 Selección de carpeta CPU-300.**

Fuente: Propia.

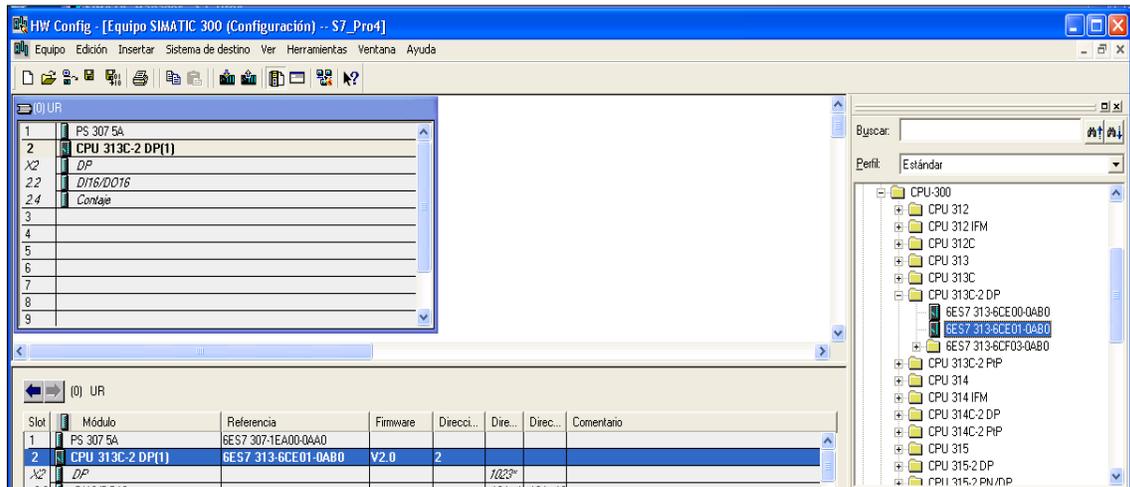
Al entrar en esta carpeta, se procede a seleccionar la carpeta que dice CPU 313C-2DP como se muestra en la figura 5.14:



**Figura 5. 14 Selección de carpeta CPU 313C-2DP.**

Fuente: Propia.

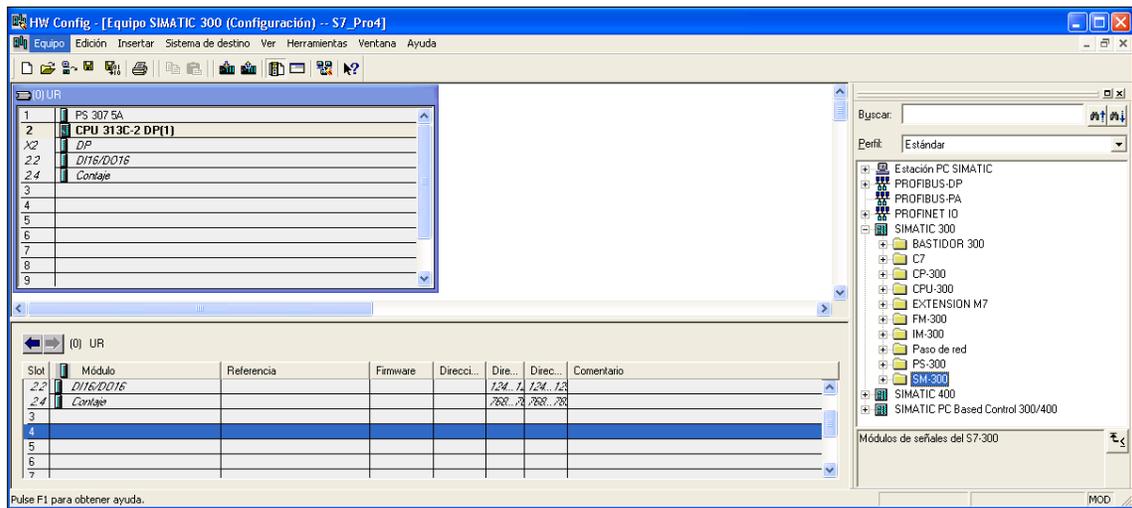
Seguidamente se elige el CPU que está situado en la segunda posición, antes de seleccionarlo es necesario que se sitúe el cursor donde va a posicionarlo, que es el SLOT 2. La fuente con referencia 6ES7 313-6CE01-0AB0, (figura 5.15) sale una pantalla que pregunta si quiere sustituirla y se oprime “SI”.



**Figura 5. 15 Selección de CPU.**

Fuente: Propia.

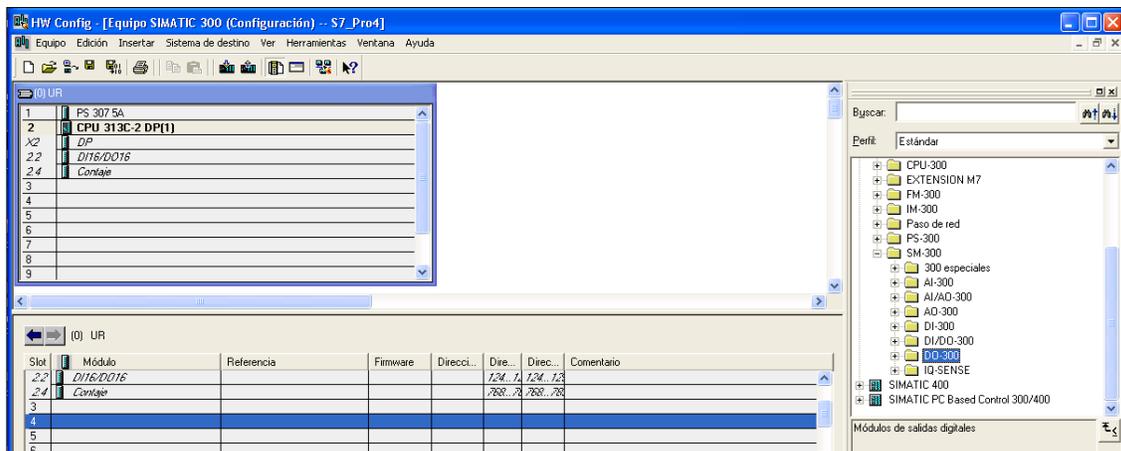
Luego de tener la CPU asignada, se debe colocar cada uno de los módulos externos a partir del SLOT 4, porque en la configuración no es permitido colocar nada en el SLOT 3. Para esto se elige la carpeta “SM-300” de la sección SIMATIC 300 (la cual contiene todos los módulos de E/S fabricados para el S7-300) (figura 5.16).



**Figura 5. 16 Selección de los módulos de señales.**

Fuente: Propia.

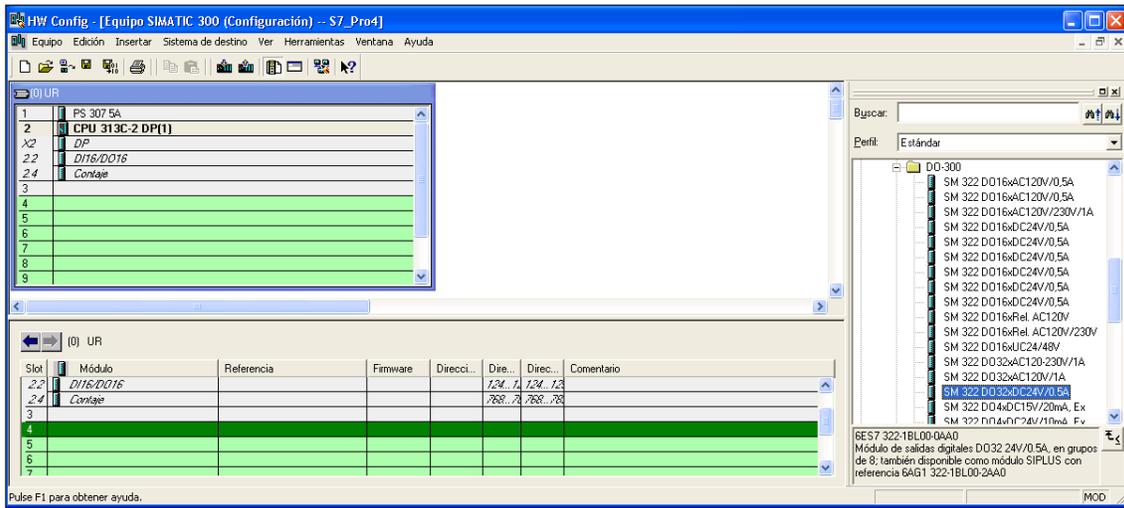
Se empezara por el modulo de externo de 32 salidas digitales, para esto se hace doble clic en la carpeta que tiene por nombre “DO-300”, como sigue en la figura (5.17):



**Figura 5. 17 Selección de salidas digitales.**

Fuente: Propia.

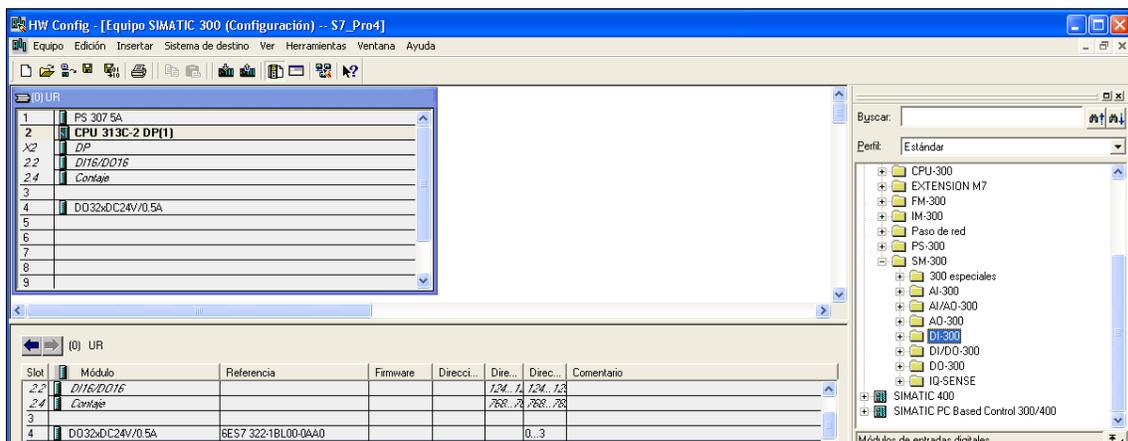
Para finalizar la selección del módulo, en el renglón de DO-300, se busca el modulo que tiene como referencia SM322 DO32Xdc24V/0.5A, (figura 5.18):



**Figura 5. 18 Asignación del módulo SM322 DO32Xdc24V/0.5A.**

Fuente: Propia.

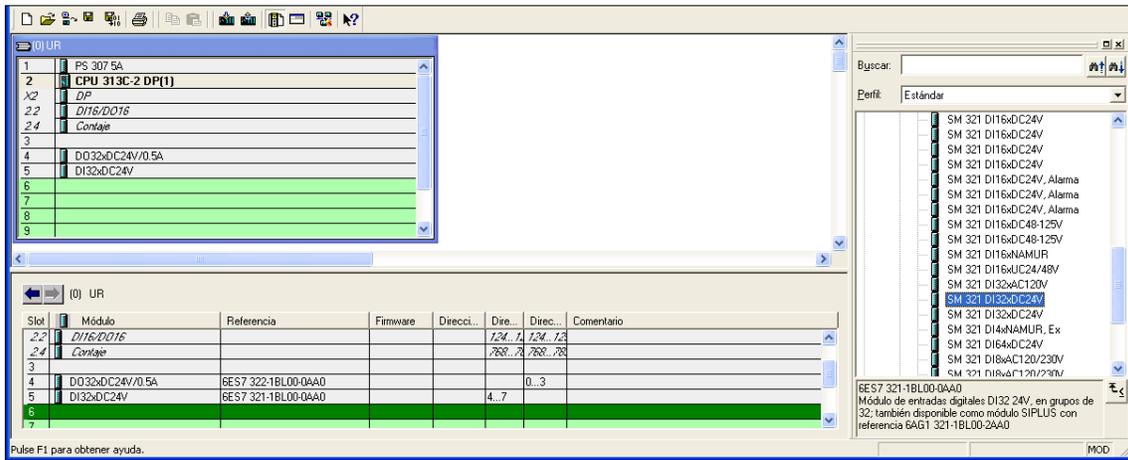
Ahora se procede a ubicarse en el SLOT 5 para asignar el módulo de entradas digitales, como se indica en la figura 5.19:



**Figura 5. 19 Selección de las entradas digitales.**

Fuente: Propia.

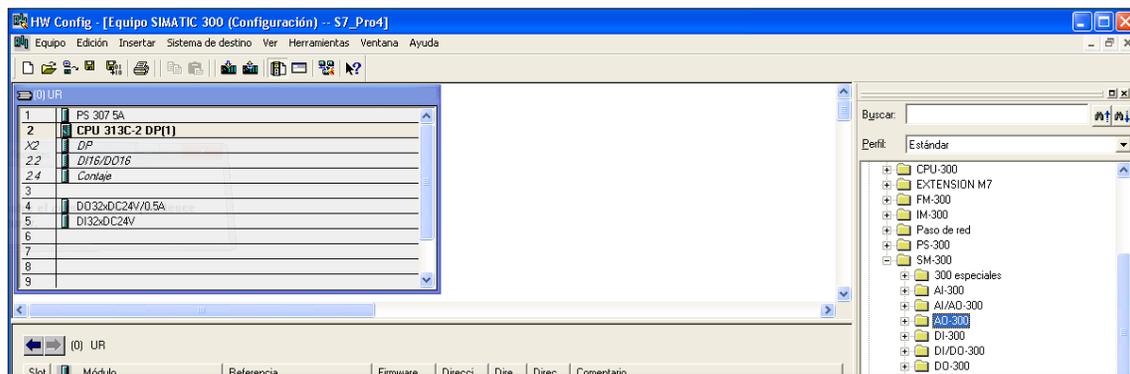
Luego de seleccionar la zona en donde se encuentran los módulos de entradas digitales. Se busca el que tenga como referencia SM321 DI32xdc24V, existen dos con el mismo nombre, pero el que se adapta a la configuración es el que posee como numero de parte 6ES7-321-1BL00-0AA0, como en se muestra en la figura 5.20:



**Figura 5. 20 Asignación del módulo SM321 DI32xDC24V.**

Fuente: Propia.

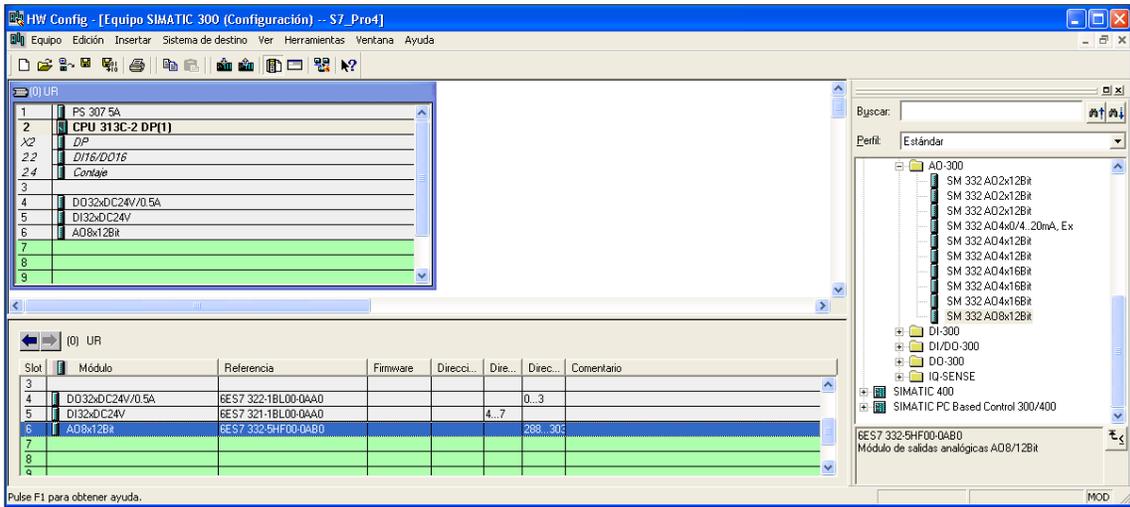
Ahora se debe posicionar en el SLOT 6 y ubicar la carpeta llamada AO-300 como sigue en la figura 5.21:



**Figura 5. 21 Selección de salidas analógicas.**

Fuente: Propia.

Una vez que se seleccione la carpeta, se debe elegir el módulo de señales con

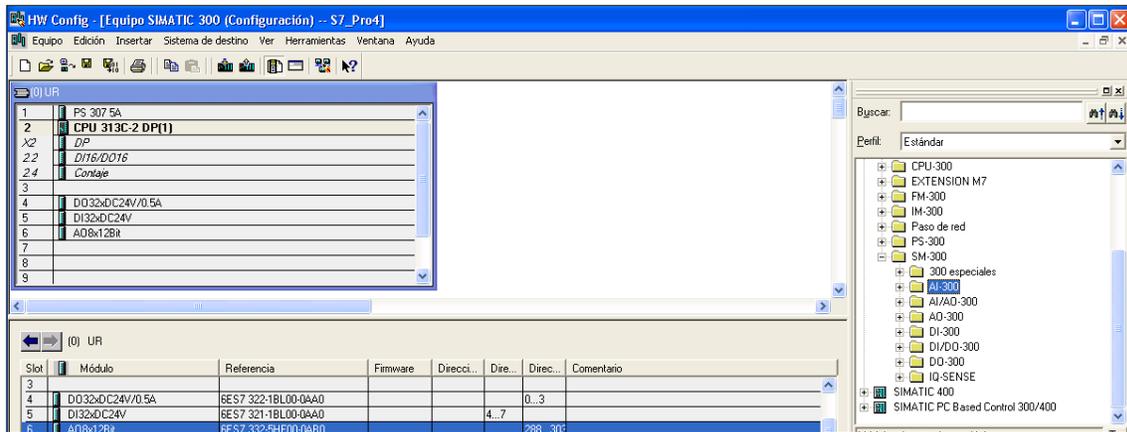


referencia SM332 AO8x12Bit (figura 5.21):

**Figura 5. 22 Asignación del módulo SM332 AO8x12Bit.**

Fuente: Propia.

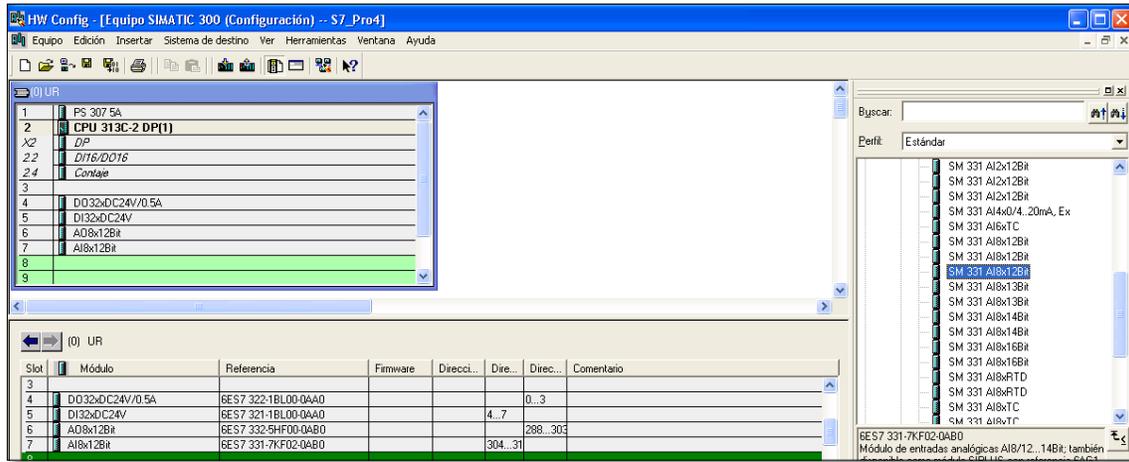
Finalizada la asignación del modulo seleccionado se procede a asignar en el SLOT 7 la tarjeta de entradas analógicas, para ello ubicamos la carpeta de nombre “AI-300”, como se muestra en la figura 5.23:



**Figura 5. 23 Selección de entradas analógicas.**

Fuente: Propia.

Una vez ubicados dentro de la carpeta mencionada, se debe seleccionar el módulo llamado SM331 AI8x12Bit, en la lista se encuentran tres con el mismo nombre, debe seleccionar el que posee como numero de parte 6ES7 331-7KF02-0AB0, como se observa



en la figura 5.24:

**Figura 5. 24 Asignación del módulo SM331 AI8x12Bit.**

Fuente: Propia.

Para finalizar la programación del módulo de entradas analógicas, luego de haberlo asignando en el SLOT 7, se debe posicionar en dicho SLOT y hacer doble clic sobre él, se mostrara una ventana como la de la figura 5.25.



**Figura 5. 25 Propiedades del módulo de entradas AI8x12Bit.**

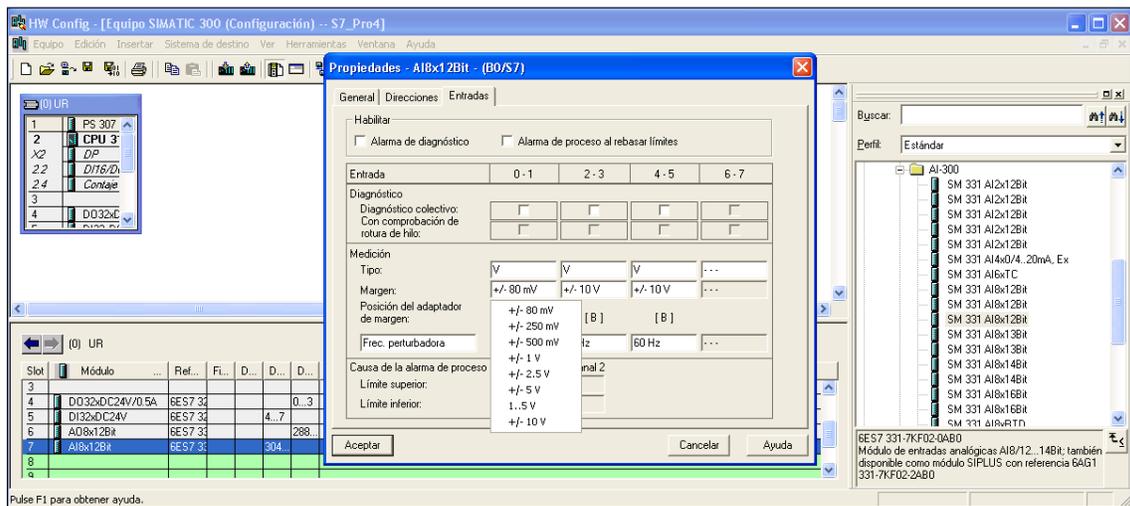
Fuente: Propia.

Se ha de seleccionar la pestaña “Entradas”, a fin de configurar en el programa la posición física en que fue ubicado (previamente) el adaptador de margen.

