

**SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN PLANTAS PILOTOS DEL
LABORATORIO DE CONTROL AUTOMATICO**

**JACK SYRON PATERNINA GOMEZ
PEDRO HERAZO MENDOZA
SCHNEYDER MAZA VELLOJIN**

Monografía para optar a los Títulos de Ingeniero Mecatrónico & Ingeniero Electrónico

**JORGE ELIÉCER DUQUE PARDO
Magister en Ingeniería Electrónica
Director**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
MINOR EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARTAGENA DE INDIAS
2009**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por estar siempre a mi lado, haciendo posible los proyectos de mi vida. A mis padres Pedro Herazo Mesa y Arcelia Mendoza Barrios por su apoyo y confianza; a mis hermanas Karen y Angélica, por su interés. A todas aquellas personas que nos han apoyado en los aspectos técnicos del proyecto, tanto personal de la Universidad como estudiantes, ya que este significo una gran ayuda para la culminación de este trabajo; gracias a demás familiares, amigos, compañeros de trabajo, compañeros de estudio, profesores ya que gracias a todas esas experiencias compartidas, logro culminar esta importante etapa.

Pedro Herazo Mendoza

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios a por su ayuda incondicional en cada etapa de esta vida, a Mis padres Sofía Gómez y Augusto Paternina por el apoyo que me brindaron a lo largo de este camino. Por haberme brindado la oportunidad de esta gran experiencia. A mis hermanas Jacqueline, Jinela, a mi novia Yuliana Puerta por todo su apoyo, a mi familia, abuelos, tíos, primos, sobrinos, a todos ustedes que quiero, al profesorado de la UTB por las lecciones impartidas y a mis compañeros por el trabajo en equipo.

Jack Syron Paternina Gómez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la santísima trinidad Padre Hijo y Espíritu, por estar siempre a mi lado guiándome en el camino de la vida. A mis padres Edgardo Maza y Georgina Vellojin por su fe infranqueable hacia mi, a mi señora esposa Ludys Ruiz por el amor y la paciencia que han hecho de nuestra relación un regocijo, a mis hijos por llenar mi vida de alegría. A todas aquellas personas que han aportado su grano de arena en mi meta personal, familiares, amigos, compañeros de trabajo, compañeros de estudio, profesores ya que gracias a las experiencias vividas con ellos he fortalecido mi conocimiento profesional y mi carácter.

Agradezco a mis compañeros por haberme tenido en cuenta en la elaboración de nuestro proyecto de grado que culminamos exitosamente.

Schneyder Maza Vellojin

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. SISTEMAS SCADA	3
1.1 Descripción de Procesos	5
1.1.1 Planta piloto control de presión	5
1.1.2 Planta piloto control intercambiador de calor	8
1.1.3 Planta piloto control de nivel.....	10
1.2 Arquitectura SCADA del Laboratorio de Control de la UTB.....	12
1.3 Pirámide de la Automatización en el Laboratorio de Control de la UTB	13
1.3.1 Nivel de Campo (Sensores y Actuadores).....	13
1.3.2 Nivel de control.....	14
1.3.3 Nivel de supervisión.....	14
2. CONFIGURACION DE LA RED PROFIBUS	15
2.1 Topología de la Red	15
2.2 Elementos de la Red	16
2.2.1 PLC maestro S7-300	16
2.2.2 PLC esclavo S7-200.....	17
2.2.3 Medios de transmisión.....	18
2.2.3.1 Cable PROFIBUS	19
3. INSTALACION DEL SOFTWARE	22
3.1 Instalación de Microsoft Message Queuing.....	25
3.2 Instalación de Microsoft SQL Server 2005	29
3.3 Instalación de WinCC V6.2.....	33
3.4 Instalación de Step 7 V5.4 SP2.....	37
3.5 Instalación de Licencias.....	41
4. CONFIGURACION Y PROGRAMACION DE LOS PLC	43
4.1 Transferencia de información entre los PLC Esclavos y el Maestro.....	43
4.2 Programación de los PLC esclavos con el software Microwin.....	52
4.2.1 Planta piloto Intercambiadora de Calor.....	52
4.2.2 Planta piloto de control de nivel de Tanques en paralelo	55