En la sección “Medición” se colocara, se seleccionara el tipo y margen de medición, para este proyecto se tienen dos tipos de señales analógicas:

1. La de los sensores de presión diferencial de 15 a 60mV.
2. La del sensor de temperatura (Pt100).

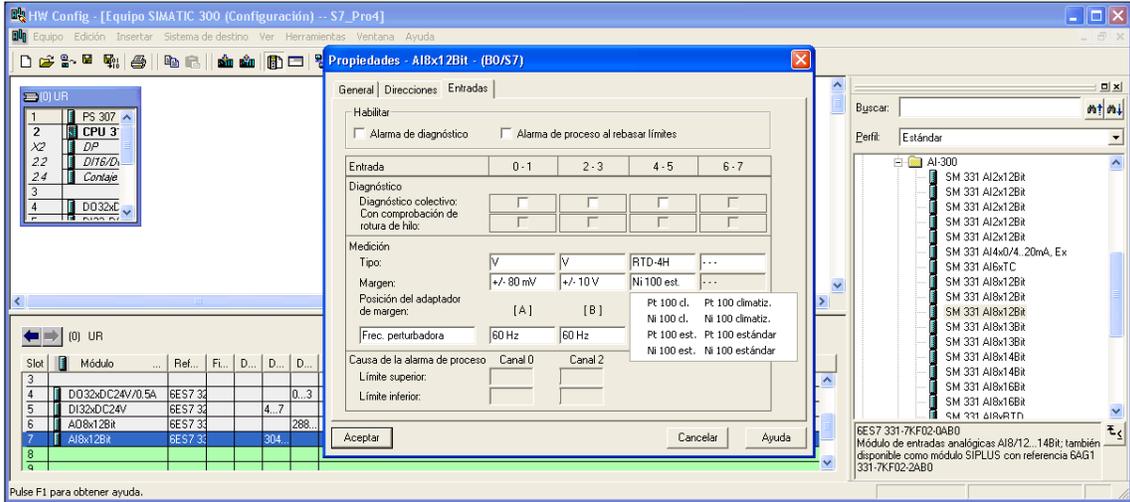
Como el rango de medición se ajusta por grupo de canales, con la configuración del canal 0, se configuran las dos entradas analógicas para los sensores de presión, con tipo: Tensión, y margen de  $\pm 80mV$ , como se muestra en la figura 5.26.



**Figura 5. 26 Configuración de rango de medición Canal 0.**

Fuente: Propia.

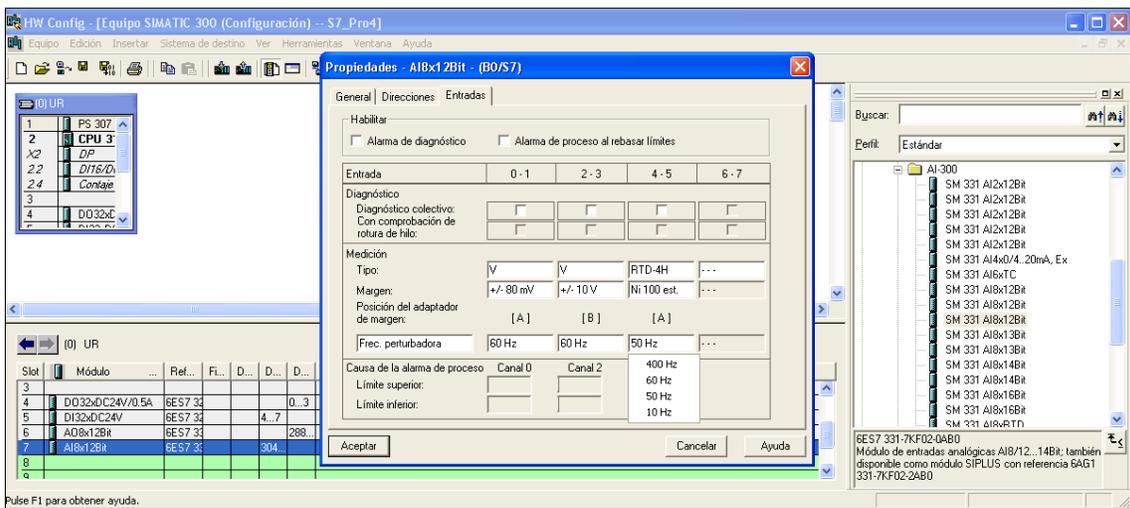
Para el caso del sensor de temperatura (Pt100) se selecciono para el tipo de medición: Termorresistencia de 4 hilos (RTD-4H), y en el margen: Pt.100 estándar, tal como se evidencia en la figura 5.27.



**Figura 5. 27 Configuración de rango de medición de Canal 1.**

Fuente: Propia.

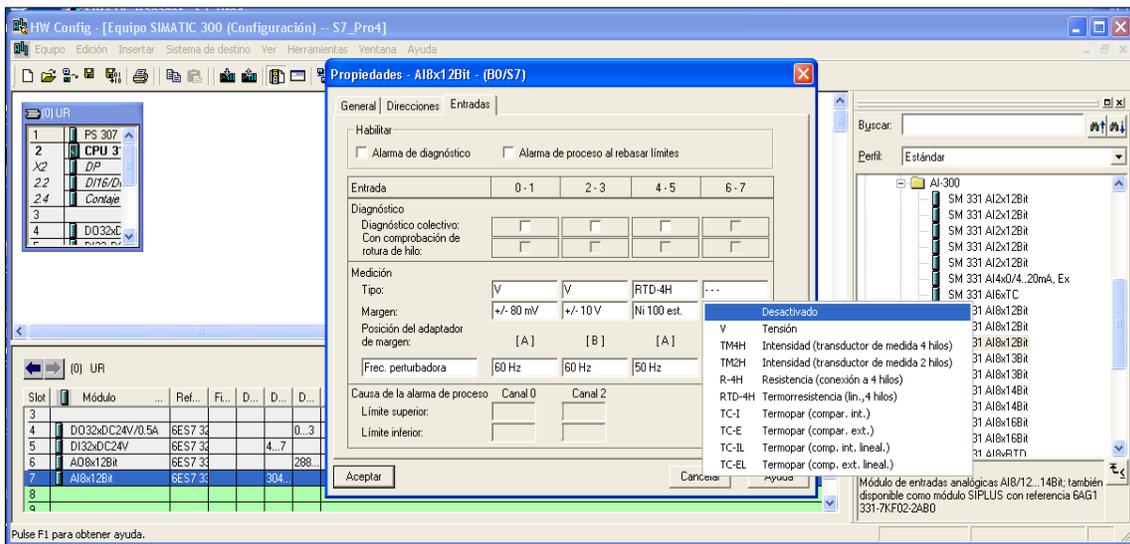
Para cada una de las configuraciones antes mencionadas es importante seleccionar la frecuencia en 60Hz. Observar la figura 5.28.



**Figura 5. 28 Configuración de frecuencia.**

Fuente: Propia.

Si alguno de los canales no es utilizado se recomienda elegir en la opción tipo la palabra “Desactivado” de este modo se evita un error en la comunicación. Tal como se puede observar en la figura 5.29.



**Figura 5. 29 Configuración para canales desconectados.**

Fuente: Propia.

### 5.3 Manual de programación en el SCADA Wincc.

#### 5.3.1 Inicio de Wincc

Para iniciar Wincc, haz clic en “Inicio” en la barra de tareas de Windows. Inicia Wincc vía “Todos los programas”-“SIMATIC”-“Wincc”-“Wincc Explorer”. Observe la figura 5.30.

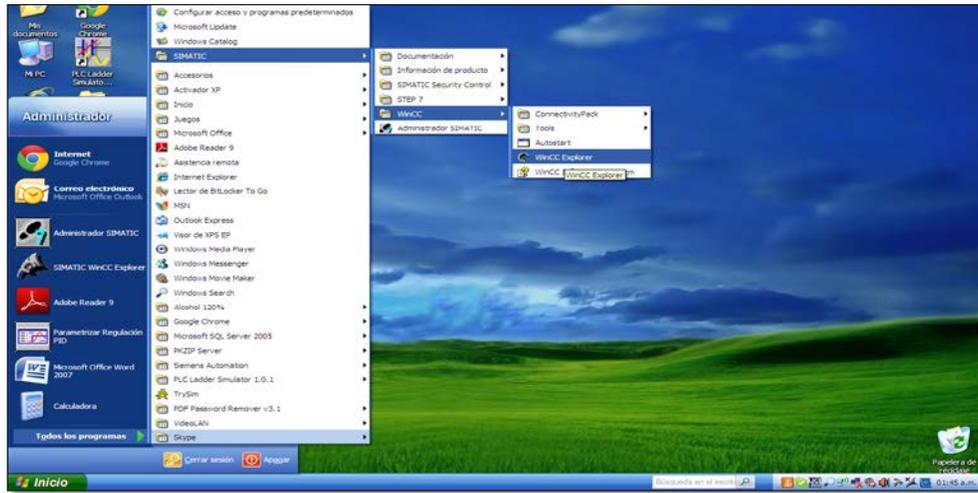


Figura 5. 30 Inicio de Wincc.

Fuente: Propia.

### 5.3.2 Creación de un nuevo proyecto.

Cuando abres Wincc por primera vez, ves un cuadro de dialogo con tres opciones para crear un proyecto (figura 5.31), selecciona crear un proyecto para estación monopuesto y pulsa Aceptar.

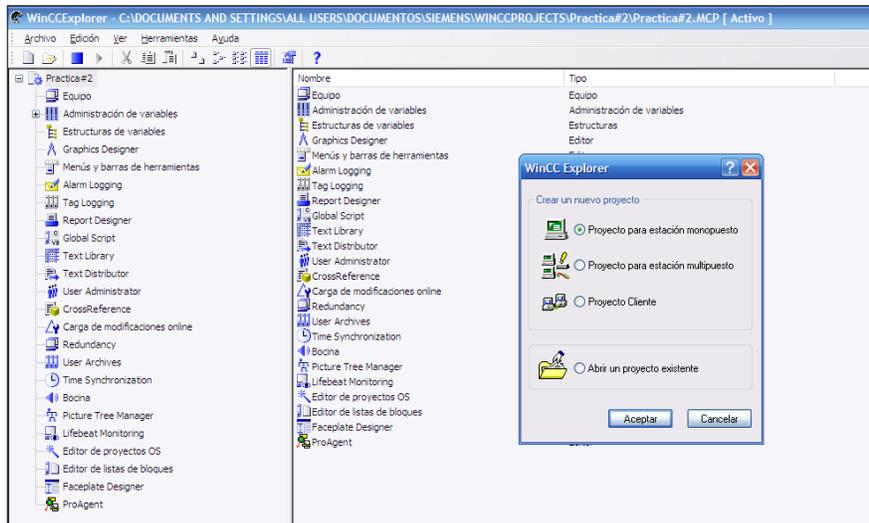
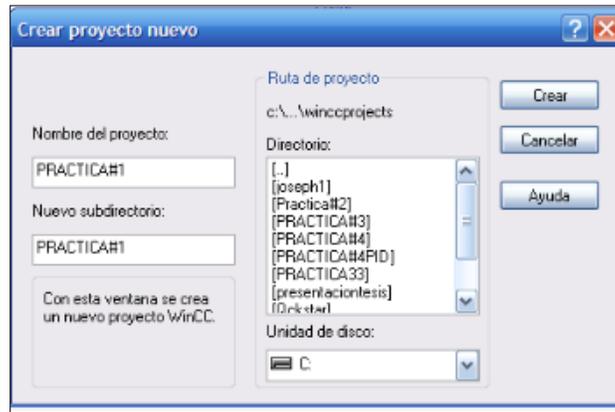


Figura 5. 31 Selección de tipo de proyecto.

Fuente: Propia.

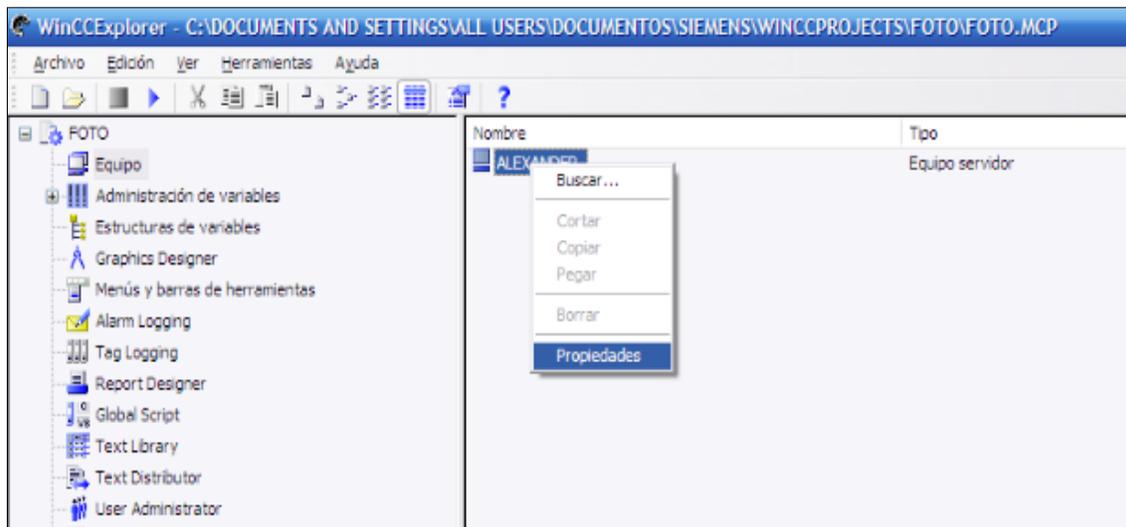
En la siguiente pantalla, debe asignarle un nombre al proyecto (figura 5.32) y pulsar crear.



**Figura 5. 32 Nombre del proyecto.**

Fuente: Propia.

En la subventana izquierda del explorador de Wincc haz clic en “Equipo”. Debes ver en la subventana derecha un servidor con el nombre de tu equipo. Haz clic mediante el botón derecho del ratón y selecciona la función “Propiedades” del menú contextual. (figura 5.33).

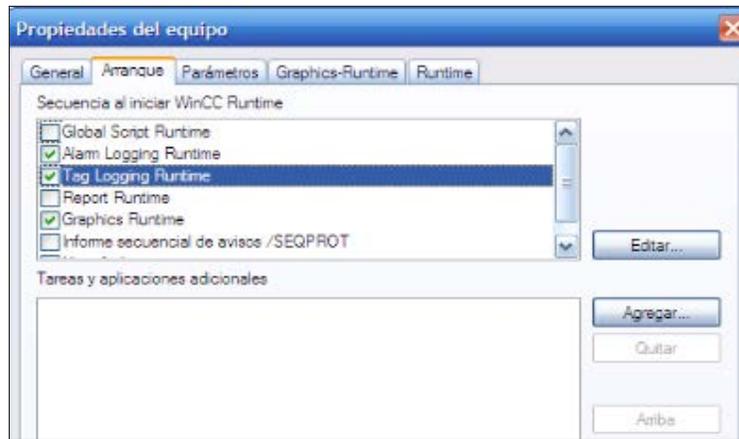


**Figura 5. 33 Selección opción propiedades del equipo.**

Fuente: Propia.

En la ventana “Propiedades del equipo”, seleccione la pestaña “Arranque” y en ella debe tildar los siguientes checks: (figura 5.34).

- Alarm Logging Runtime: para poder visualizar las alarmas en el runtime.
- Tag Logging Runtime: para la visualización de graficas en el runtime.



**Figura 5. 34 Pestaña “Arranque” de “Propiedades del equipo”.**

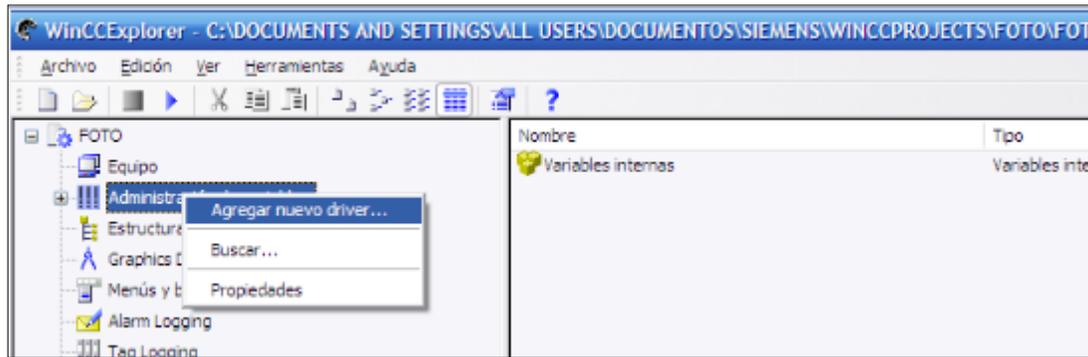
Fuente: Propia.

En la pestaña de parámetros, de esta misma ventana, se puede cambiar el idioma del runtime.

### **5.3.3 Agregar un driver del autómata programable.**

En este paso definimos que dispositivo vamos a utilizar, como interfaz de comunicación con el banco de control de procesos. Un driver es una interfaz entre el autómata programable y Wincc.

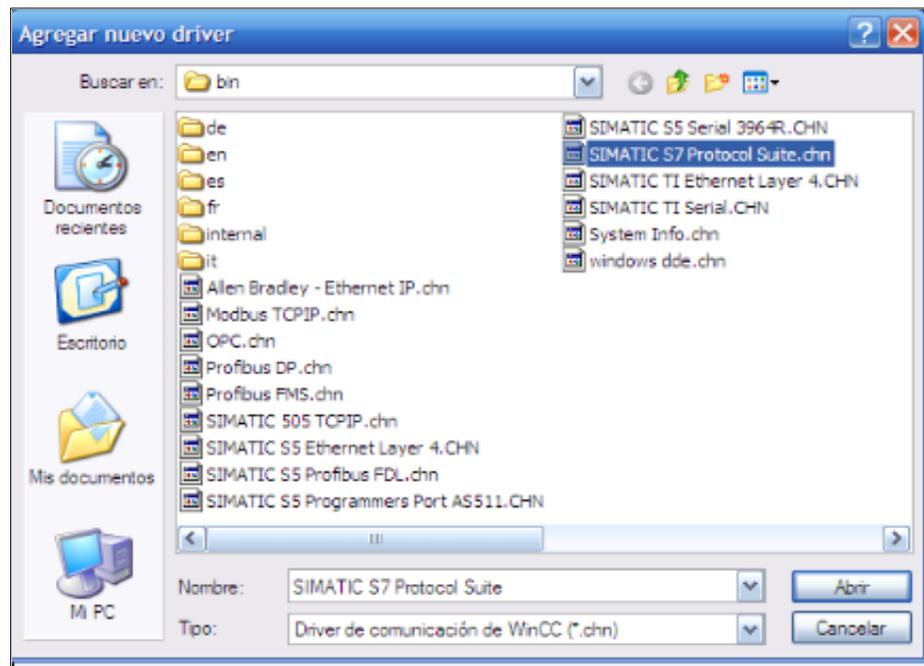
Para agregar un driver de autómata programable, haz clic mediante el botón derecho del ratón sobre “Administración de Variables”, en la subventana izquierda del explorador de Wincc, haz clic en la función “Agregar nuevo driver”. (Figura 5.35).



**Figura 5. 35 Agregar un nuevo driver de autómatas programables.**

Fuente: Propia.

Tienes que elegir uno de los drivers visualizados en el cuadro de dialogo (figura 5.36), como el autómatas programables utilizado es de la familia S7, se escogerá el de nombre “SIMATIC S7 Protocol Suite.CHM”.

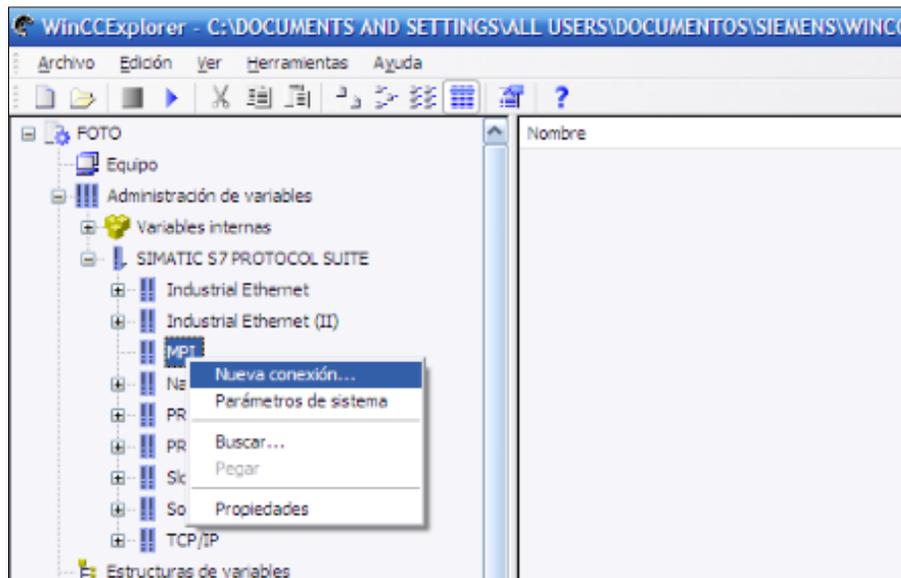


**Figura 5. 36 Selección de driver de autómatas programables.**

Fuente: Propia.

Visualizaras que el drivers seleccionado aparece ahora bajo la línea “Administración de variables”.

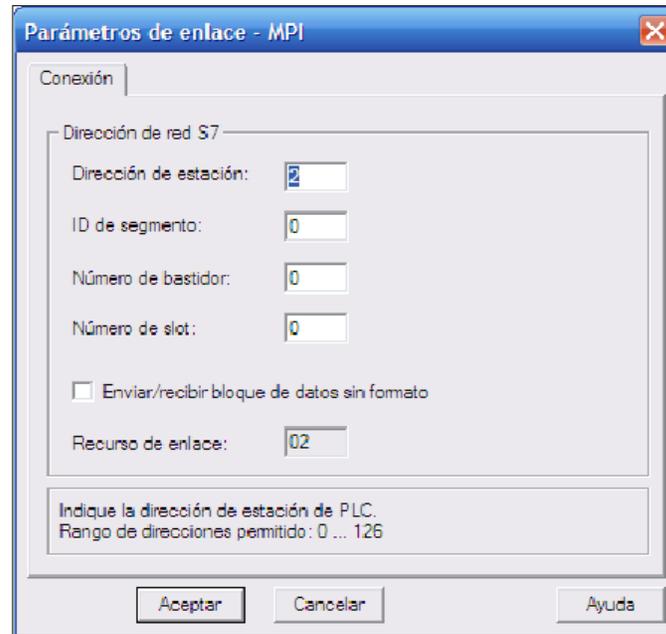
Expande en el signo “+” próximo a “SIMATIC S7 Protocol Suite”, se visualizarán todas las unidades de canal disponible (figura 5.37). Selecciona la unidad de canal MPI y haz clic en ella con el botón derecho del ratón. En el menú contextual que aparece selecciona nueva conexión.



**Figura 5. 37 Selección de nueva conexión MPI.**

Fuente: Propia.

Luego aparecerá la ventana “Propiedades del enlace”, en ella debe colocar un nombre al enlace (ejemplo: Practica1), y seguidamente hacer clic en el botón “Propiedades”, para configurar los parámetros del enlace MPI (figura 5.38), por defecto la “Dirección de estación” es 2 (este valor debe tener correspondencia con la dirección MPI que este el Administrador Simatic), para guardar haga clic en “Aceptar”.



**Figura 5. 38 Parámetros de enlace MPI.**

Fuente: Propia.