4.2.3 Planta piloto de control de Presión	57
4.2.4 Planta piloto de control de nivel de Tanques en serie	58
4.3 Configuración y Programación del PLC Maestro con el Software STEP	59
4.3.1 Crear nuevo Proyecto en el Administrador Simatic	59
4.3.2 Insertar Equipo Maestro S7 300	62
4.3.3 Configuración del Hardware	63
4.3.4 Insertar objetos hardware del maestro	64
4.3.5 Configuración de la Interfaz DP	66
4.4 Direccionamiento de los PLC Esclavos S7-200.....	68
4.5 Configuración de la Interfase Profibus.....	69
4.5.1 Insertar PLC Esclavos al Bus de Campo.....	71
4.5.2 Propiedades del Esclavo DP	75
4.5.3 Cargar en Modulo.....	77
4.6 Programación del PLC maestro S7-300	80
5. DISEÑO DEL HMI	85
5.1 Iniciar WinCC Explorer	86
5.2 Creación de un Nuevo Proyecto.....	87
5.3 Agregar Driver de Comunicación.....	89
5.4 Crear Variables.....	91
5.5 Editor Grafico (Graphics Designer).....	96
5.6 Panel de Tendencias.....	111
5.6.1 Gráficos de Tendencias.....	111
5.6.2 Características.....	111
5.7 Paneles HMI terminados	112
6. PRACTICA DE LABORATORIO.....	116
6.1 Configuración y Programación en STEP7	117
6.2 Diseño del HMI en WinCC.....	127
6.2.1 Establecer las Variables	127
6.2.2 Diseñar y Configurar los Leds	128
6.2.3 Configuración de Botones	130
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	134

ANEXO..... 137

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la planta control de presión	6
Figura 2. Esquema de la planta intercambiadora de calor	8
Figura 3. Esquema de la planta control de nivel.....	10
Figura 4. Pirámide de la Automatización	13
Figura 5. Topología de la Red	15
Figura 6. PLC Maestro S7-300	16
Figura 7. PLC Esclavo S7-200	18
Figura 8. Conectores de cableado PROFIBUS	19
Figura 9. Cable de red PROFIBUS.....	19
Figura 10. Diagrama de la red Profibus del Laboratorio de Control.....	20
Figura 11. Panel de Control.....	25
Figura 12. Agregar o Quitar Programas	26
Figura 13. Asistente para Componentes de Windows	27
Figura 14. Agregar Message Queue Server	28
Figura 15. Setup SQL Server 2005	29
Figura 16. Condiciones del Acuerdo de Licencias.....	29
Figura 17. Paquetes del Programa.....	30
Figura 18. Instalación lista para empezar.....	30
Figura 19. Contraseña.....	31
Figura 20. Configuración a Instalar.....	31
Figura 21. Setup Progress.....	32
Figura 22. Instalador WinCC	33
Figura 23. Error Condiciones de Instalaciones	33
Figura 24. Bienvenido.....	34
Figura 25. Tipo de Instalación	35
Figura 26. Transferencia de Licencias.....	36
Figura 27. Simatic Security Control	36
Figura 28. Idiomas.....	37
Figura 29. Componentes a Instalar	37

Figura 30. Tipo de Instalación Step7	38
Figura 31. Transferir Claves de Licencia Step 7	38
Figura 32. Progreso Instalación Step7	39
Figura 33. Instalar/Desinstalar Interfaces	39
Figura 34. Advertencia s7online/PC Adapter (MPI)	40
Figura 35. Automation License Manager	41
Figura 36. Determinar las Licencias Requeridas.	42
Figura 37. Memorias utilizadas en la planta piloto Intercambiadora de calor	45
Figura 38. Memorias utilizadas en la planta piloto de Control de Nivel para tanques en Paralelo	47
Figura 39. Memorias utilizadas en la planta piloto de control de presión.	49
Figura 40. Memorias utilizadas en la planta piloto de Control de Nivel para Tanques en Serie	51
Figura 41. Lectura del estado de la bomba de agua Fría	52
Figura 42. Lectura del estado de la bomba de agua Caliente	53
Figura 43. Lectura del Valor del Setpoint	53
Figura 44. Lectura de la Temperatura de Agua Caliente	53
Figura 45. Lectura de la Temperatura de Agua Fría.....	54
Figura 46. Lectura del Valor de Caudal	54
Figura 47. Lectura del estado de apertura de la Electroválvula.....	54
Figura 48. Bloques a Intervenir.....	55
Figura 49. Segmentos de programa agregados para el Bloque Nivel_Tk1	55
Figura 50. Segmentos de programa agregados para el Bloque Nivel_Tk2	56
Figura 51. Segmentos modificados y agregados en el bloque principal	57
Figura 52. Segmentos de programa del bloque principal para los tanques en serie	58
Figura 53. Inicio administrador Simatic.....	59
Figura 54. Asistente de STEP 7 : Nuevo Proyecto	60
Figura 55. SIMATIC Manager	61
Figura 56. Asignación de nombre del proyecto	61
Figura 57. Insertar equipo maestro S7-300	62
Figura 58. Configuración del Hardware	63

Figura 59. Ventana de configuración del hardware	64
Figura 60. Objetos hardware del maestro	65
Figura 61. Hardware maestro completo	66
Figura 62. Configuración de la interfaz Ethernet PN-IO	67
Figura 63. Configuración de dirección de PLC esclavos	68
Figura 64. Configuración interfaz Profibus DP	70
Figura 65. Interfaz Profibus configurada.....	71
Figura 66. Configuración PLC esclavos	72
Figura 67. Ruta de acceso a configuración de PLC esclavos.....	72
Figura 68. Conexión de un PLC esclavo al sistema maestro	73
Figura 69. Tasa de transferencia de bits	74
Figura 70. Direccionamiento de las entradas y salidas	75
Figura 71. Asignación posición de memoria V.....	76
Figura 72. Varios esclavos DP conectados al sistema maestro	76
Figura 73. Ajustar Interface PG/PC ethernet	77
Figura 74. Modulo de destino y dirección de estación.....	78
Figura 75. Diagnosticar Hardware	79
Figura 76. Iniciación del bloque de organización OB1.....	80
Figura 77. Ventana de programación PLC S7 300.....	81
Figura 78. Bloque de programación	83
Figura 79. Carga del programa al maestro	83
Figura 80. Transferencia de datos entre PLC.....	84
Figura 81. Inicio del WINCC Explorer	86
Figura 82. Creación de un nuevo proyecto.....	87
Figura 83. Selección del tipo de proyecto.....	87
Figura 84. Nombre del proyecto	88
Figura 85. Proyecto creado	88
Figura 86. Driver de comunicación	89
Figura 87. Configuración de comunicación protocolo TCP/IP	90
Figura 88. Creación enlace de comunicación protocolo TCP/IP.....	91
Figura 89. Creación de un Grupo de Variables	92