#### 5.3.4 Creación de variables.

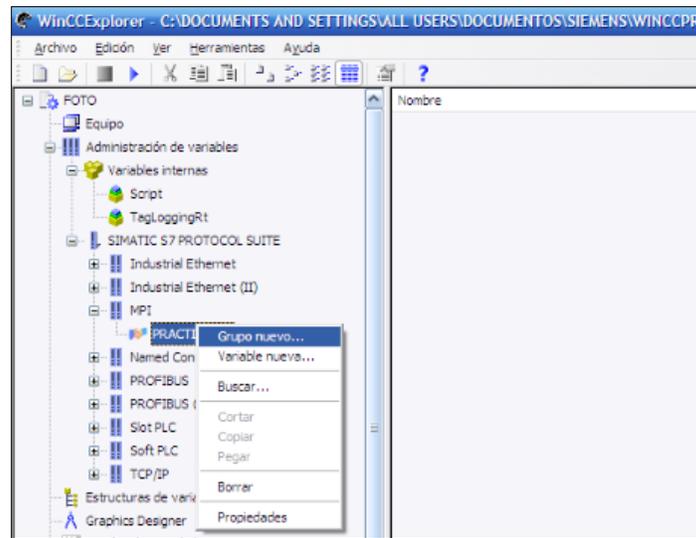
En un proyecto pueden utilizarse dos tipos de variables:

- **Variables internas:** son asignaciones de memoria dentro de Wincc que cumplen la misma funcionalidad que un autómata programable real. Pueden modificarse dentro Wincc.
- **Variables de proceso:** son asignaciones de memoria dentro del autómata programable conectado al proceso.

#### 5.3.5 Creación de un grupo de variables.

Las variables se pueden organizar en grupos o crearse individualmente. Los grupos sirven para estructurar las variables (no es necesario crear ningún grupo de variables para crear un proyecto). Se pueden crear tantos grupos de variables como se desee y cada uno de ellos puede estar formado por todas las variables que se necesiten.

Para crear un nuevo grupo de variable, se debe hacer clic mediante el botón derecho del ratón en la conexión creada del autómata programable. En el menú contextual que aparece, haga clic en “Grupo nuevo” (figura 5.39).



**Figura 5. 39 Creación de un grupo de variables.**

Fuente: Propia.

En la ventana que se abre “Propiedades del grupo de variables”, debes colocar el nombre al grupo (por ejemplo: Grupo1) y pulsar “Aceptar”. Luego de esto se visualizará el grupo de variables que se acaba de crear, en la subventana izquierda bajo la conexión del autómata programable.

### 5.3.6 Creación de variables internas.

Para crear una variable interna expande en el signo “+” de “Administración de variables”, y haz clic derecho sobre “Variables internas” y selecciona “Nueva Variable” del menú que se despliega. Como se observa en la figura 5.40.

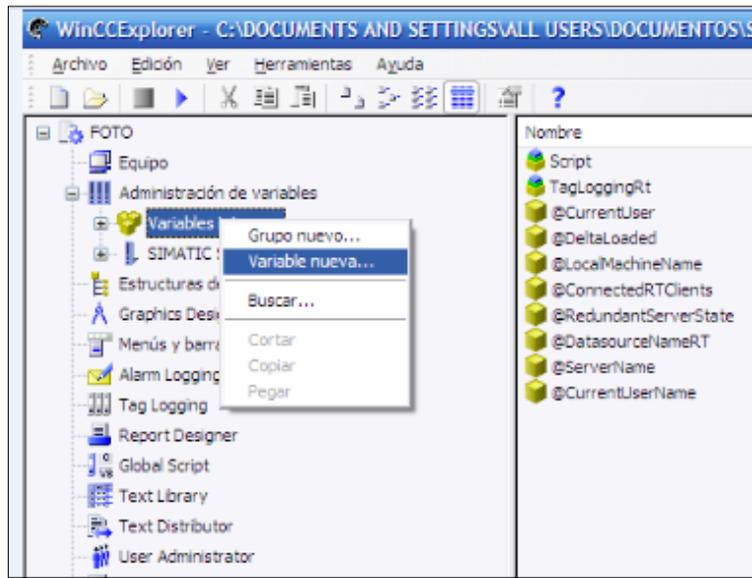


Figura 5. 40 Creación de una variable interna.

Fuente: Propia.

En la ventana “Propiedades de variable”, se asigna el nombre de la variable y se elige el tipo de datos. Para guardar presione “Aceptar” (figura 5.41).

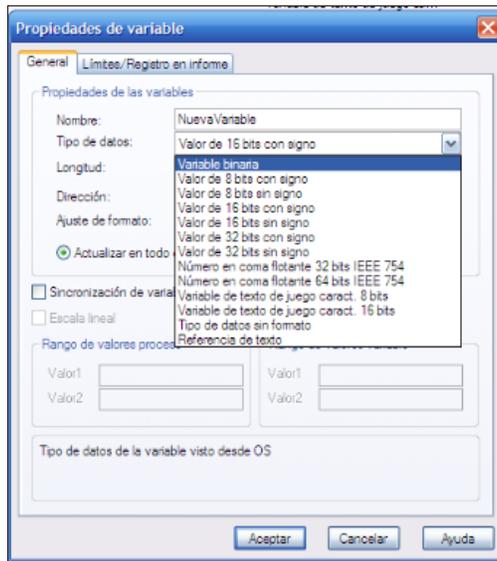


Figura 5. 41 Propiedades de una variable interna.

Fuente: Propia.

### 5.3.7 Creación de variables de proceso.

Para crear una variable de proceso debes hacer clic derecho sobre la conexión creada del autómatas programable, y seleccionar “Variable Nueva”. Observar figura 5.42.

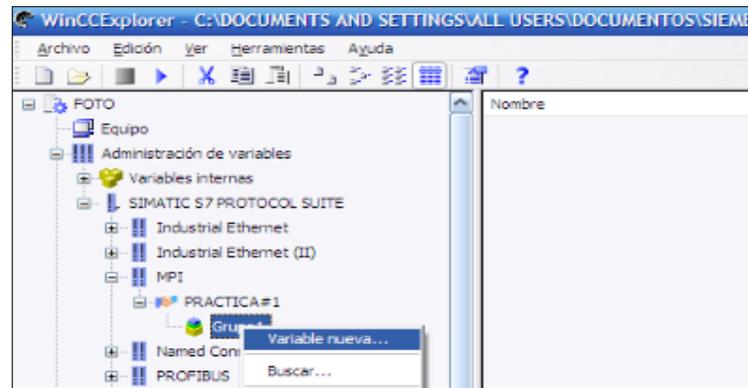


Figura 5. 42 Creación de una variable de proceso.

Fuente: Propia.

En la ventana “Propiedades de variable” se debe indicar el nombre de la variable, y el tipo de datos (figura 5.43).

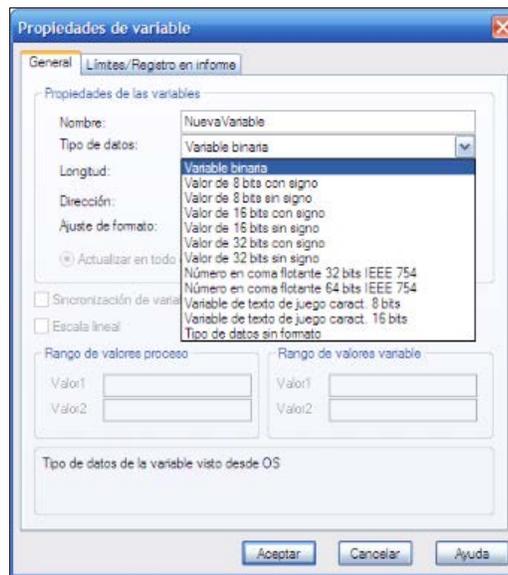
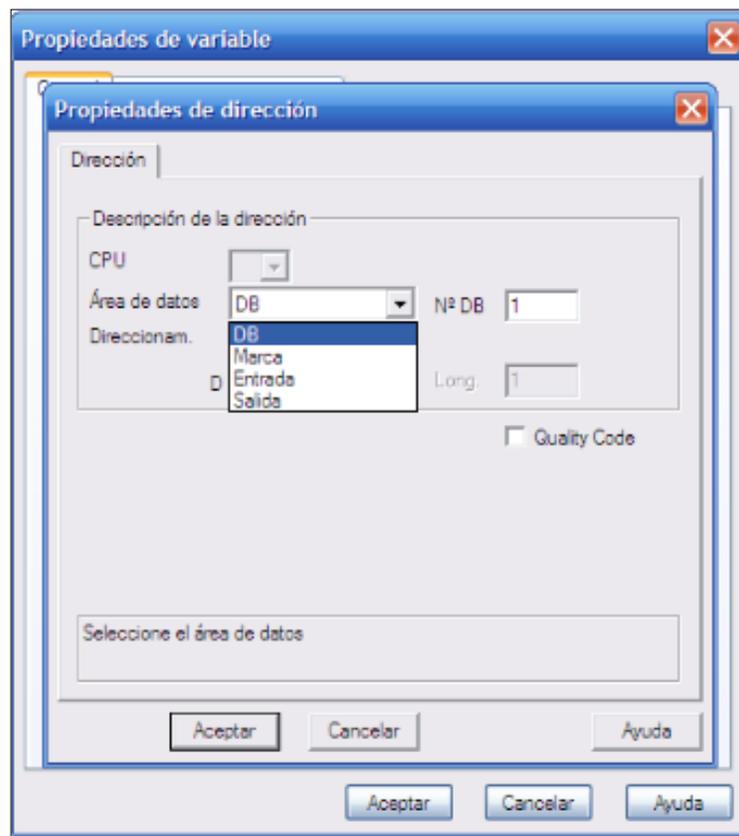


Figura 5. 43 Propiedades de una variable de proceso.

Fuente: Propia.

En esta misma ventana se puede configurar la escala lineal para una variable analógica, es decir, fijar para un rango de valores de proceso (límite inferior y límite superior), para un rango de valores de la variable (límite inferior y límite superior). Tildando la casilla de “Escala lineal” y asignando dichos valores.

Luego de esto se debe hacer clic en botón “Seleccionar” de la propiedad “Dirección”, se mostrara una ventana como la de la figura 5.44. En ella se debe seleccionar el área de datos (entrada, marca de memoria o salida) y la dirección en el autómata programable.



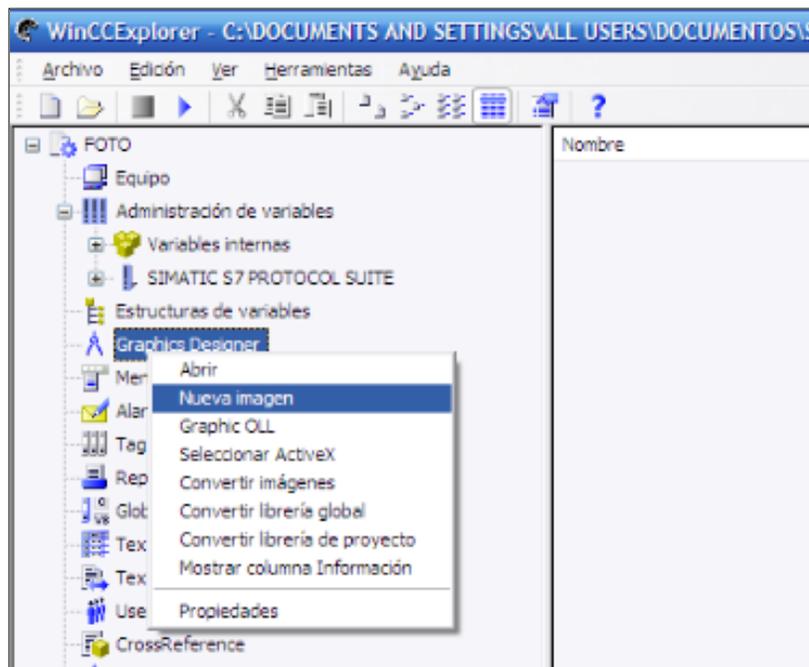
**Figura 5. 44 Propiedades de dirección de una variable de proceso.**

Fuente: Propia.

Finalmente presionar el botón “Aceptar” para guardar las propiedades de la variable. Repita el proceso para cuantas variables necesite.

### 5.3.8 Edición de imágenes de proceso.

En esta sección se creará una imagen de proceso para el proyecto, para ello hay que abrir el diseñador gráfico, en la subventana izquierda del explorador de Wincc, hacer clic con el botón derecho sobre “Graphics Designer”, y selecciona “Nueva imagen” del menú desplegable. En la figura 5.45 se describe el procedimiento.



**Figura 5. 45 Creación de una imagen de proceso.**

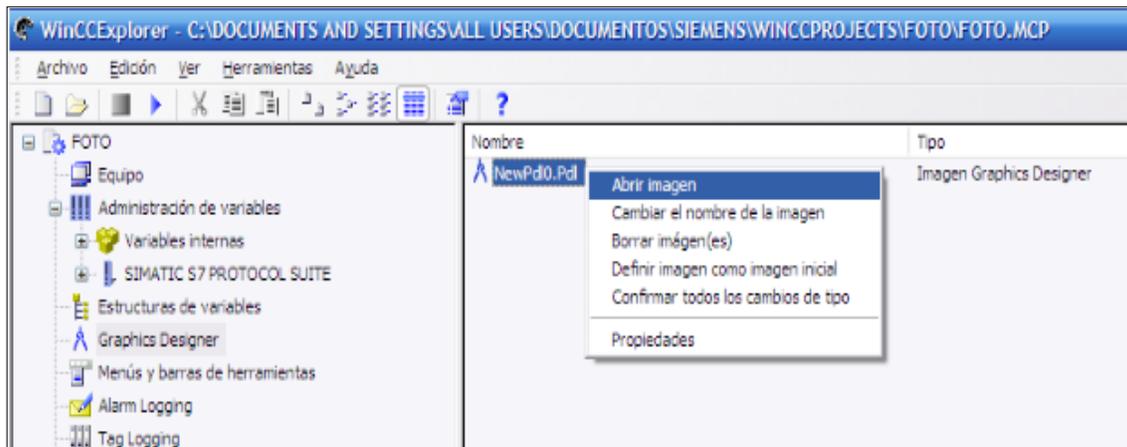
Fuente: Propia.

A continuación se generará un archivo gráfico con el nombre “NewPdl0.pdl” (figura 4.46), que se visualizará en la subventana derecha del explorador de Wincc. La extensión “.pdl” significa “picture description file”, archivo de descripción de la imagen.

Para cambiar el nombre de la imagen, hacer clic con el botón derecho del ratón en “NewPdl0.pdl”. Selecciona “Cambia el nombre de la imagen” del menú contextual, y coloca el nombre de tu preferencia.

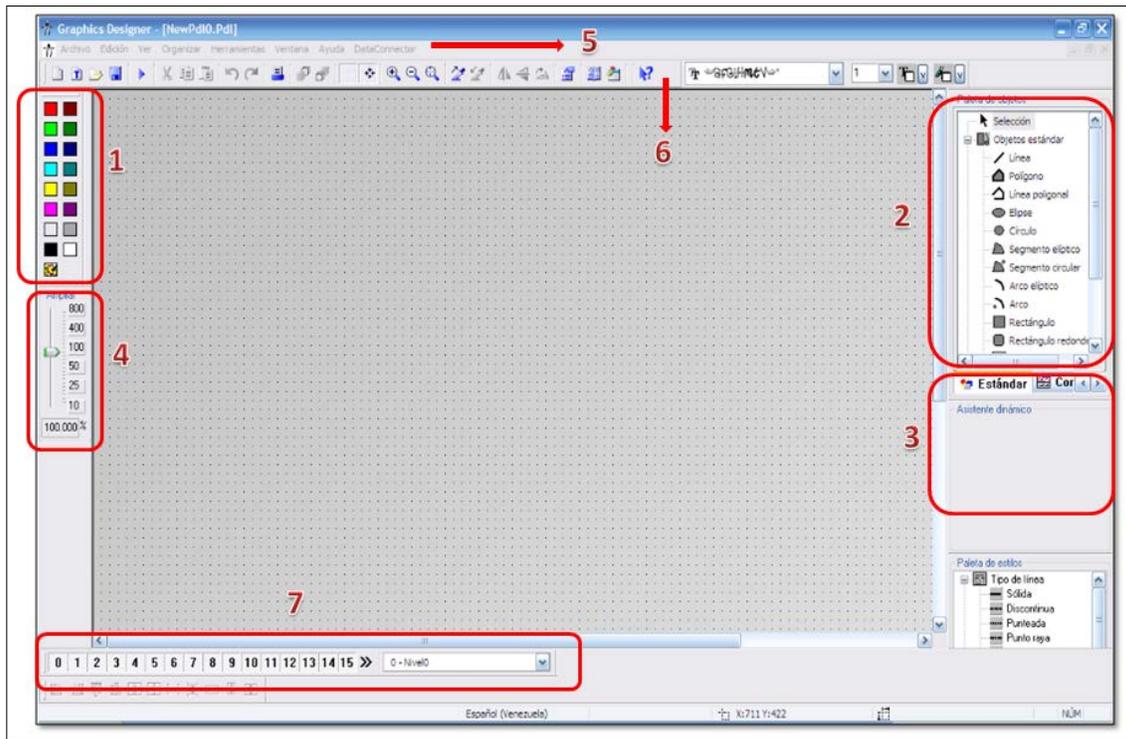
También puedes seleccionar “Definir imagen como imagen inicial” del mismo menú contextual, para que dicha imagen sea la presentación del proyecto.

Para ingresar al diseñador gráfico haga doble clic “NewPdl0.pdl”. Se mostrará una ventana como la de la figura 4.47.



**Figura 5. 46 Imagen de proceso.**

Fuente: Propia.



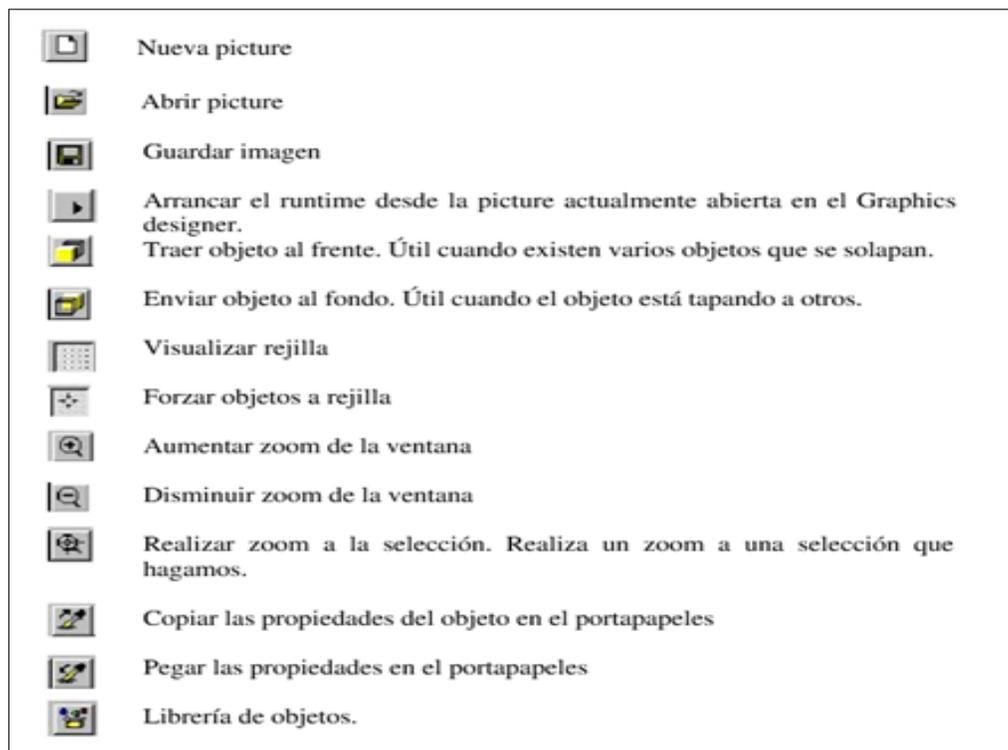
**Figura 5. 47 Diseñador Gráfico.**

Fuente: Propia.

A continuación se detallare la función de la gama de objetos principales del diseñador gráfico, que se indican en la figura 5.47:

1. **Gama de colores:** (Colour Palette) Asignar colores a los objetos seleccionados. Además de los 16 colores estándar, también puedes utilizar los colores personalizados que definas.
2. **Gama de objetos:** (Object Palette) Contiene los objetos estándar (polígono, elipse, rectángulo, etc.), objetos inteligentes (control de OLE, elemento OLE, campos de entrada/salida, etc.), así como los objetos de ventana (botones, casillas de verificación, etc.).
3. **Asistente dinámico:** (Dynamic Wizard Palette) Ayuda a crear objetos dinámicos, por ejemplo objetos que se muevan, arrancar otras aplicaciones o cambiar de idioma online.

4. **Funciones de zoom:** (Zoom Palette) Define el factor de zoom (en porcentaje) para la ventana activa. Los factores de zoom estándar son: 8, 4, 1, 1/2 y 1/4.
5. **Barra de menú:** Contiene todos los comandos de menú para el diseñador gráfico. Los comandos no disponibles actualmente se visualizan en gris.
6. **Barra de herramientas estándar:** Contiene los botones para realizar rápidamente los comandos más frecuentes, en la figura 5.48 se detalla cada botón.
7. **Barra de capas:** (Layer Bar) Se utiliza para visualizar una de las 32 capas (capa 0 a 31). Por defecto se selecciona la capa 0.



**Figura 5. 48 Botones de la barra de herramientas.**

8. Fuente: Propia.

### 5.3.9 Creación de botón.

#### a) Para cambiar de una imagen a otra.

1. Debe crear otra imagen siguiendo el apartado 5.2.2.8 de éste capítulo.

2. Luego seleccionar el botón “Windows Objects” en la gama de objetos de la primera imagen creada.
3. Una vez seleccionado el botón (haciendo clic con el ratón sobre él), colocarlo en la rejilla haciendo clic sobre ella en el sitio donde lo quieras situar (no debes arrastrarlo).
4. Al soltar el botón del ratón, aparecerá el cuadro de diálogo “Botón configuración” (figura 5.49). Introducir un nombre en el campo “Texto”. Por ejemplo poner al botón con el nombre de la imagen a la que se quiere desplazar cuando lo pulses en tiempo de ejecución (imagen creada en el punto 1 de este apartado).
5. Para seleccionar la imagen a la que quieres cambiar, haz clic en el icono cuadrado que aparece abajo a la derecha, en la área de “Cambiar imagen con clic”, y selecciona el nombre de la imagen a la que quieres direccionar el botón.
6. Cierra el cuadro de diálogo pulsando “Aceptar” y guarda tu imagen.

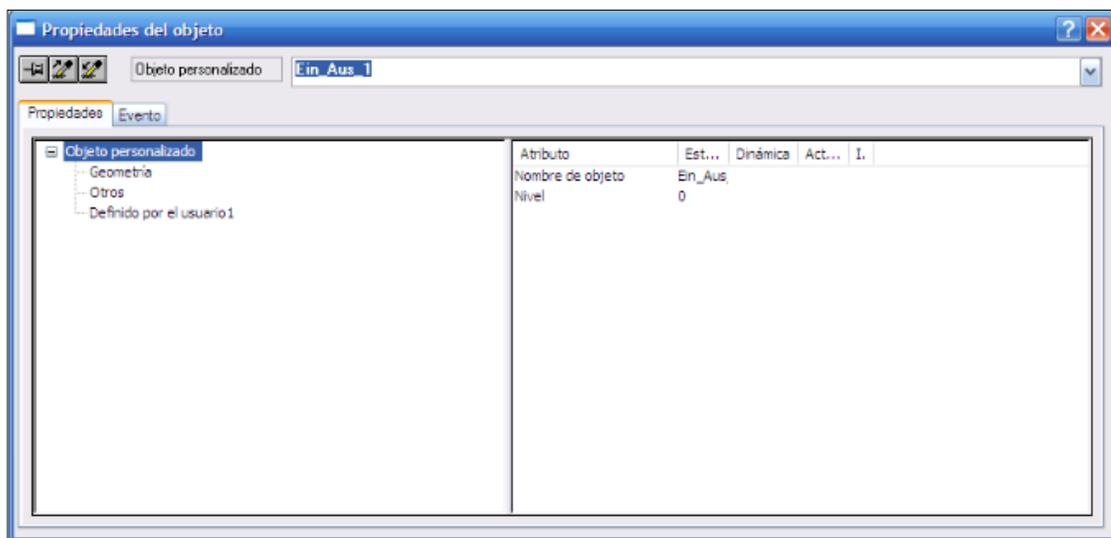


**Figura 5. 49 Botón configuración.**

Fuente: Propia.