Figura 90. Creación de un Grupo de Variables 2	92
Figura 91. Creación de Variables	93
Figura 92. Configuración de las Variables del Proceso	94
Figura 93. Variables del proceso	95
Figura 94. Iniciar el editor grafico	96
Figura 95. Pantalla inicial del editor grafico	97
Figura 96. Icono de la librería del editor grafic.....	98
Figura 97. Selección de objetos del proceso intercambiador de calor.....	99
Figura 98. Insertar calentador de agua al proceso	100
Figura 99. Insertar unidad condensadora e intercambiador de calor.....	101
Figura 100. Insertar tanque de almacenamiento de agua	102
Figura 101. Insertar bombas del proceso	103
Figura 102. Imagen de la pantalla principal con los objetos insertados.....	104
Figura 103. Objetos acoplados por medio de la tubería	105
Figura 104. Insertar campos de E/S	107
Figura 105. Selección de la variable del proceso	108
Figura 106. Configuración del campo E/S	108
Figura 107. Insertar botones para cambios de imágenes.....	109
Figura 108. Imagen final del proceso	110
Figura 109. Gráficos de Tendencias.....	111
Figura 110. HMI de la planta piloto de control de presión	112
Figura 111. HMI de la planta piloto intercambiadora de calor.....	113
Figura 112. HMI de la planta de control de nivel	114
Figura 113. Esquema del HMI de la planta piloto de control de nivel para tanques en paralelo.....	114
Figura 114. Panel del operador plantas pilotos del laboratorio de control	115
Figura 115. Configuración de la red y elementos hardware.	116
Figura 116. Creación del proyecto.....	117
Figura 117. Configuración de comunicación de la red.....	117
Figura 118. Configuración del PLC esclavo.....	118
Figura 119. Propiedades de la interfaz.....	118

Figura 120. Configuración modo esclavo	119
Figura 121. Parámetros de comunicación	120
Figura 122. Configuración del PLC maestro.....	121
Figura 123. Configuración de la interfaz del maestro	121
Figura 124. Configuración de la red PROFIBUS	122
Figura 125. Configuración del hardware y la red	123
Figura 126. PLC esclavo en la red	123
Figura 127. Parámetros de comunicación	124
Figura 128. Programa PLC maestro.....	125
Figura 129. Programa PLC esclavo.....	125
Figura 130. Generación alarma de diagnostico	126
Figura 131. Ajuste de la interfaz de los PLC esclavos y maestro	127
Figura 132. Variables utilizadas en la práctica	128
Figura 133. Leds de diseño propio	129
Figura 134. Configuración de las Propiedades de la Imagen	129
Figura 135. Imágenes a Configurar como Botones	130
Figura 136. Asistente Dinámico.....	130
Figura 137. Seleccionar Trigger (Disparador).....	131
Figura 138. Definir Opciones	132
Figura 139. Selección de Bit.....	132
Figura 140. HMI Terminado.....	133

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas del cable PROFIBUS	22
Tabla 2. Requerimientos de Hardware	24
Tabla 3. Requerimientos de software	25
Tabla 4. Variables para la Planta Piloto Intercambiadora de Calor	47
Tabla 5. Variables para la planta piloto de nivel de Tanques en paralelo.....	49
Tabla 6. Variables para la Planta piloto de presión de Tanques.....	51
Tabla 7. Variables para la planta piloto de nivel de tanques en serie.....	53
Tabla 8. Configuración de Dirección de Esclavos	74

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de control de procesos se definen como los encargados de vigilar las variables que afectan o intervienen en los procesos de las plantas industriales, estas se comunican a través de una red interconectada a un control central; este permite mantener las condiciones necesarias para que las perturbaciones en los procesos no afecten el desempeño de la misma.

El objetivo general de este proyecto es supervisar las plantas pilotos del laboratorio de Control de la Universidad Tecnológica de Bolívar, a través de un sistema SCADA, de manera que sea posible monitorear las variables que afectan directamente el funcionamiento de las plantas pilotos desde un solo panel.

Para el desarrollo de este proyecto se aprovechó que cada planta piloto dispone de un PLC (Controlador Lógico Programable) Siemens S7-200 para su control. Además del PLC Siemens S7-300 CPU 315F 2PN/DP, el cual se utiliza como PLC maestro.

Para efectuar la comunicación entre el PLC maestro y los PLC esclavos, se implemento una red industrial de comunicación PROFIBUS. Paralelamente se diseño el Sistema SCADA para la supervisión de las variables que intervienen en cada planta piloto.

El PLC maestro se configuró y se programó utilizando el Administrador SIMATIC del software STEP 7 dispuesto por SIEMENS para este propósito. Y para el diseño del panel gráfico se utilizó la aplicación WINCC Explorer V 6.2 de SIEMENS.