**b) Para conectar un botón con una variable.**

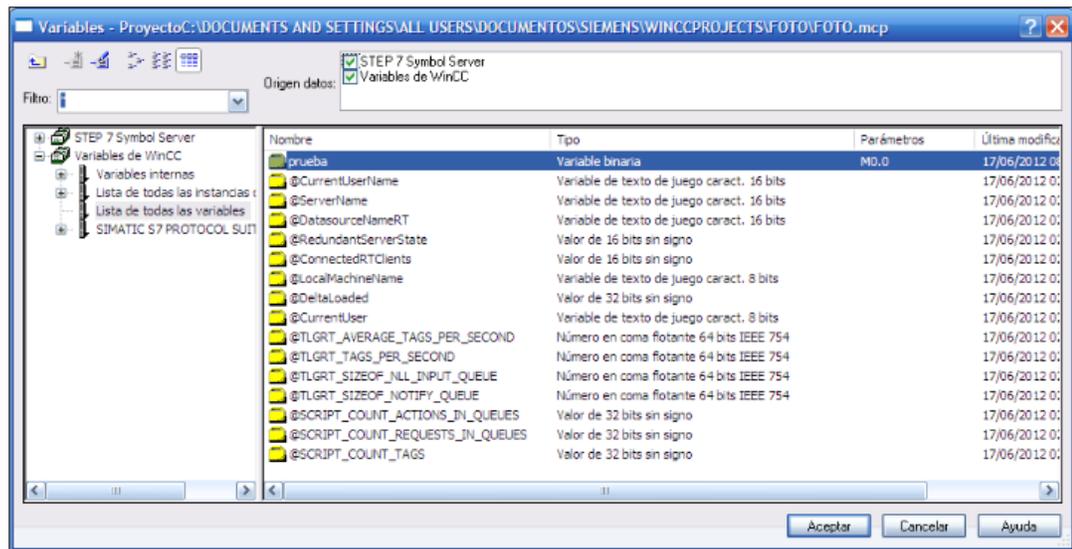
1. Hacer clic en el botón “Librería de objetos” de la barra de herramientas.
2. Seleccionar la carpeta “Operación”, y dentro de ella la carpeta “Botones on/off” y arrastrar cualquier botón a la rejilla.
3. Hacer clic con el botón derecho del ratón, sobre el botón seleccionado y seleccionar la opción “Propiedades” del menú contextual. Aparecerá una pantalla como se muestra en la figura 5.50.

**Figura 5. 50 Propiedades del objeto.**

Fuente: Propia.

4. En la pestaña “Propiedades”, hacer clic en “Definido por el usuario” del menú “Objeto personalizado”.
5. En la subventana derecha, hacer clic derecho sobre el bombillo de la opción “Toggle” y seleccionar “Variable” del menú contextual. Se observara la pantalla de la figura 5.51.
6. Expandir con el signo “+” el menú “Variables de Wincc”, y seleccionar la opción “Lista de todas las variables”.

7. Seleccionar de la lista de variables de la subventana derecha, la variable a la que se asociara el botón y se pulsa “Aceptar”.



**Figura 5. 51 Selección de la variable asociada al botón.**

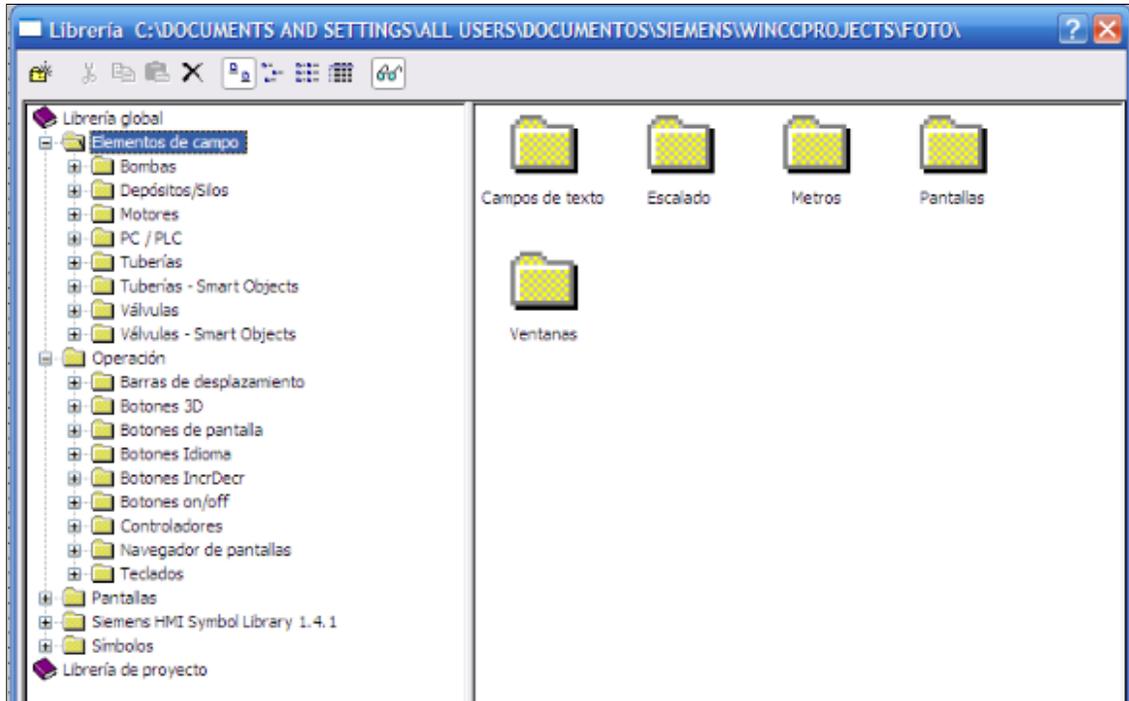
Fuente: Propia.

8. Para finalizar en la ventana “Propiedades del objeto” (figura 5.50) hacer clic derecho en la columna “actual” de la opción “Toggle” y escoger el tiempo de actualizacion de la variable, para este caso escoger la opción “Al cambiar”.

### 5.3.10 Insertar un objeto a una imagen.

Para crear una imagen alusiva al proceso de la practica 1, Wincc cuenta con una librería, para obtener un objeto de la librería, debe seleccionar “Ver”-“Librería” de la barra de menú del diseñador grafico, o hacer clic sobre el icono de la librería de la barra de herramientas. La librería de objetos se visualizara con su propia barra de herramientas y carpeta de objetos, como se muestra en la pantalla 5.52.

Seleccione los objetos y cree las imágenes a su gusto.

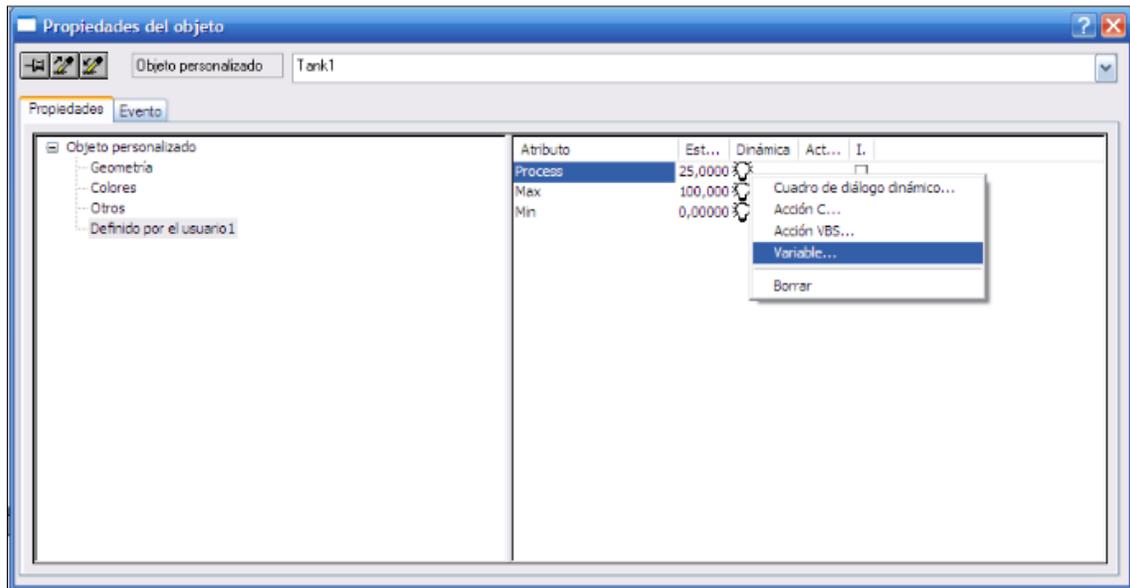


**Figura 5. 52 Iconos y carpetas de la librería de Wincc.**

Fuente: Propia.

### 5.3.11 Dinamizar un objeto.

1. Inserte en la rejilla un tanque de la librería de Wincc. Seguidamente haga clic derecho sobre él y seleccione “Propiedades” del menú contextual.
2. Se mostrara la venta “Propiedades del objeto”, como en la figura 5.53, seleccione la opción “Definido por el usuario” del menú “Objeto personalizado”.
3. En la subventana derecha, haga clic derecho sobre “Process” y seleccione “Variable”.
4. Seleccione la variable que desea asociar al tanque, siguiendo la figura 5.51.



**Figura 5. 53 Propiedades del objeto.**

Fuente: Propia.

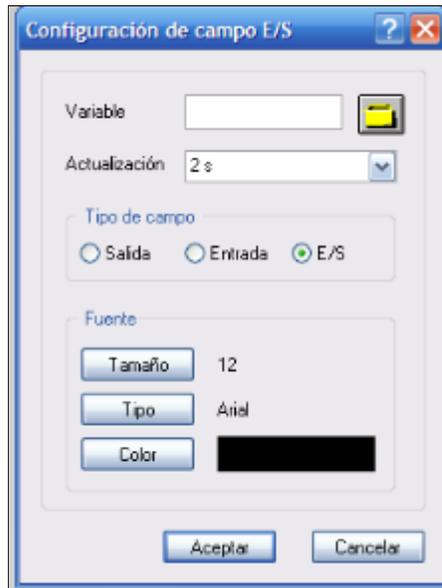
5. En la misma ventana “Propiedades del objeto” se deben configurar los límites máximo y mínimo de la variable.

Nota: un bombillo verde junto a un atributo indica que se ha enlazado una variable con él.

### 5.3.12 Crear un campo de entrada/salida.

1. Para crear un campo de entrada/salida, en la gama de objetos selecciona “Objetos Smart” y seleccione “Campo E/S”.
2. Posicionar el campo de entrada/salida en la ventana de archivos y arrástralo con el botón pulsado.
3. A continuación aparece el cuadro de diálogo “Campo de campo E/S” (figura 5.54).

- Para seleccionar una variable, haga clic en el icono amarillo que está junto al campo de texto de “Variable” y en el cuadro de dialogo que aparece, selecciona la variable que desees asociar.



**Figura 5. 54 Configuración de campo E/S.**

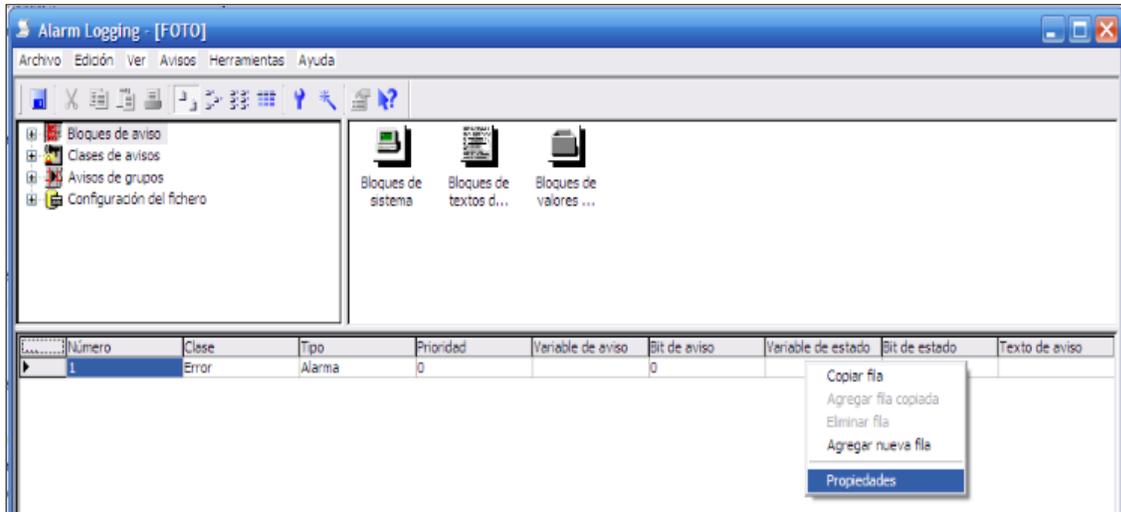
Fuente: Propia.

- Para finalizar hacer clic mediante el botón derecho del ratón sobre el campo de entrada/salida creado. En el menú contextual selecciona “Propiedades”.
- En la subventana izquierda hacer clic en la característica “Límites”. Y en la subventana derecha configura “Valor límite inferior” y “Valor límite superior” haciendo doble clic sobre ellos. Así establecerá los límites y se podrá prevenir que sea introducido un valor no deseado en el campo de E/S.

### **5.3.13 Configuración de Alarm Logging.**

Alarm Logging es el editor del Wincc que se encarga del tratamiento de los mensajes de alarma, así como del tratamiento del histórico de alarmas y la generación de alarmas a partir de comparaciones con valores de comunicaciones.

Para comenzar en la subventana izquierda del explorador de Wincc, selecciona “Alarm Logging”, se mostrará la ventana de la figura 5.55. En la parte inferior se muestra una tabla, haz clic derecho en la primera fila, y selecciona “Propiedades” del menú contextual.

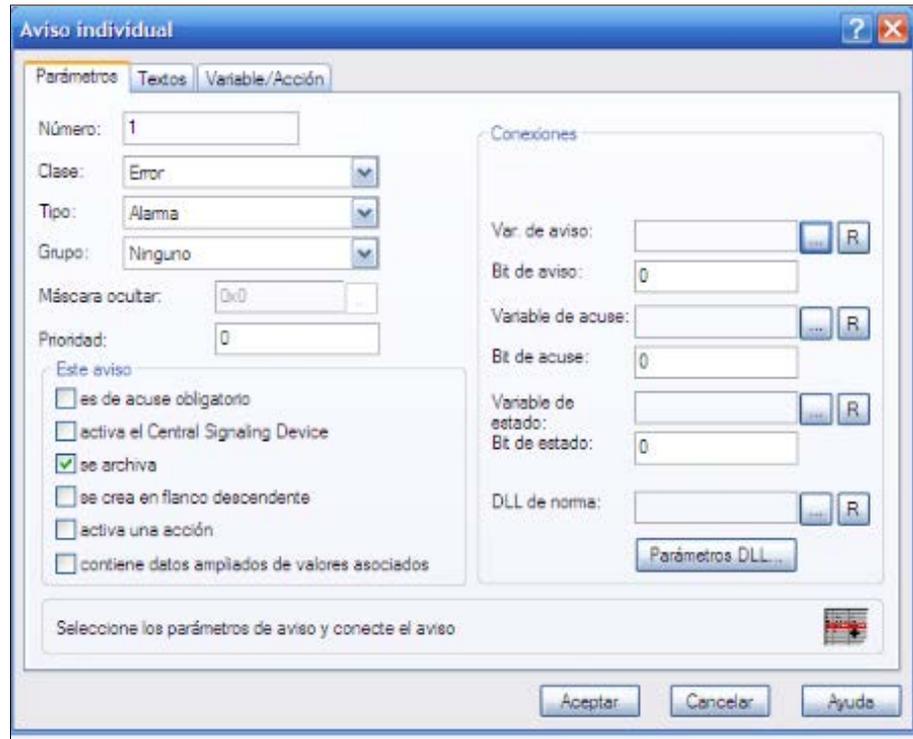


**Figura 5. 55 Alarm Logging.**

Fuente: Propia.

Luego aparecerá la ventana “Aviso individual” (figura 5.56), en la pestaña “Parámetros”, menú “Conexiones”, ubique el campo de entrada “Var. de aviso”, y haga clic en el botón que se encuentra justo al lado derecho del campo para seleccionar la variable con la que se trabajara.

Para agregar mas variables haga clic derecho sobre la primera fila y selecciona “Agregar nueva fila” del menú contextual. Y repite el procedimiento.



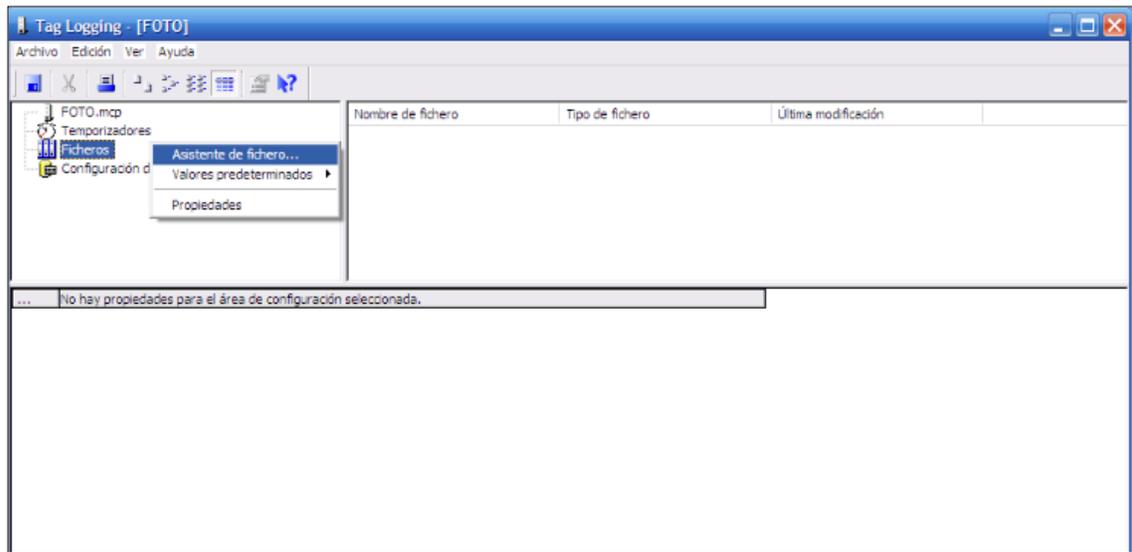
**Figura 5. 56 Ventana aviso individual.**

Fuente: Propia.

### 5.3.14 Configuración de Tag Logging

Tag Logging es editor de Wincc para la configuración del sistema de archivo. Archivo de valores de proceso para la adquisición, compresión y el almacenamiento de valores de medida, por ejemplo para la presentación de tendencias en forma de tablas y su procesamiento posterior.

Para comenzar en la subventana izquierda del explorador de Wincc, selecciona “Tag Logging”, se mostrará la ventana de la figura 5.57. haga clic derecho en el menú “Ficheros” y seleccione “Asistente de fichero” del menu contextual

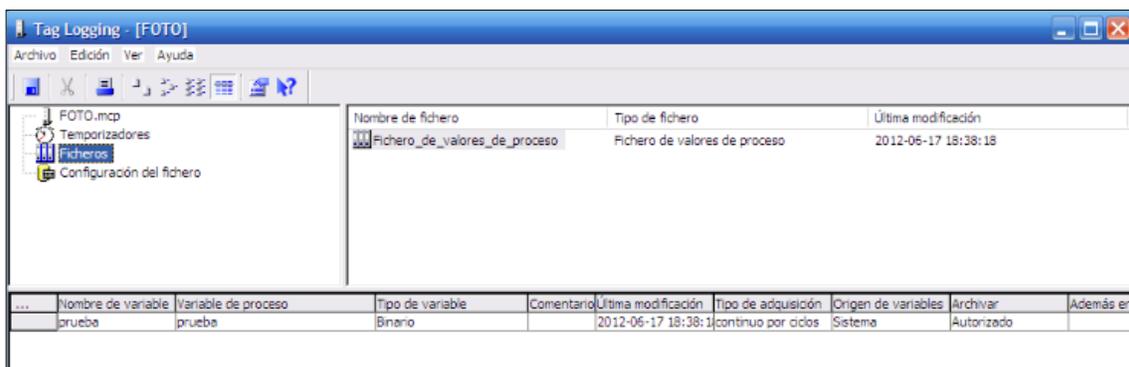


**Figura 5. 57 Tag Logging.**

Fuente: Propia.

Seguidamente se inicia el asistente, en la primera ventana cliquee “Siguiente”, en la segunda ventana coloque el nombre al fichero y seleccione la casilla “Fichero de valores de proceso”, para continuar haga clic en siguiente y a continuación seleccione las variables que desea incluir en el fichero.

Para finalizar el asistente haga clic en aplicar. Se observara en la ventana el fichero creado. Y sus variables asignadas.(figura 5.58).

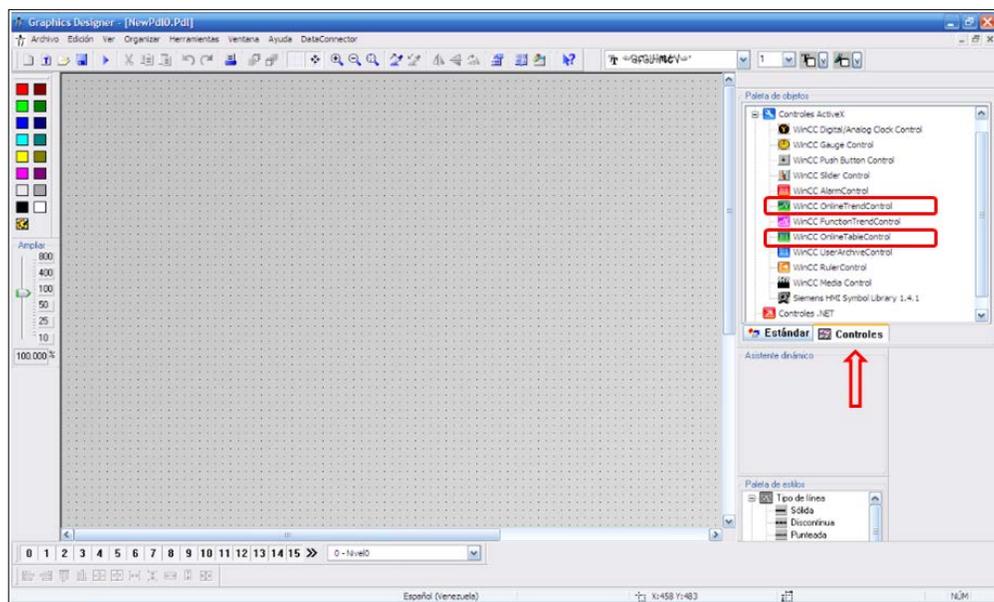


**Figura 5. 58 Tag Logging con fichero agregado.**

Fuente: Propia.

### 5.3.15 Elaboración de graficas y tablas.

Para insertar una grafica o tabla en una imagen, se debe ubicar en la “Paleta de objetos” del “Graphics Designer” la pestaña “Controles”, la cual se encuentra justo al lado de la la pestaña “Estándar”. Expanda el signo “+” el menu “Controles ActiveX” y se elegira la opcion “Wincc Online Table Control” si se lo que se quiere insertar es una table, ó “Wincc Online Trend Control” si se se desea insertar una grafica,ver figura 5.59.



**Figura 5. 59 Paleta de objetos del Graphics Designer.**

Fuente: Propia.

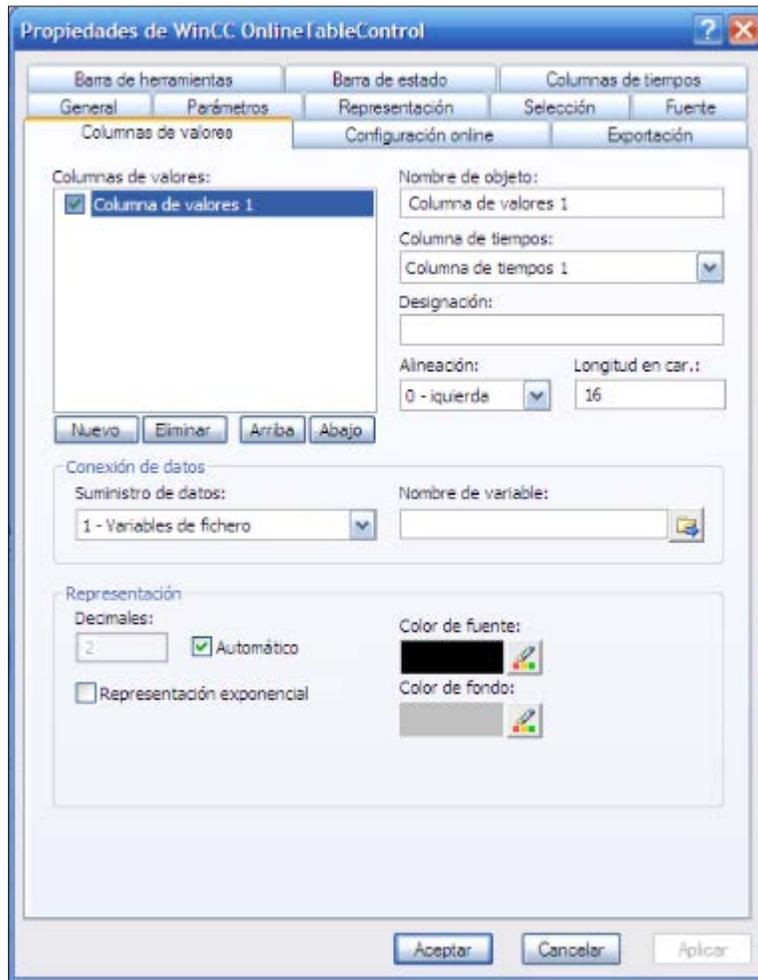
Cuando se selecciona “Wincc online trend control” aparece una ventana con el mismo nombre, (figura 5.60), en la pestaña “Curvas” se debe ubicar el menu “Conexiones de datos” y en el campo “nombre de la variable” darle clic al icono que se encuentra al lado y seleccionar las variables dentro del que fue fichero creado previamente.



**Figura 5. 60 Propiedades de Wincc online trend control.**

Fuente: Propia.

En el caso de quiere insertar una grafica, la ventana que se mostrara es la de la figura 5.61, en ella se debe ubicar en la pestaña “Columnas de valores” y ubicar igualmente en el menú “conexiones de datos” las variables que se deseen graficar.



**Figura 5. 61 Propiedades de Wincc online table control.**  
Fuente: Propia.

## 5.4 Desarrollo práctica # 1.

### 5.4.1 Programación del autómatas programable.

Posterior a la configuración física y la configuración del Administrador Simatic, se procede a realizar la programación utilizando lógica de contactos. En el anexo C se encuentra la programación realizada, según el diagrama de flujo de la figura 5.62.

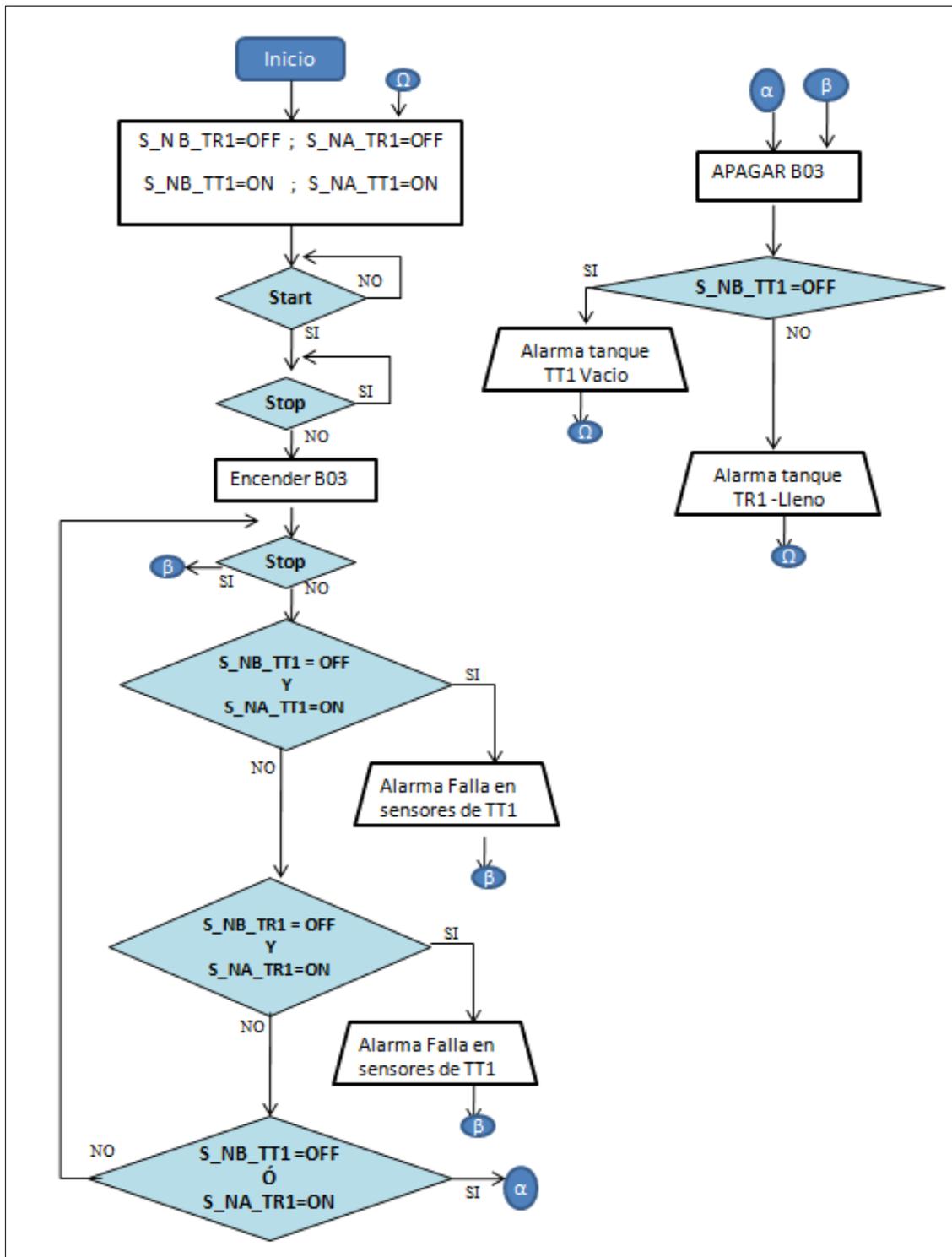


Figura 5. 62 Diagrama de flujo, práctica 1.

Fuente: Propia.



A continuación se muestra en la tabla 5.2 las variables que se utilizaron que el desarrollo de esta práctica

**Tabla 5. 2 Tablas de variables de la práctica 1.**

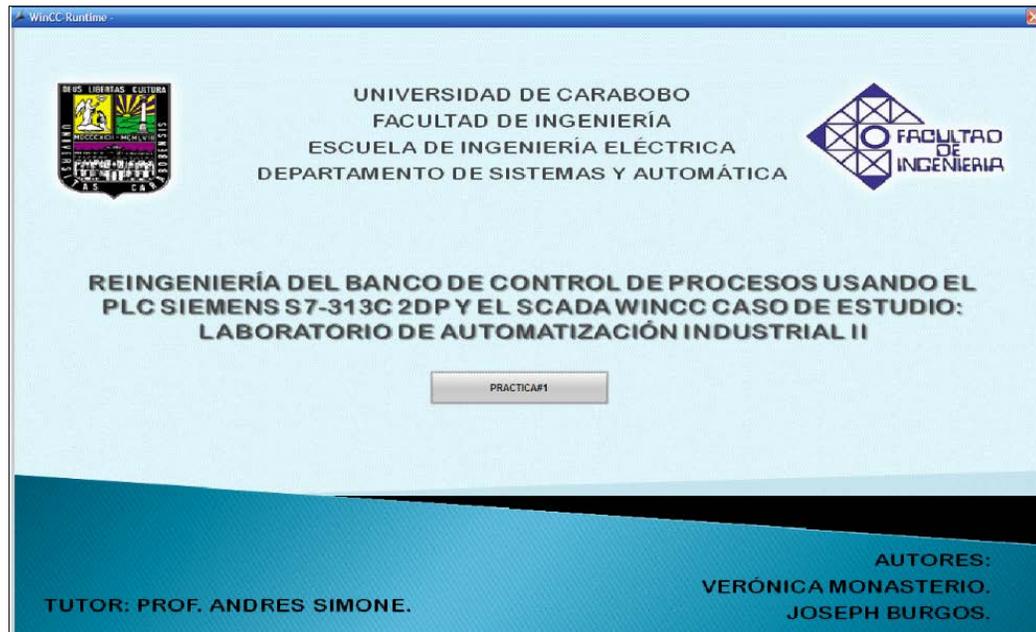
SIMBOLO	DIRECCION	TIPO DE DATO	COMENTARIO
FALLA EN SENSORES TR1	M 0.6	BOOL	ALARMA PARA FALLA DE SENSORES EN TR1
FALLA EN SENSORES TT1	M 0.5	BOOL	ALARMA PARA FALLA DE SENSORES EN TT1
B03	PAW 290	WORD	SALIDA ANALOGICA QUE ACCIONA B03
NIVEL BAJO DE TT1	M 0.3	BOOL	ALARMA PARA NIVEL BAJO EN TT1
NIVEL MAXIMO DE TR1	M 0.2	BOOL	ALARMA PARA NIVEL MAXIMO EN TR1
PASO1	M 0.0	BOOL	BOBINA
S_NA_TR1	E 124.0	BOOL	SENSOR NIVEL ALTO DE TR1
S_NA_TT1	E 124.2	BOOL	SENSOR NIVEL ALTO DE TT1
S_NB_TR1	E 124.1	BOOL	SENSOR NIVEL BAJO DE TR1
S_NB_TT1	E 124.3	BOOL	SENSOR NIVEL BAJO DE TT1
SALIDA DIGITAL DE LA B03	A 124.0	BOOL	REPRESENTA LA SALIDA DE LA BOMBA EN DIGITAL
START	M 0.1	BOOL	INICIO DEL PROCESO
STOP	M 0.7	BOOL	DETIENE EL PROCESO
V_C_TR1	M 5.0	BOOL	ESTADO DE VALVULA DE CARGAR DE TR1
MW100	MW100	WORD	MARCA PARA REPRESENTAR ESTADO DE LA BOMBA EN EL WINCC

Fuente: Propia.

#### 5.4.2 Pantallas práctica # 1.

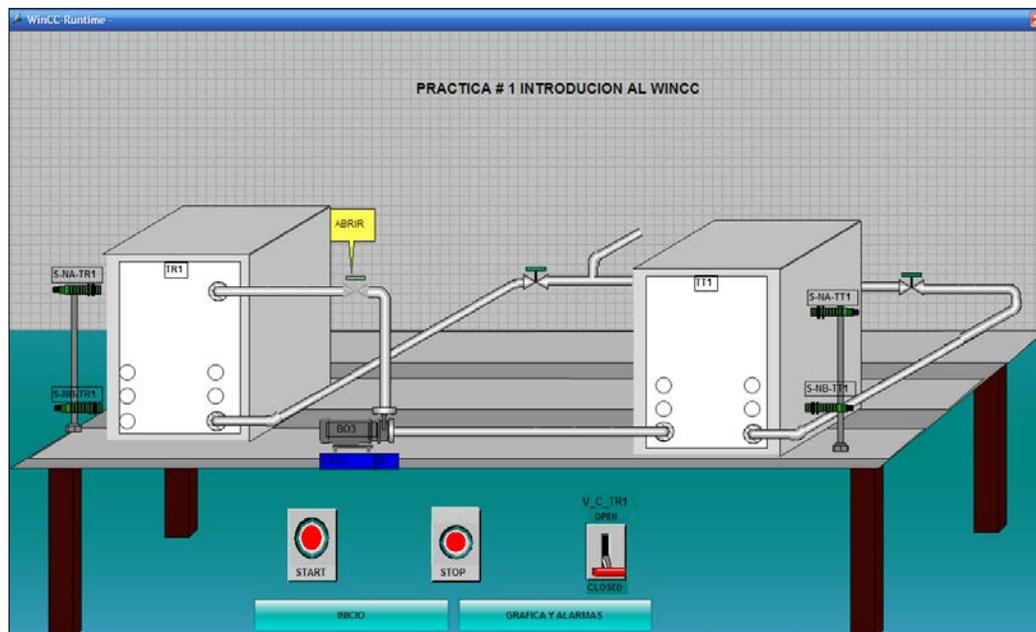
Haciendo uso de cada uno de las secciones del apartado 5.22 del presente capítulo se procedió a elaborar las pantallas de la práctica # 1.

En la figura 5.63 se observa la pantalla presentación de la práctica # 1. En la figura 5.64 se observa la segunda pantalla, que contiene la representación de los tanques y elementos que conforman las prácticas. Y finalmente en la figura 5.65 se observa una ventana de gráficas y alarmas.



**Figura 5. 63 Pantalla 1, práctica # 1.**

Fuente: Propia.



**Figura 5. 64 Pantalla 2. Práctica # 1.**

Fuente: Propia.

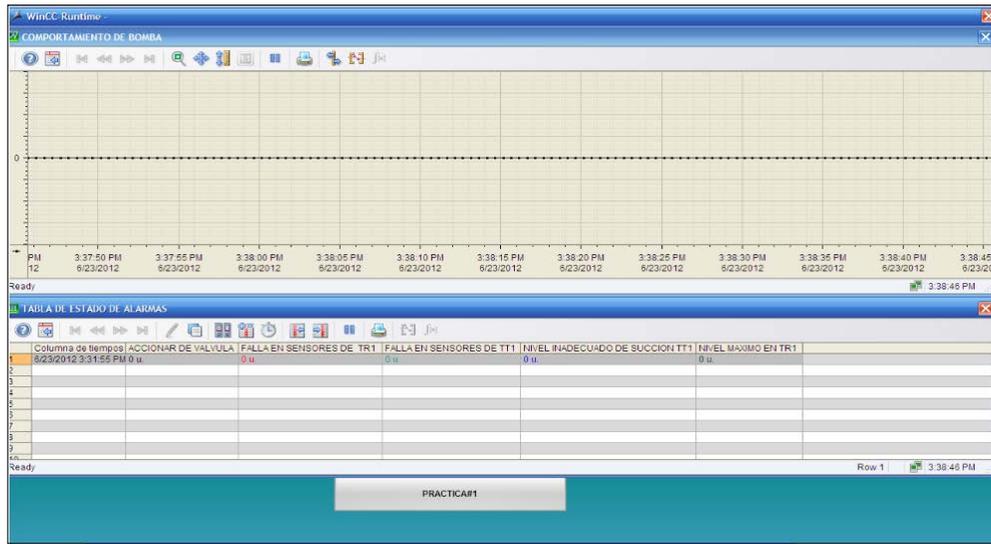


Figura 5. 65 Pantalla 3, práctica # 1.

Fuente: Propia.

A continuación se puede observar en la figura 5.66 una parte del proceso, tanto en el simulador como la pantalla del SCADA para ese mismo momento.

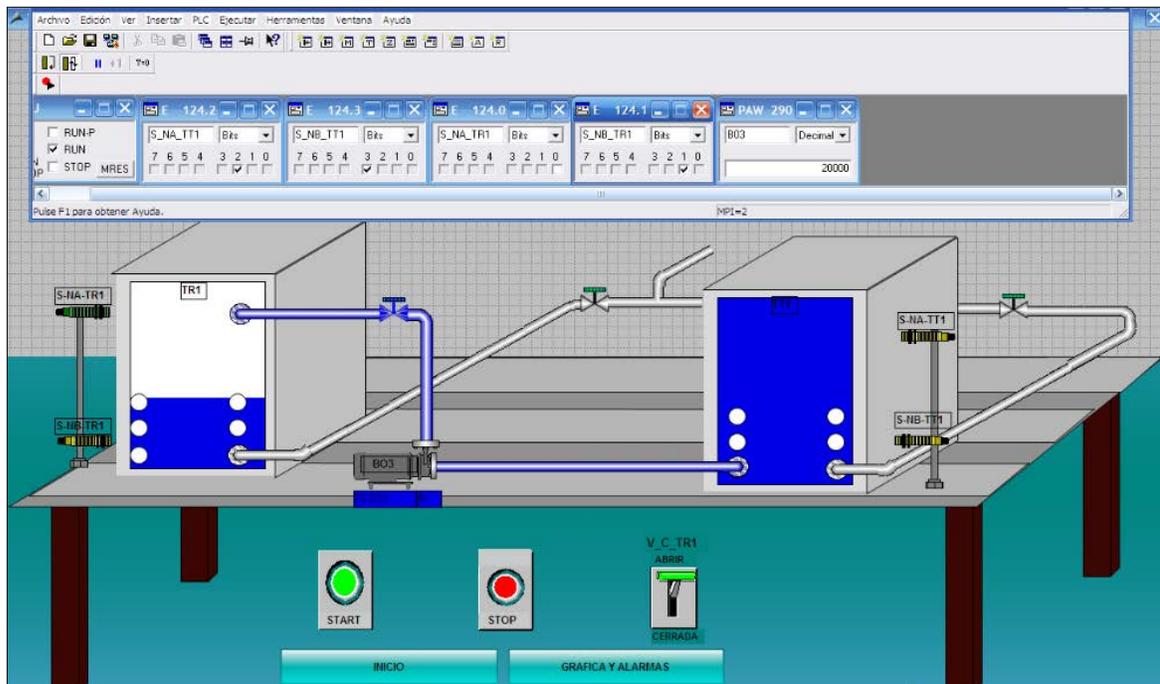


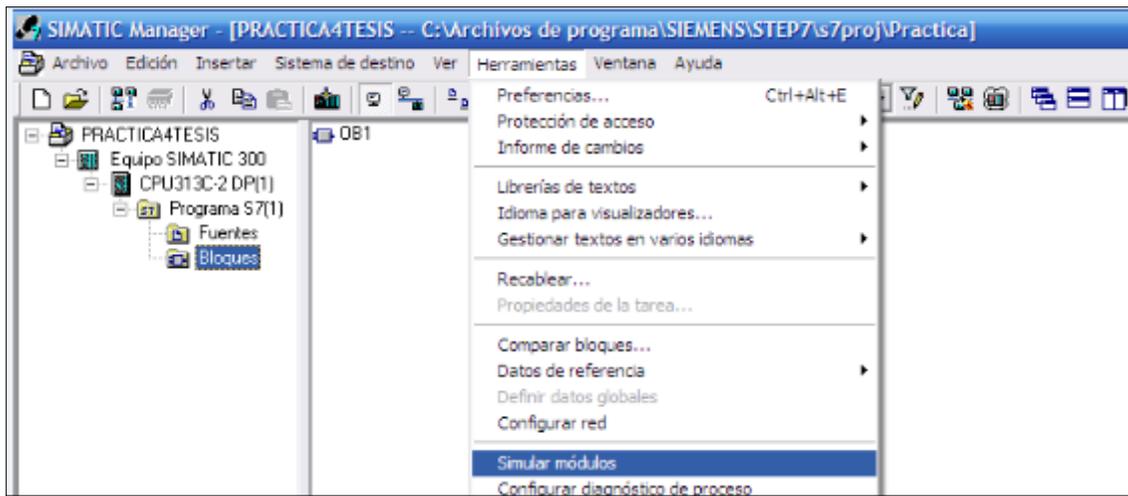
Figura 5. 66 Pantalla de práctica 1, en medio del proceso.

Fuente: Propia.

### 5.4.3 Simulación.

A fin de comprobar el funcionamiento de la programación desarrollada tanto para el autómatas programable como para el SCADA, se hará uso del simulador S7-PLCSim.

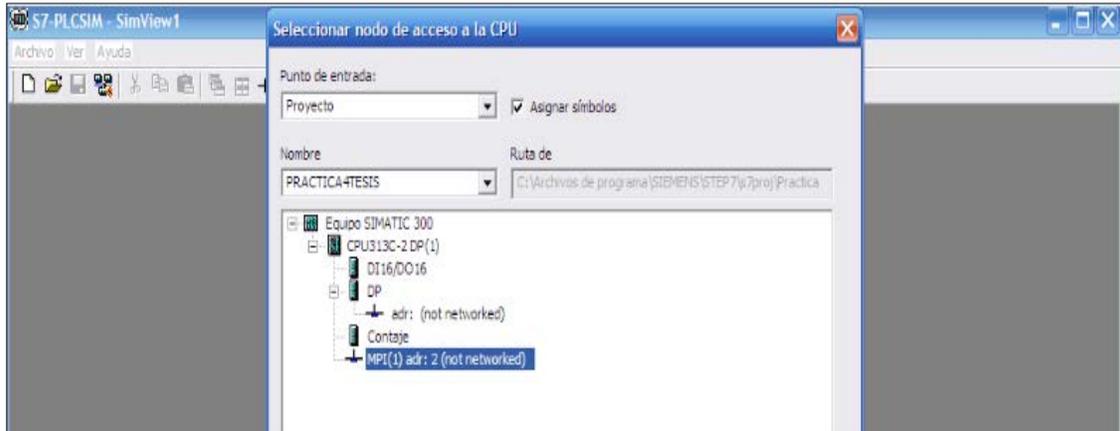
Para dar inicio al simulador cliquee en el menú “Herramientas” del administrador Simatic, y seleccione la opción “Simular módulos”, tal como se indica en la figura 5.67.



**Figura 5. 67 Inicio del simulador S7-PLCSim.**

Fuente: Propia.

Seguidamente aparecerá una ventana como la de la figura 5.68, donde se debe indicar el tipo de conexión, se escogerá la opción “MPI”.



**Figura 5. 68 Selección del tipo de conexión del simulador.**

Fuente: Propia.

Luego haga clic en aceptar y se mostrara el simulador, como en la figura 5.69.

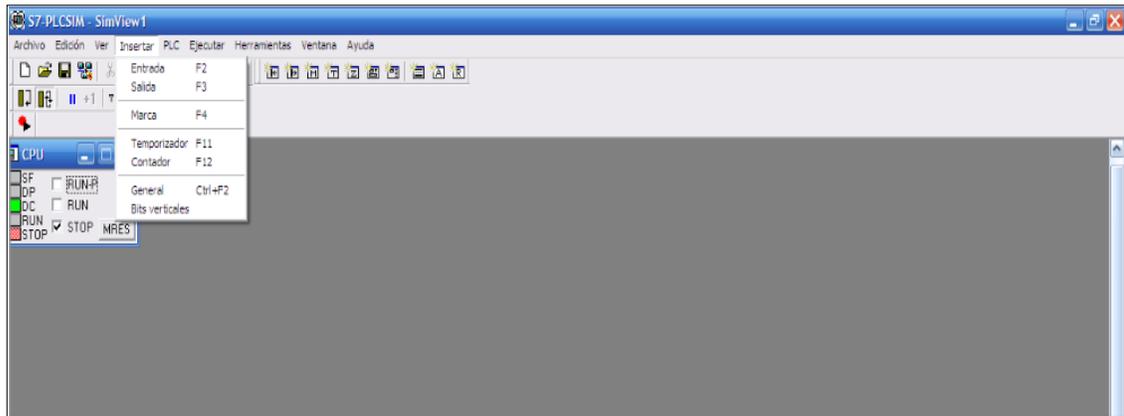


**Figura 5. 69 Simulador S7-PLCSim.**

Fuente: Propia.

Solo falta agregar los módulos de entrada o salida para poder forzar las entradas y visualizar las salidas, para ello haga clic en el menú “Insertar” (figura 5.70), y escoja según

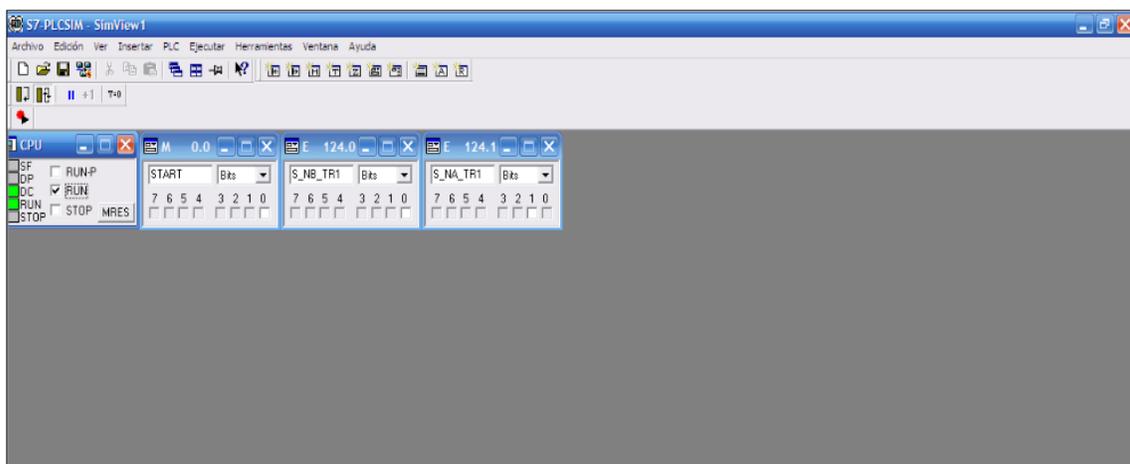
sea el caso la opción que desee insertar especificando si es una entrada, salida, o marca de memoria, y escriba la dirección correspondiente.



**Figura 5.70 Insertar objetos en el simulador.**

Fuente: Propia.

Inserte tantos objetos como necesite para poder simular la práctica, como se observa en el ejemplo de la figura 5.71, donde se inserto la marca de memoria M0.0, y las entradas E124.0 y E124.1.



**Figura 5. 71 Visualización de objetos en simulador.**

Fuente: Propia.



## 5.5 Desarrollo práctica # 2.

### 5.5.1 Programación del autómatas programable.

En el diagrama de flujo de las figuras 5.72 y 5.73, se muestra la metodología de solución de la empleada para realizar la programación de la práctica # 2, que se encuentra en el anexo D.

A continuación se muestra la tabla 5.3. Donde se encuentra el listado de variables utilizadas para la programación.

**Tabla 5. 3 Tabla de variables de la práctica 2.**

Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
<b>START</b>	M 0.1	Bool	Comienza el proceso
<b>STOP</b>	M 0.2	Bool	Detiene el proceso
<b>S_NB_TR1</b>	E 124.0	Bool	Sensor nivel bajo de TR1
<b>S_NA_TR1</b>	E 124.1	Bool	Sensor nivel alto de TR1
<b>S_NB_TT1</b>	E 124.2	Bool	Sensor nivel bajo de TT1
<b>S_NA_TT1</b>	E 124.3	Bool	Sensor nivel alto de TT1
<b>RESISTENCIA R1</b>	A 124.0	Bool	Salida digital que acciona el relé del calefactor
<b>SETPPOINT</b>	MW 155	Word	Contiene el valor del set point cargado en el wincc
<b>VALVULA1</b>	M 1.5	Bool	Estado de válvula 1
<b>VALVULA2</b>	M 1.6	Bool	Estado de válvula 2
<b>VALVULA3</b>	M 2.3	Bool	Estado de válvula 3
	M0.3	Bool	Alarma por nivel alto en TT1
	M0.7	Bool	
	M1.3	Bool	Si se activa la temperatura del proceso sobre paso el limite
	M0.4	Bool	
	MD160	Word	
	MD100	Dword	Contiene el valor de pew304
	MD104	Dword	Contiene el valor de pew304 en real
	MD108	Dword	Contiene el valor de md104/100.0
	MD112	Dword	Contiene el valor de md108+1
	MD116	Dword	Contiene el valor de md108-1



## CAPÍTULO V: COMPENDIO DE PRÁCTICAS



M0.7	Bool	Si se activa el valor del set point y la temperatura del proceso son iguales
M1.1	Bool	Si se activa se transfiere 20000 a paw290, es el 70% del valor nominal
M2.0	Bool	Se activa si se abren todas las válvulas y m0.7 está activa
M2.5	Bool	Si se activa se transfirió 0 a paw290
M1.2	Bool	Alarma por nivel bajo en TT1
M2.1	Bool	Falla de sensores TT1
M2.2	Bool	Falla de sensores TR1
M1.0	Bool	Alarma para abrir válvulas
M3.1	Bool	Alarma para cerrar válvulas
M3.2	Bool	Alarma para cerrar válvula de purga de TR1
M3.3	Bool	Alarma para cerrar válvula de purga de TT1
MW180	Word	Contiene el valor que representa el comportamiento de B03

Fuente: Propia.

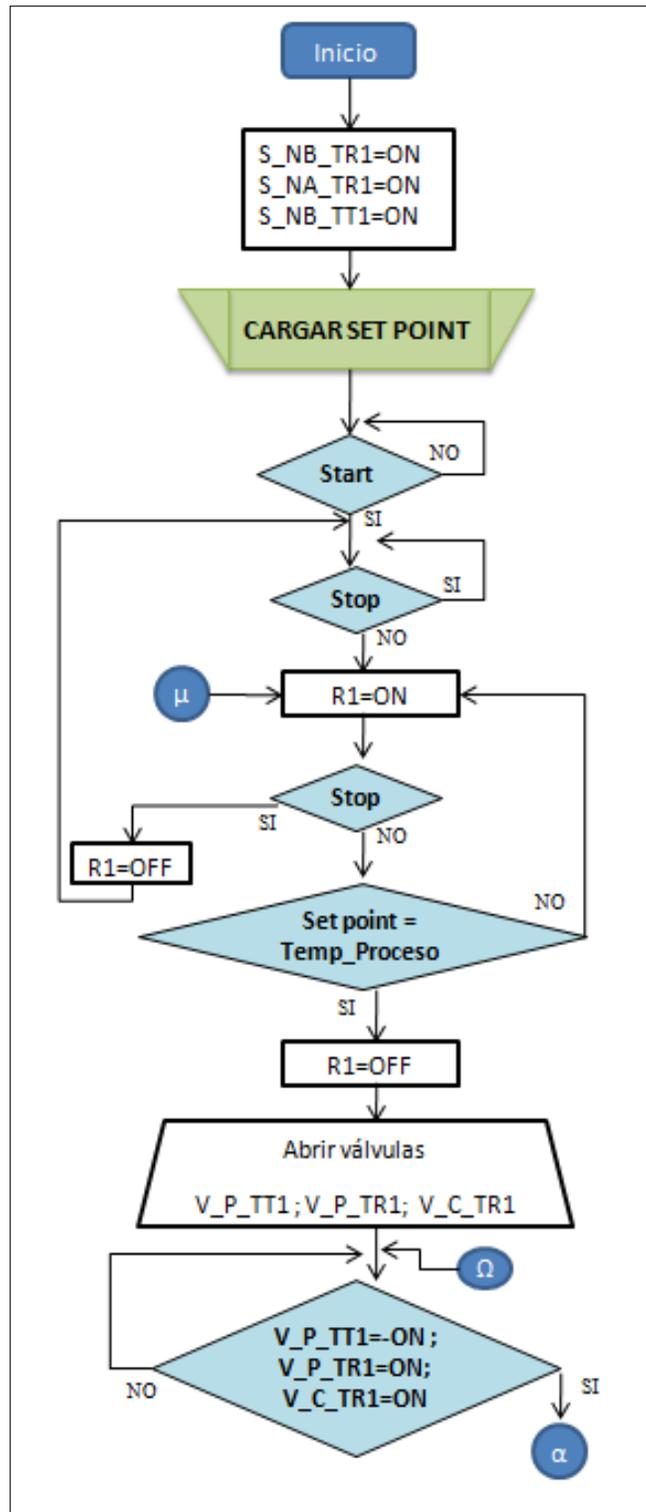


Figura 5. 72 Diagrama de flujo, práctica 2. Parte I.  
Fuente: Propia.

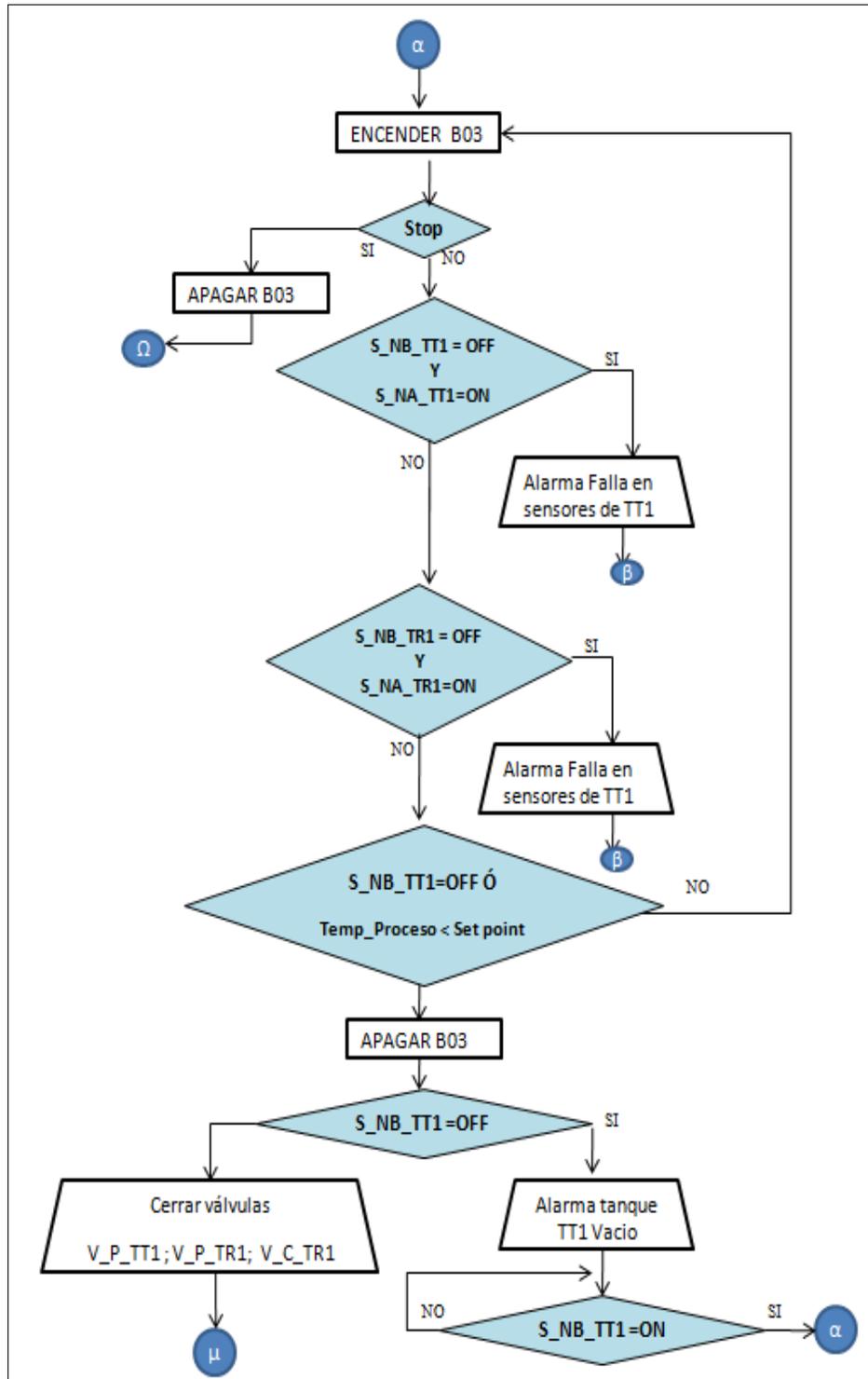


Figura 5. 73 Diagrama de flujo, práctica # 2. Parte II.  
Fuente: Propia.

### 5.5.2 Programación en el SCADA.

Las figuras 5.74, 5.75 y 5.76 muestran las pantallas elaboradas en Wincc para la práctica # 2.

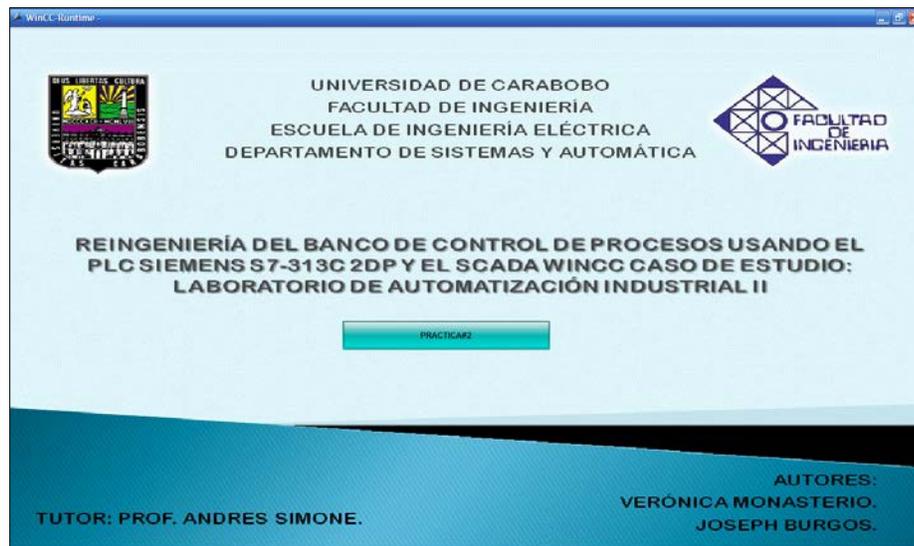


Figura 5. 74 Pantalla 1, práctica # 2.

Fuente: Propia.

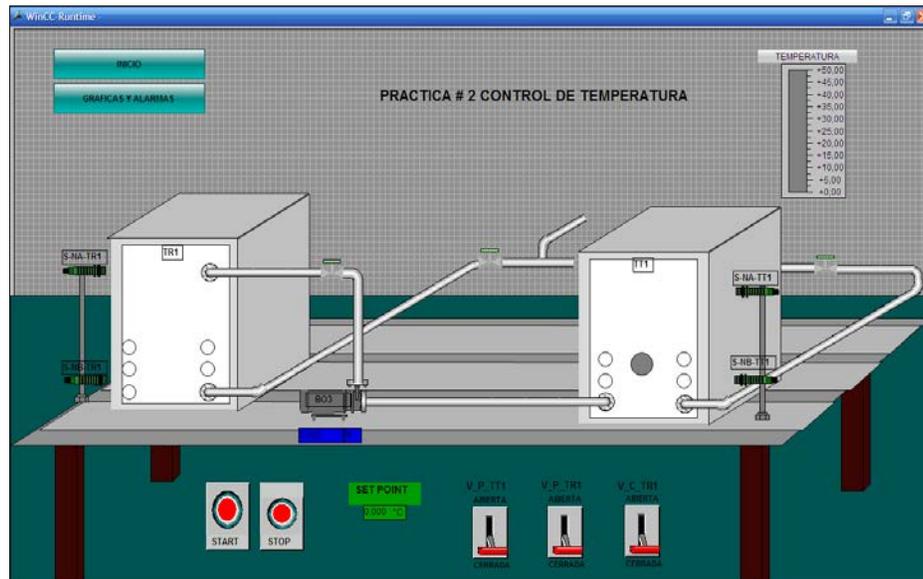
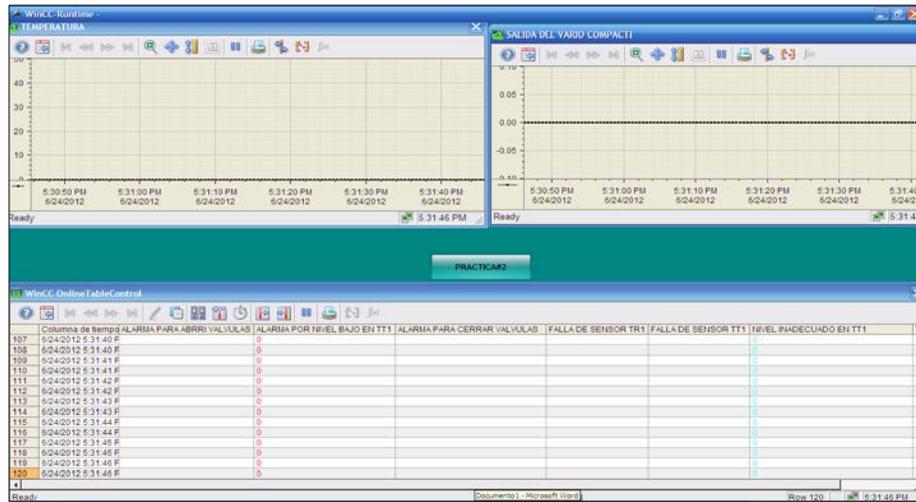


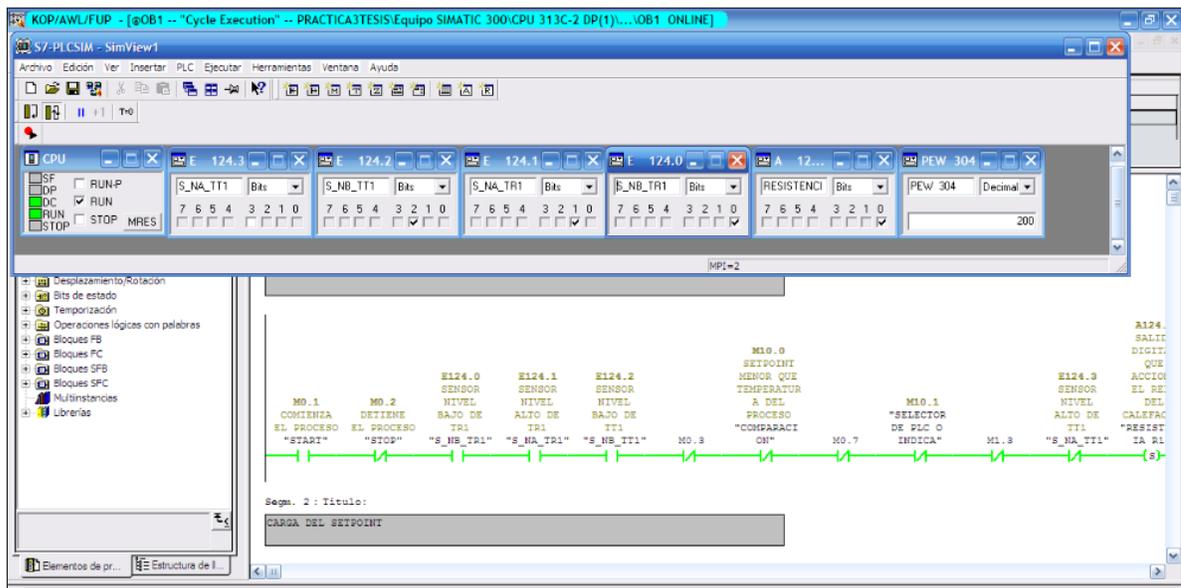
Figura 5. 75 Pantalla 2, práctica 2.

Fuente: Propia.



**Figura 5. 76 Pantalla 3, práctica 2.**  
Fuente: Propia.

A continuación se puede observar en la figura 5.77 una parte del proceso, tanto en el simulador como en la programación del autómata, y en la figura 5.78 la pantalla del SCADA para ese mismo momento.



**Figura 5. 77 Pantalla del simulador y del administrador Simatic, en un momento del proceso.**  
Fuente: Propia.

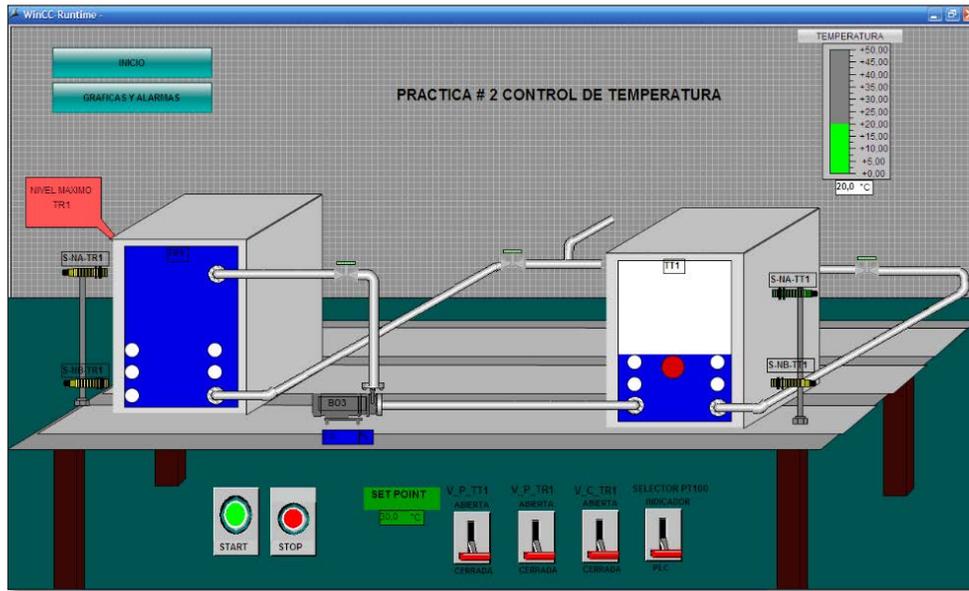


Figura 5. 78 Pantalla del SCADA para el momento de la figura 5.77.  
Fuente: Propia.

### 5.6 Desarrollo práctica # 3.

#### 5.6.1 Programación del autómata programable.

A continuación se muestra la tabla 5.4. Donde se encuentra el listado de variables utilizadas para la programación.

Tabla 5. 4 Tabla de variables de la práctica 3.

SIMBOLO	DIRECCION	TIPO DE DATOS	COMENTARIOS
NIVEL MINIMO DE TR3	M 0.2	BOOL	SI SE ACTIVA TR3 TIENE SU NIVEL MAS BAJO
S_NA_TR1	E 124.3	BOOL	SENSOR NIVEL ALTO DE TR1
S_NA_TR2	E 124.1	BOOL	SENSOR NIVEL ALTO DE TR2
S_NB_TR1	E 124.2	BOOL	SENSOR NIVEL BAJO DE TR1
S_NB_TR2	E 124.0	BOOL	SENSOR NIVEL BAJO DE TR2
SELECTOR1	M 3.4	BOOL	ESTADO DE SELECTOR 1
SELECTOR2	M 3.5	BOOL	ESTADO DE SELECTOR 2
START	M 0.0	BOOL	INICIA EL PROCESO
STOP	M 0.1	BOOL	DETIENE EL PROCESO
VALVULA4	M 2.5	BOOL	ESTADO DE VÁLVULA 4
VALVULA6	M 2.1	BOOL	ESTADO DE VÁLVULA 6
VALVULA8	M 1.7	BOOL	ESTADO DE VÁLVULA 8



	M0.4	BOOL	APAGA B01
	M1.1	BOOL	SI SE ACTIVA CAPACIDAD MAXIMA DE TR3
	M2.0	BOOL	ESTADO DE VÁLVULAS PARA B02
	M2.2	BOOL	ESTADO DE VÁLVULA 6 PARA B01
	M0.3	BOOL	ENCIENDE B01
	MD100	DWORD	CONTIENE EL VALOR DE PE304 EN DOBLE INTEGER
	MD105	DWORD	CONTIENE MD100 EN REAL
	M3.3	BOOL	SI SE ACTIVA SE MOVIO 20000 A PAW290
<b>Control_proporcional</b>	M5.7	BOOL	ACTIVA EL CONTROL PROPORCIONAL
	M0.6	BOOL	ENCIENDE B02
	M0.5	BOOL	SE MOVIO 20000 A PAW290
	M0.7	BOOL	SI SE ACTIVA SE APAGA B02
	M1.3	BOOL	FALLA EN SENSORES DE TR2
	M1.4	BOOL	FALLA EN SENSORES DE TR1
	M1.5	BOOL	NIVEL DE SUCCION INADECUADOS EN TR2
	M1.6	BOOL	NIVEL DE SUCCION INADECUADOS EN TR1
	M1.2	BOOL	SI SE ACTIVA INDICA ERROR EN CONEXION DE S_PD_TR3
	M5.0	BOOL	SIMULAR B02 NEN EL WINCC
	M5.1	BOOL	SIMULAR B01 NEN EL WINCC
	M5.2	BOOL	TUBERIAS EN EL WINCC
	M6.0	BOOL	ALARMA FALTA LLENAR TR2
	M6.1	BOOL	ALARMA FALTA LLENAR TR1

Fuente: Propia.

En el diagrama de flujo de las figuras 5.79 y 5.80, se muestra la metodología de solución de la empleada para realizar la programación de la práctica # 2. El programa se puede observar en el anexo E.

Para el desarrollo de esta práctica se utilizó el bloque PID, en el anexo H, se encuentra la explicación detallada de cómo configurarlo.

El parámetro  $K_c$ , fue extraído del proyecto de grado titulado: “REINGENIERIA DEL BANCO DIDACTICO DE CONTROL DE PROCESOS DE FESTO C.A”. [1].

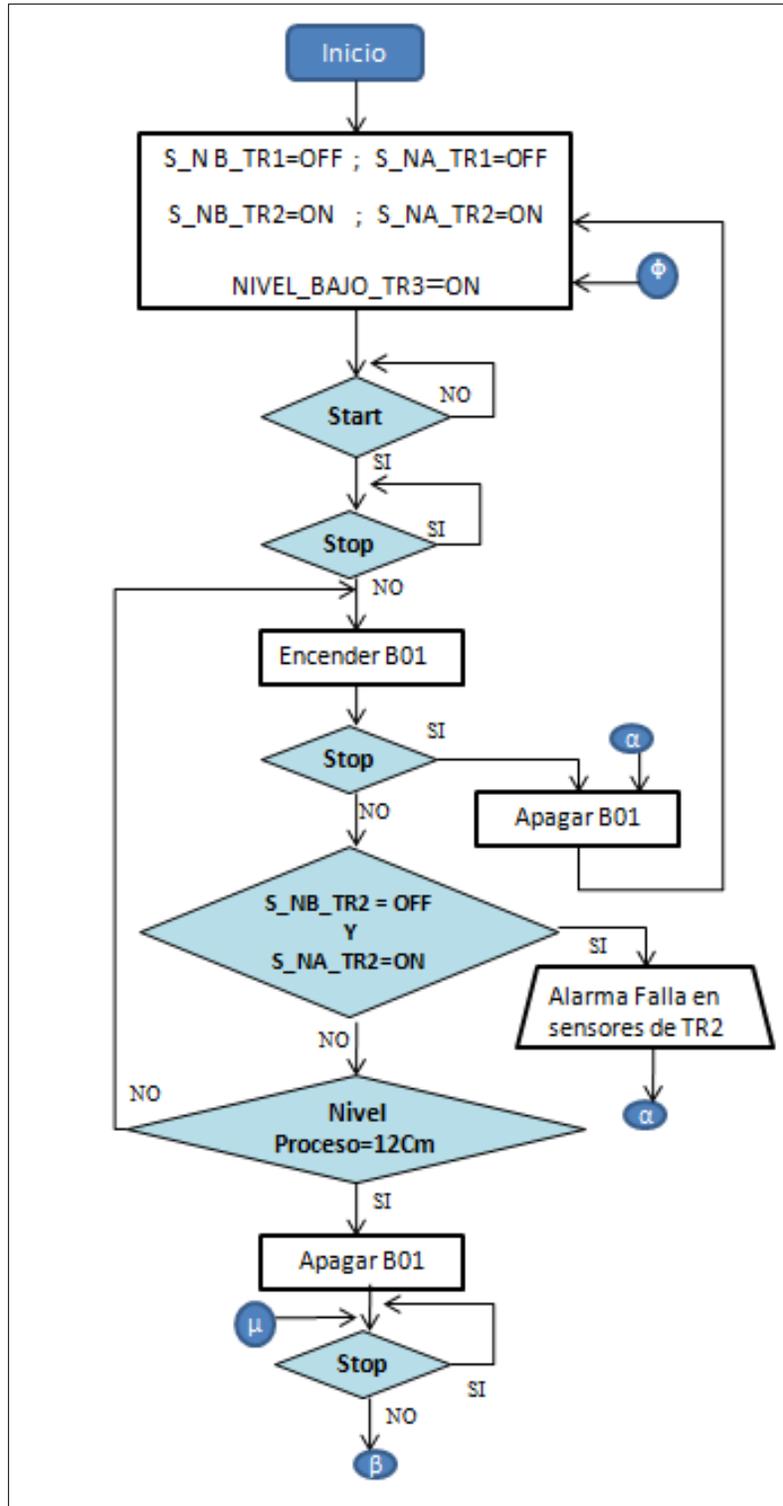


Figura 5. 79 Diagrama de flujo, práctica 3. Parte I.  
Fuente: Propia.

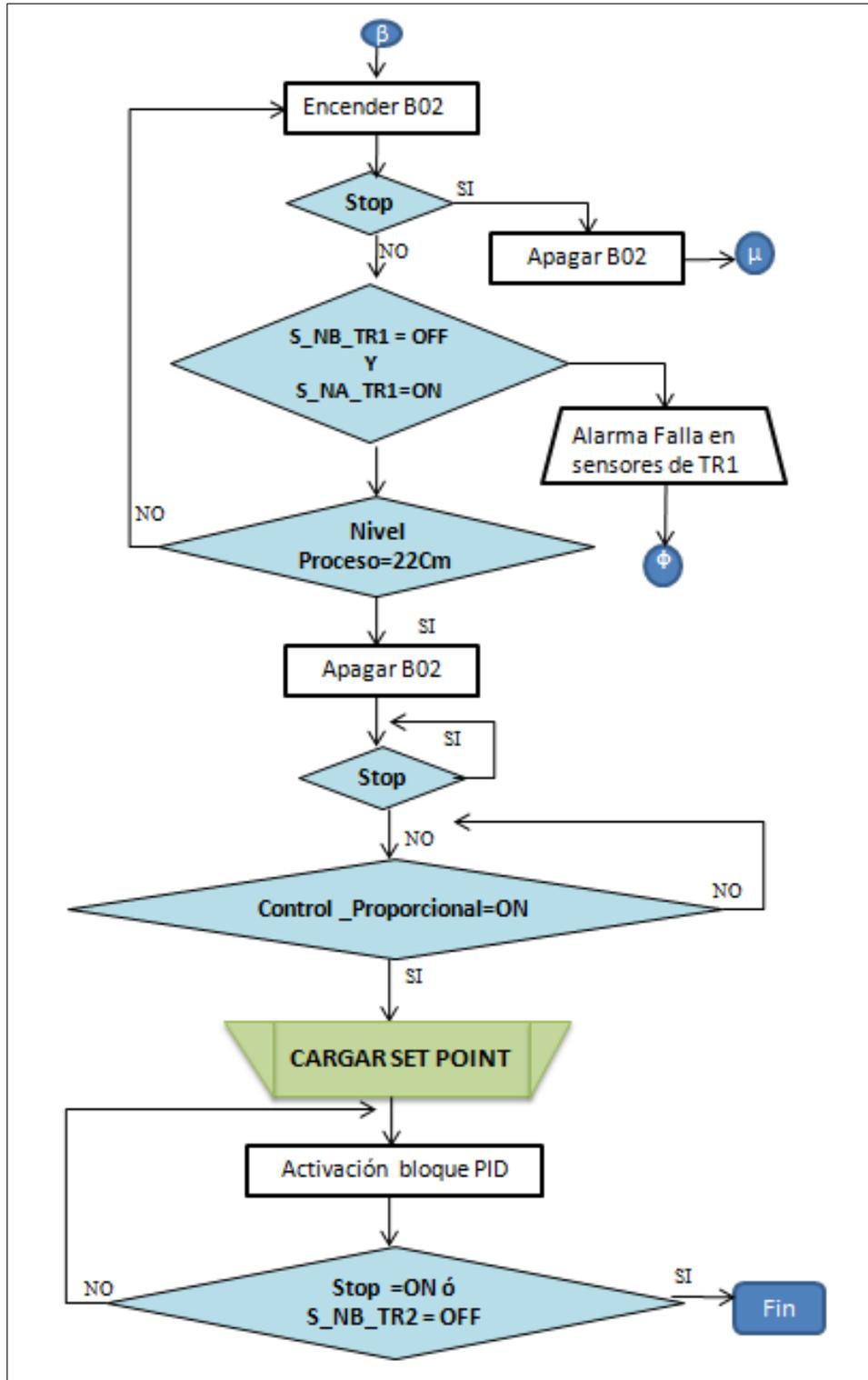


Figura 5. 80 Diagrama de flujo, practica 3. Parte I.

Fuente: Propia.

### 5.6.2 Programación en el SCADA.

Las figuras 5.81, 5.82 y 5.83 muestran las pantallas elaboradas en Wincc para la práctica # 2.

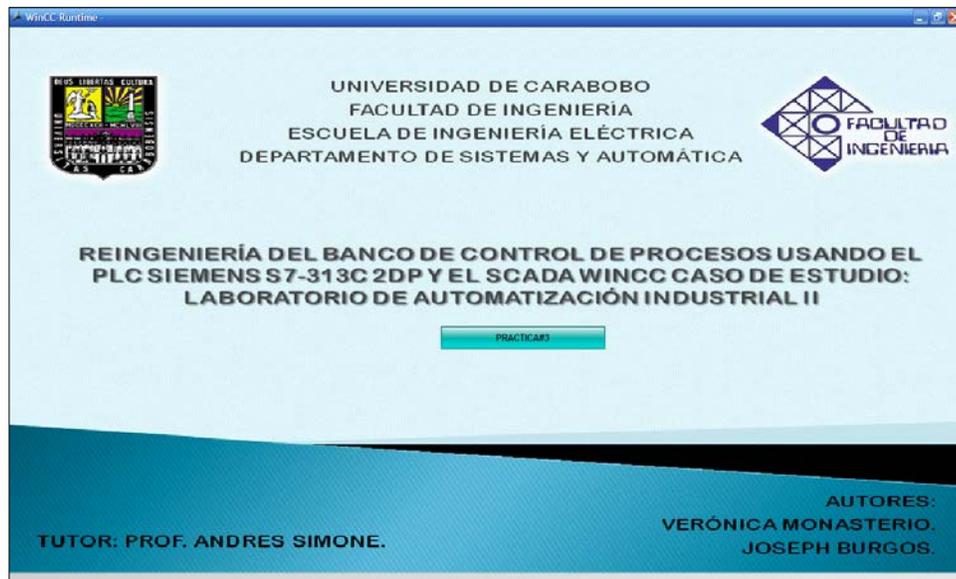


Figura 5. 81 Pantalla 1, práctica 3.  
Fuente: Propia.

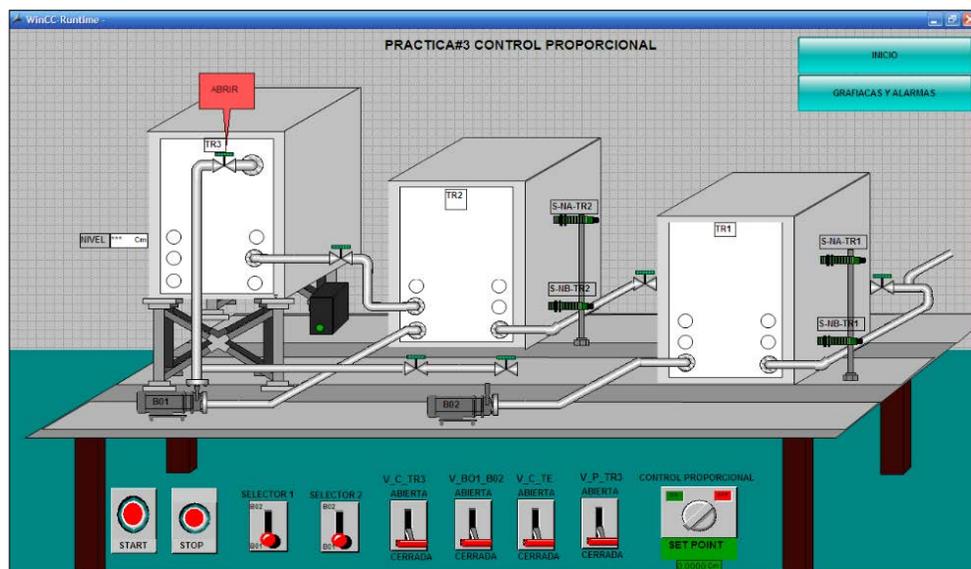


Figura 5. 82 Pantalla 2, práctica 3.  
Fuente: Propia.

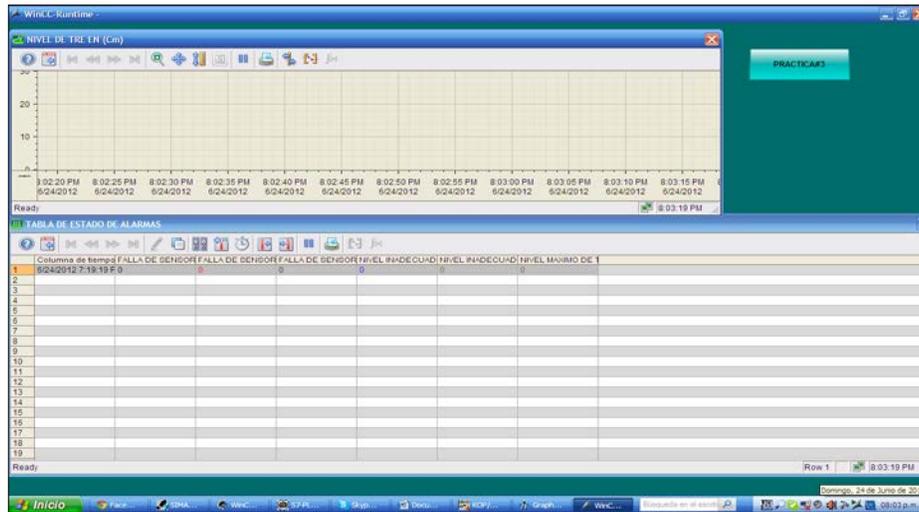


Figura 5. 83 Pantalla 3, práctica 3.

Fuente: Propia.

A continuación se puede observar en la figura 5.84 una parte del proceso, tanto en el simulador como en la programación del autómeta, y en la figura 5.85 la pantalla del SCADA para ese mismo momento.

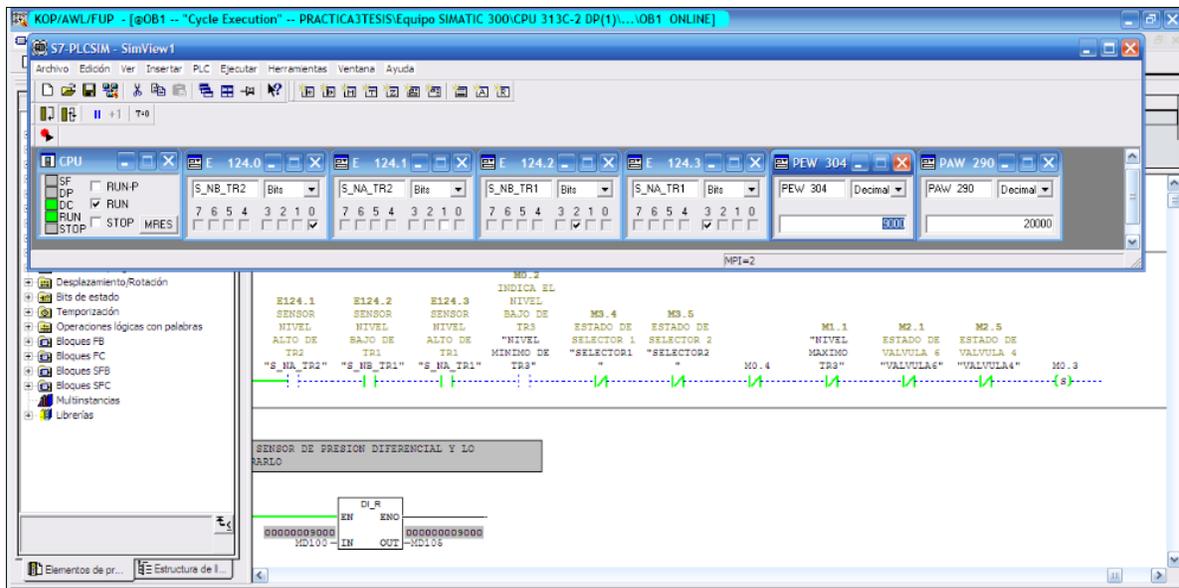


Figura 5. 84 Pantalla del simulador y del administrador Simatic, en un momento del proceso.

Fuente: Propia.

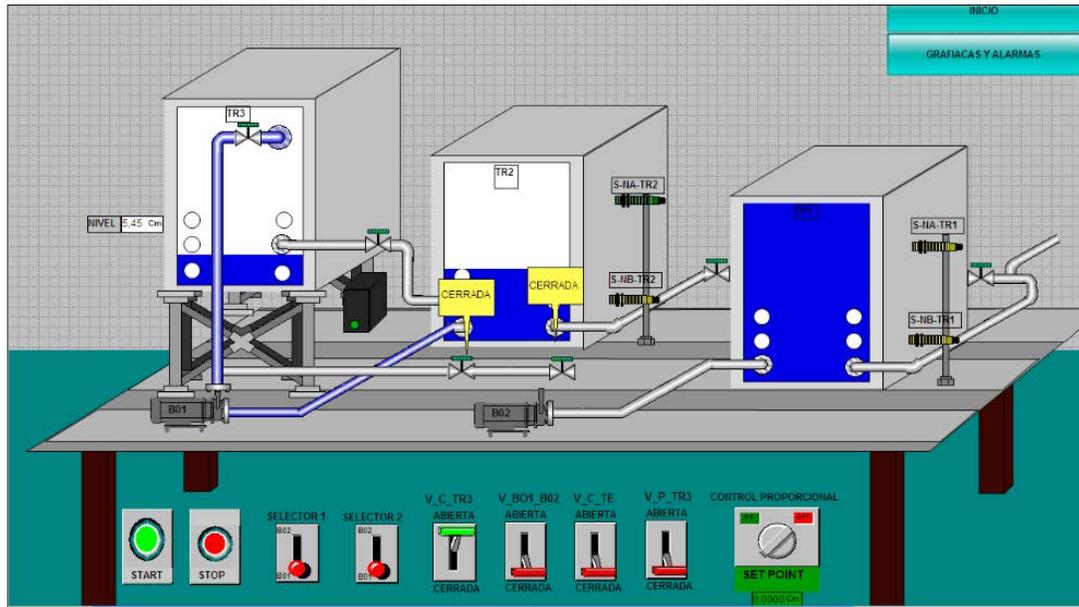


Figura 5. 85 Pantalla del SCADA para el momento de la figura 5.84.  
Fuente: Propia.

### 5.7 Desarrollo práctica # 4.

#### 5.7.1 Programación con el autómata programable.

A continuación se muestra la tabla 5.5. Donde se encuentra el listado de variables utilizadas para la programación de la práctica # 4, ver programación anexo F.

Tabla 5. 5 Tabla de variables de la práctica 4.

SIMBOLO	DIRECCION	TIPO DE DATOS	COMENTARIO
S_NA_TR1	E 124.1	BOOL	SENSOR NIVEL ALTO DE TR1
S_NA_TR2	E 124.3	BOOL	SENSOR NIVEL ALTO DE TR2
S_NB_TR1	E 124.0	BOOL	SENSOR NIVEL BAJO DE TR1
S_NB_TR2	E 124.2	BOOL	SENSOR NIVEL BAJO DE TR2
SELECTOR1	M 3.5	BOOL	INDICA ESTADO DE SELECTOR 1
SELECTOR2	M 3.6	BOOL	INDICA ESTADO DE SELECTOR 2
START	M 0.0	BOOL	INICIA EL PROCESO
STOP	M 0.1	BOOL	DETIENE EL PROCESO
TUBERIA	M 3.4	BOOL	ANIMACION PARA EL WINCC
V1	M 0.5	BOOL	ESTADO DE LA VÁLVULA 1
V2	M 0.3	BOOL	ESTADO DE LA VÁLVULA 2
V3	M 0.7	BOOL	ESTADO DE LA VÁLVULA 3



	M1.5	BOOL	ENCIENDE B02
<b>NIVEL_BAJO_TE</b>	M0.2	BOOL	SI SE ACTIVA EL TE TIENE SU NIVEL MAS BAJO
	M3.1	BOOL	SI SE ACTIVA INDICA NIVEL MAXIMO DE TR2
	MD100	DWORD	CONTIENE EL VALOR DE PEW304 EN DOBLE INTEGER
	MD105	DWORD	CONTIENE EL VALOR DE MD100 EN REAL
	M1.6	BOOL	SE TRANSFIRIO EL VALOR DESEADO POR EL USUARIO A PAW290
	M1.7	BOOL	USO INTERNO DEL WINCC(ANIMACION DE TUBERIA)
	M2.0	BOOL	APAGAR B02
	M0.4	BOOL	MENSAJE EN EL WINCC CERRADA V2
	M1.2	BOOL	MENSAJE EN EL WINCC ABIERTA V2
	M0.6	BOOL	MENSAJE EN EL WINCC ABIERTA V1
	M1.3	BOOL	MENSAJE EN EL WINCC CERRADA V1
	M1.0	BOOL	MENSAJE EN EL WINCC CERRADA V3
	M1.4	BOOL	MENSAJE EN EL WINCC ABIERTA V3
	M2.1	BOOL	FALLA EN SENSORES DE TR1
	M2.2	BOOL	NIVEL MAXIMO TR1
	M2.3	BOOL	NIVEL INADECUADO DE TR1
	M2.4	BOOL	CONDICIONES PARA ENCENDER B01
	M2.5	BOOL	SE TRANSFIRIO EL VALOR DESADO POR EL USUARIO A PAW290
	M2.6	BOOL	ANIMACIO DE TUBERIA
	M2.7	BOOL	APAGAR B01
	M3.0	BOOL	FALLA EN SENSORES DE TR2
	M3.1	BOOL	NIVEL MAXIMO DE TR2
	M3.2	BOOL	NIVEL DE SUCCION INADECUADO EN TR2
	M3.3	BOOL	FALLA EN SENSOR DE PRESION DIFERENCIAL
	M3.7	BOOL	ALARMA PARA LLENAR TR1
	M4.0	BOOL	ALARMA PARA LLENAR TR2
<b>Control_PID</b>	M10.0	BOOL	Activa el control PID

Fuente: Propia.

En el diagrama de flujo de las figuras 5.86 y 5.87, se muestra la metodología de solución de la empleada para realizar la programación de la práctica # 2. Los parámetros  $K_c$ ,  $T_d$  y  $T_i$  fueron extraídos del proyecto de grado titulado: “REINGENIERIA DEL BANCO DIDACTICO DE CONTROL DE PROCESOS DE FESTO C.A”. [1].

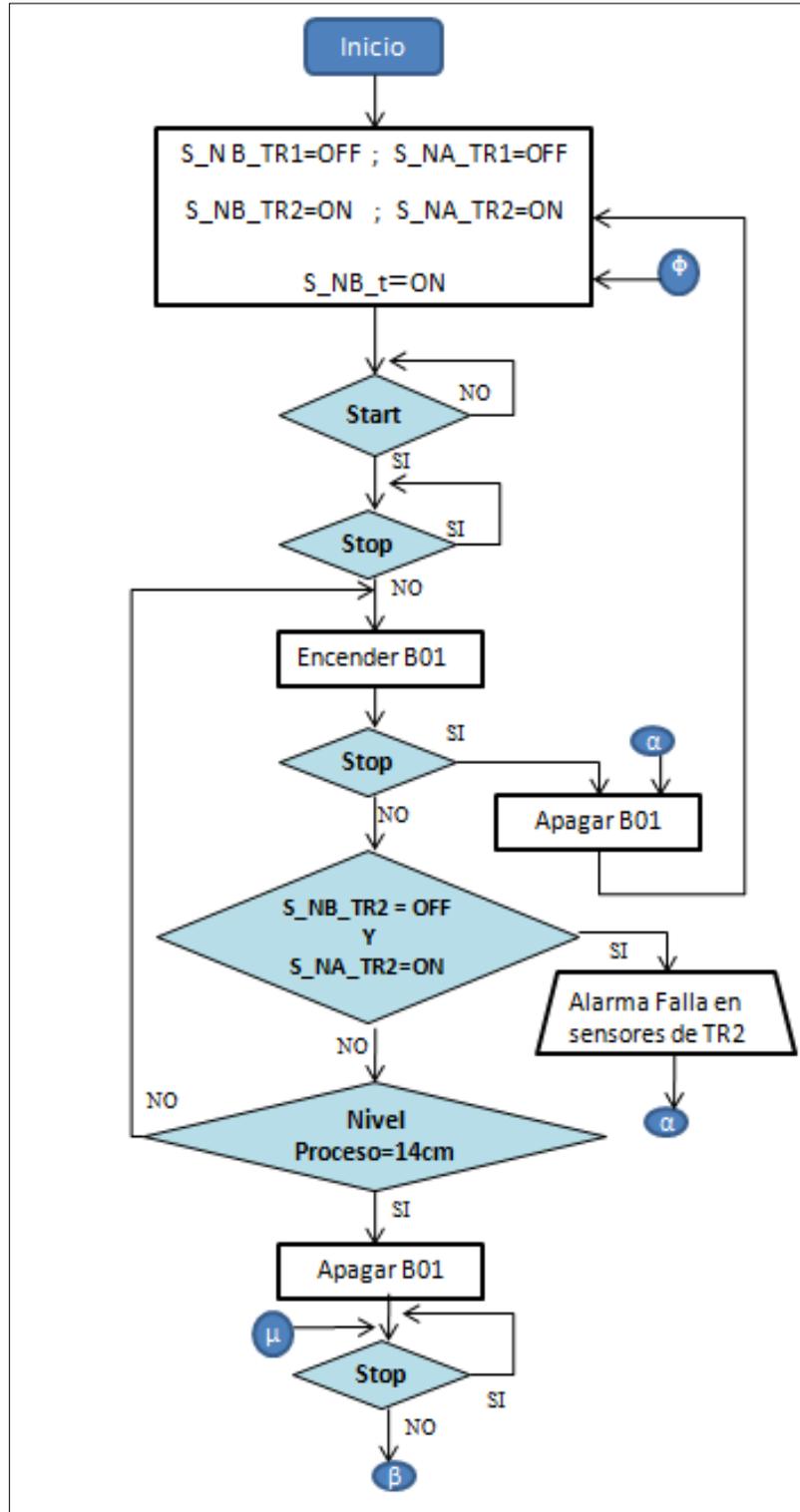


Figura 5. 86 Diagrama de flujo, practica 4. Parte I.

Fuente: Propia.

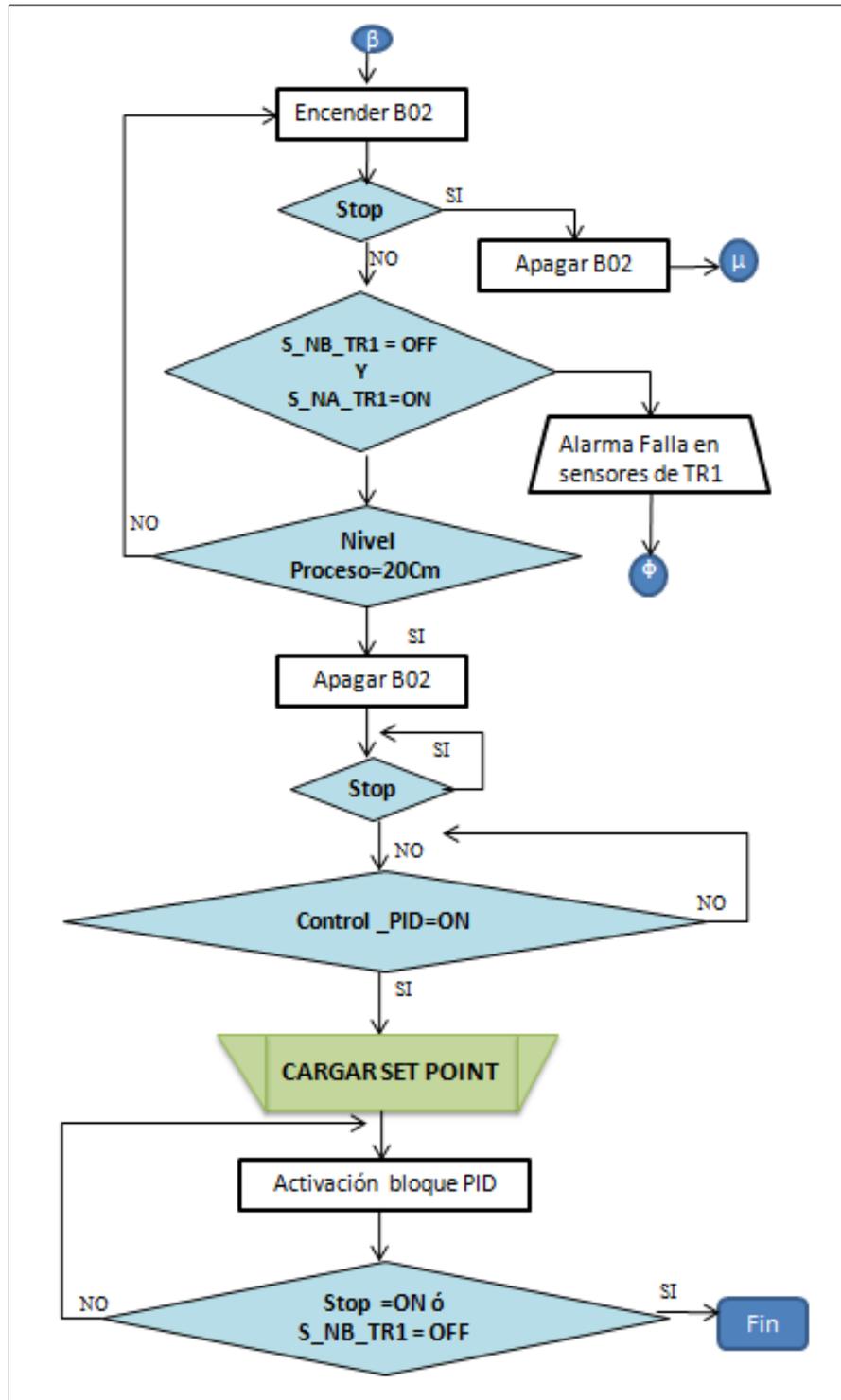


Figura 5. 87 Diagrama de flujo, práctica 4. Parte II.

Fuente: Propia.

### 5.7.2 Programación en el SCADA.

Las figuras 5.88, 5.89 y 5.90 muestran las pantallas elaboradas en Wincc para la práctica # 2.

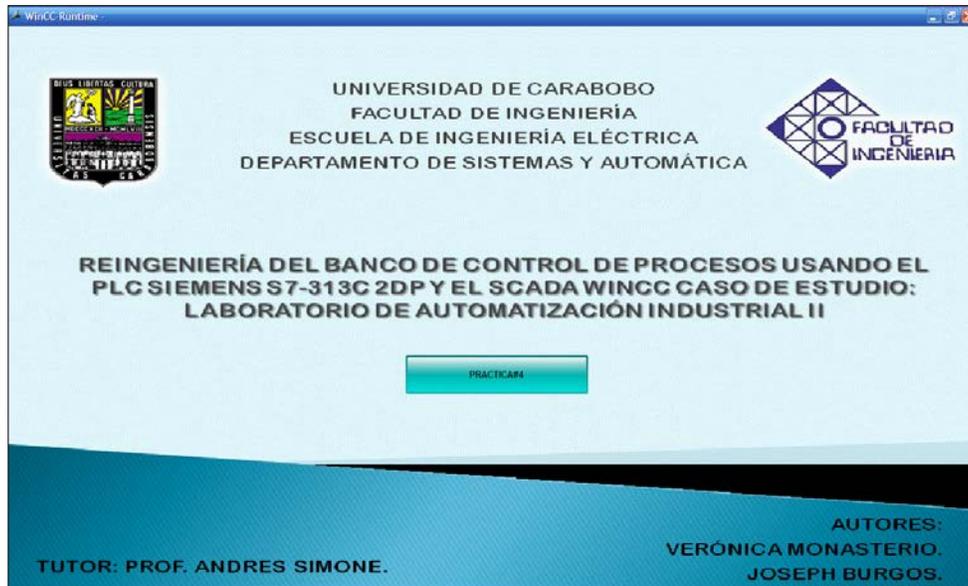


Figura 5. 88 Pantalla 1, práctica 4.  
Fuente: Propia.

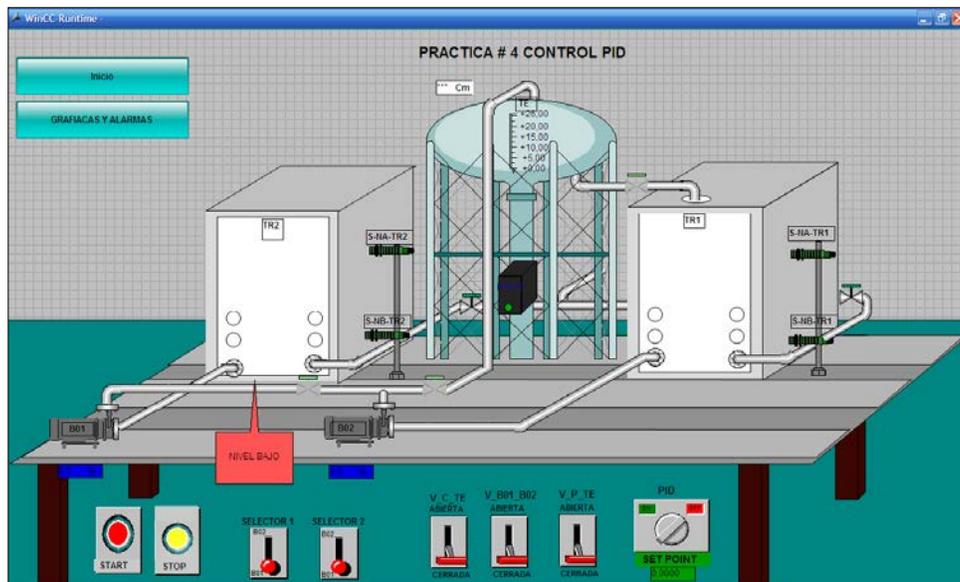
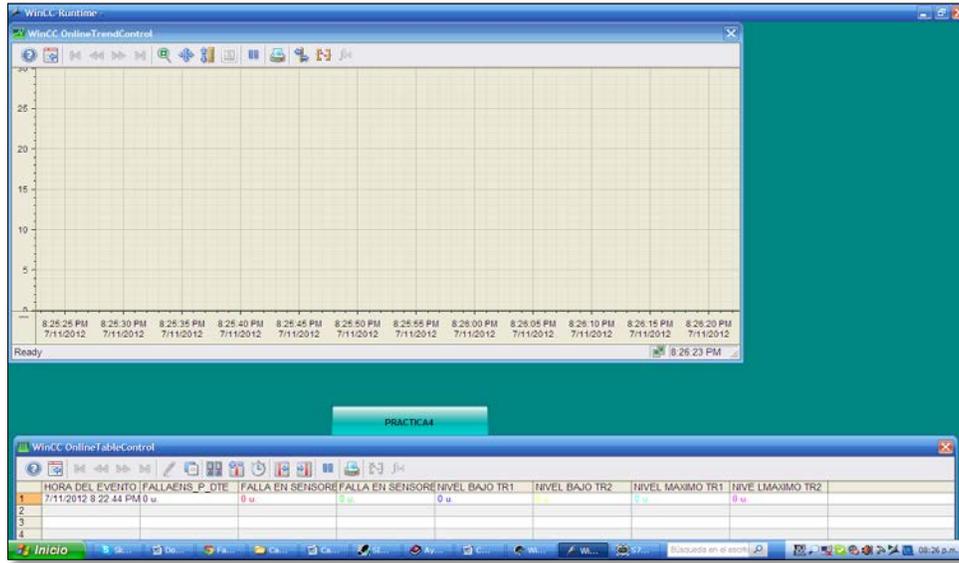
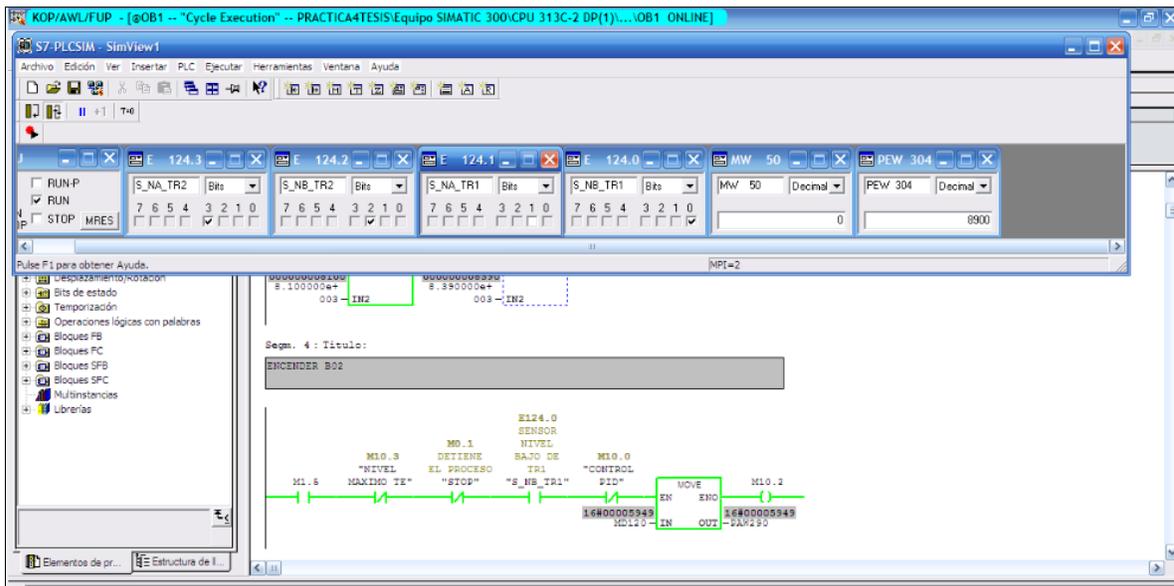


Figura 5. 89 Pantalla 2, práctica 4.  
Fuente: Propia.



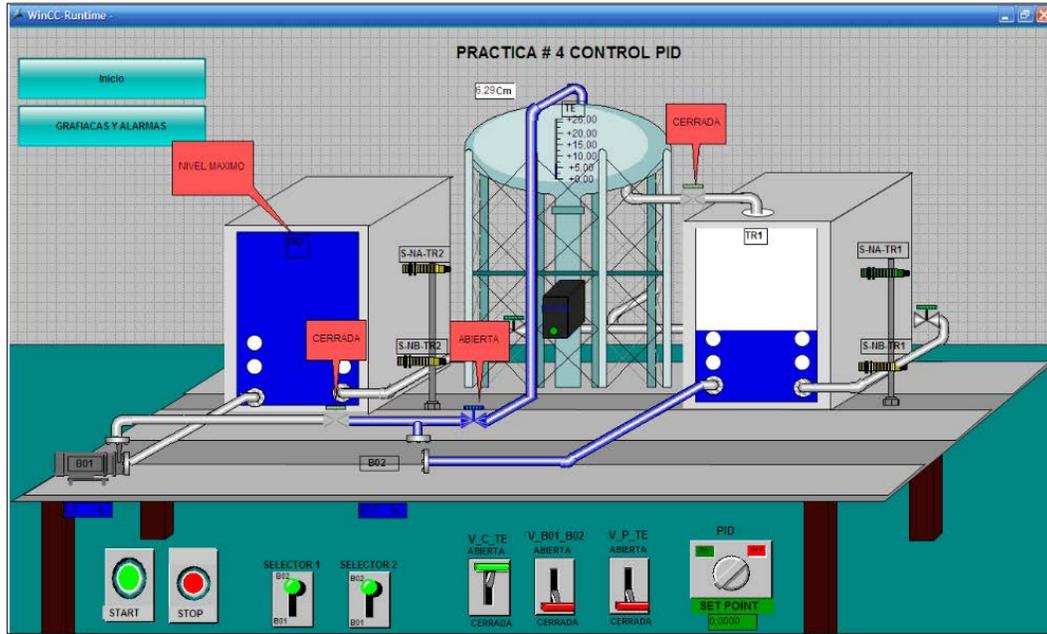
**Figura 5. 90 Pantalla 3, práctica 4.**  
Fuente: Propia.

A continuación se puede observar en la figura 5.91 una parte del proceso, tanto en el simulador como en la programación del autómatas, y en la figura 5.92 la pantalla del SCADA para ese mismo momento.



**Figura 5. 91 Pantalla del simulador y del administrador Simatic, en un momento del proceso.**

Fuente: Propia.



**Figura 5. 92** Pantalla del SCADA para el momento de la figura 5.91.  
Fuente: Propia.



---

## CONCLUSIONES.

Para lograr el objetivo principal de este trabajo fue necesario diagnosticar una serie de fallas, realizar las modificaciones que se requerían para atacar cada una de las fallas identificadas. Primeramente se diseñó una estructura para las bases de aluminio, que proporcionaron un sistema de fijación firme; se realizó mantenimiento al banco que consistió en una limpieza a las bases de aluminio y a los tanques; también se reemplazaron todos los cables en mal estado; se colocaron tapas a los tanques rectangulares; se desincorporó el PLC TSX Micro y el transmisor de presión diferencial. Se instaló una nueva tubería, que interconecta todos los tanques y las bombas disponibles, y se incorporaron dos sensores de presión diferencial, logrando tener el banco totalmente operativo para realizar el control automatizado.

Además se realizó el diseño y construcción de una bornera de conexión para el banco, la cual permite el acceso a todas las variables de proceso con cualquiera de los PLC disponibles en el laboratorio, facilitando así la ejecución de diferentes prácticas que formaran parte del desarrollo del aprendizaje de los estudiantes.

Se elaboró un compendio de prácticas, utilizando el programador de PLC Administrador Simatic, el SCADA Wincc y el simulador S7\_PLCSim, en el cual contiene información detallada de cada uno de los pasos necesarios para realizar la configuración del PLC, la programación del SCADA, y la simulación, siendo esto una guía para los alumnos al momento de desarrollar las prácticas.

Esta reingeniería tiene especial importancia desde el punto de vista didáctico, ya que por una parte le facilitará al estudiante el manejo y control de un prototipo de un proceso industrial, mediante la configuración y programación de un autómata programable y un programa de supervisión y control, de manera de poder afianzar los conocimientos teóricos obtenidos, de forma práctica y real.

Al mismo tiempo, puede ser empleado como herramienta de enseñanza utilizada por el docente, ya que se pueden realizar prácticas como parte del desarrollo de aprendizaje para el estudiante en términos de control de proceso permitiéndole al



## CONCLUSIONES



docente evaluar los conocimientos adquiridos por el estudiante de una manera más práctica.

Finalmente es necesario resaltar, que con este proyecto se proporciona una gran herramienta al estudiante para fortalecer su proceso de aprendizaje en asignaturas como Automatización Industrial I, Automatización Industrial II y Control de Procesos por Computadora, ya que no dependerán de tener el autómatas conectado para poder desarrollar, comprobar y efectuar cambios en los programas deban realizar a lo largo del contenido de las mencionadas asignaturas.



## RECOMENDACIONES.



---

### RECOMENDACIONES.

- ✓ Incorporar un variocompact para cada bomba.
- ✓ Agregar un agitador para el modulo de temperatura.
- ✓ Reemplazar las válvulas manuales por electroválvulas.
- ✓ Programar con TIA portal Step 7 basic V10.5 o superior.
- ✓ No dejar más de 10 minutos succionando la bomba en vacio.
- ✓ No sobre pasar más de 45 grados centígrados en el modulo de temperatura.