En el sistema SCADA se puede visualizar cada una de las variables involucradas en las distintas estaciones o plantas pilotos como son:

- Control de Nivel para tanques en paralelo
- Control de Presión
- Control de Temperatura
- Control de Nivel para tanques en serie

La arquitectura física del sistema de control consiste en una serie de sensores, actuadores, computadores, equipos electrónicos como PLCs, interconectados entre sí. Estos se registran en el PLC maestro S7 300 gracias a la comunicación existente a través de la red profibus.

A continuación se describe los pasos a seguir en el desarrollo del proyecto:

- Fijar la dirección profibus en cada uno de los PLC esclavos.
- Conectar los PLC de las plantas piloto, a la red profibus.
- Configurar el PLC SIEMENS S7-300 como maestro.
- Establecer la comunicación entre el PLC maestro y los PLC esclavos.
- Definir las variables análogas y digitales que se van a transferir entre el PLC maestro y el PLC esclavo.
- Realizar la programación en los PLC, para transferir los datos desde los PLC esclavos al PLC maestro mediante el software Microwin y STEP7 respectivamente.
- Elaborar la aplicación SCADA mediante el software WinCC.

1. SISTEMAS SCADA

SCADA es el nombre estándar para sistemas computarizados capaces de reunir y procesar datos, además de brindar la posibilidad de control operacional a largas distancias; fue diseñado pensando en aquellos sistemas donde la comunicación constituía un reto (retrasos, integridad de datos).¹

Los SCADA son sistemas altamente distribuidos usados para supervisar y controlar equipos dispersados geográficamente, en ocasiones separados en miles de kilómetros cuadrados, donde la adquisición de datos centralizada (supervisión) y el control son fundamentales para el funcionamiento del sistema.

Se utilizan en sistemas de distribución de agua y alcantarillado, oleoductos, gasoductos, redes eléctricas, entre otros.

Un sistema SCADA, se encarga del seguimiento y control centralizado de plantas, a través de redes de comunicación de largas distancias, incluyendo el monitoreo de alarmas, y el procesamientos de datos.

Existen comandos de control ejecutables automáticamente o con un operador, que en base a la información recibida de las estaciones remotas, pueden realizar operaciones sobre las plantas a las cuales controla, gracias a la utilización de dispositivos de control de campo, como válvulas que se pueden abrir y cerrar gradualmente, o interruptores.²

1. Keith Stouffer, Joe Falco, Karen Kent Apéndice B, Glosario de términos b-8 Libro: "Guide to Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) and industrial Control Systems Security"

2. Capítulo 2, Sección 2.1 Libro: " Guide to Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) and industrial Control Systems Security"

En el caso del sistema SCADA implementado en el laboratorio de control, se realiza la supervisión de todas plantas tales como:

- Planta piloto de control de Presión
- Planta piloto de control de nivel de tanques en Serie
- Planta piloto de control de nivel de tanques en Paralelo
- Planta piloto Intercambiadora de Calor

1.1 Descripción de Procesos

A continuación se describen los procesos que intervienen en el proyecto, los procesos a describir son los siguientes:

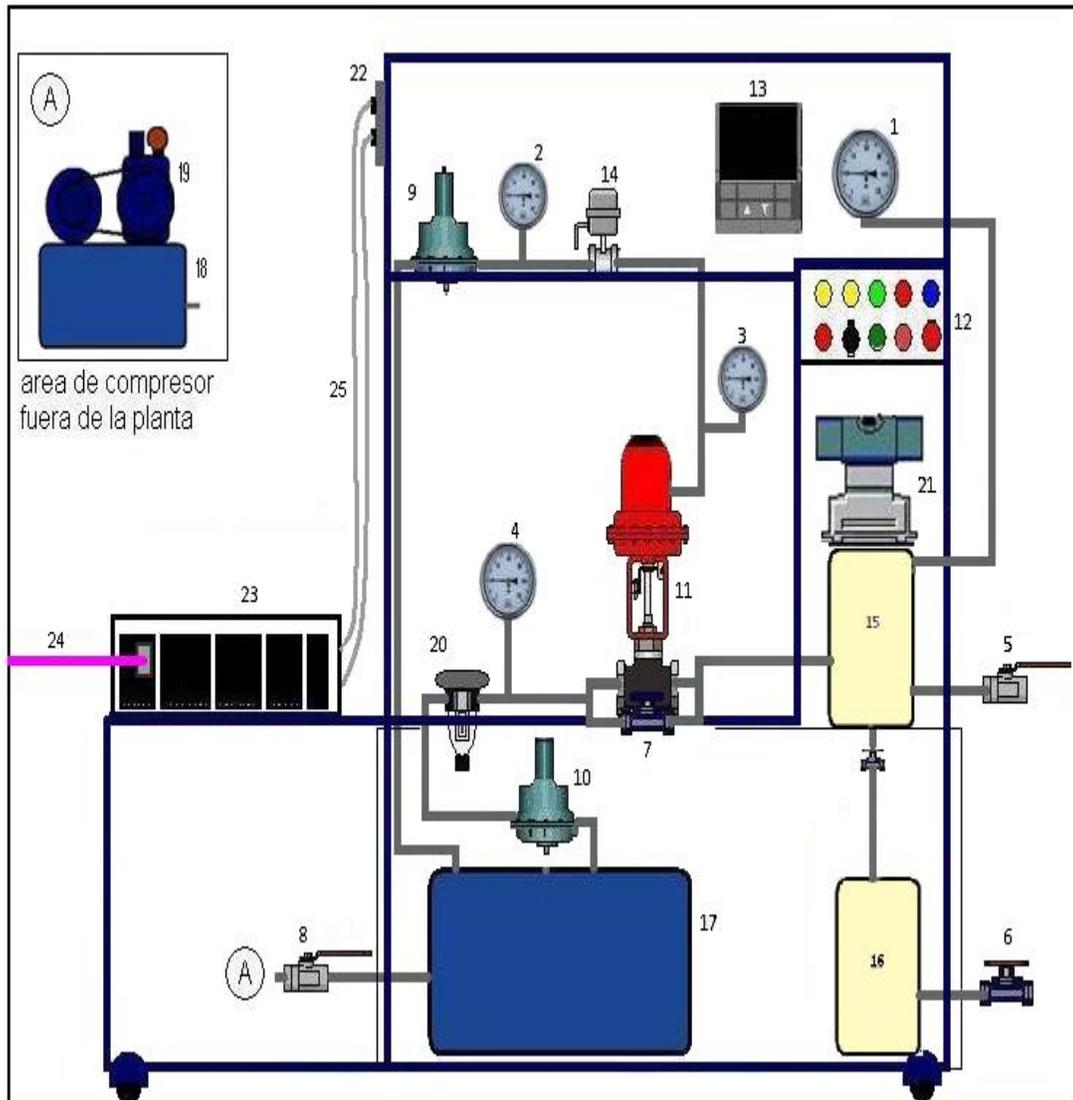
- Planta Piloto Control de Presión
- Planta Piloto Control Intercambiador de Calor
- Planta Piloto Control de Nivel

1.1.1 Planta piloto control de presión

El proceso consiste en una planta piloto de presión de dos tanques interconectados en serie, cuyo objetivo es controlar y supervisar la presión en dichos tanques. El tanque superior está conectado a un transmisor de presión que envía la señal de la variable de proceso al respectivo controlador y este a su vez envía una respuesta al actuador o elemento final de control para que realice las acciones necesarias. El compresor suministra aire al tanque principal de reserva, el cual se interconecta con los tanques, en los cuales se va a controlar la presión. La válvula proporcional neumática es accionada por la señal de presión que viene del convertidor I/P (corriente/presión) con el fin de controlar el paso de aire a los tanques en serie. Para evitar que la presión supere el valor de 20 PSI, se tienen dos reguladores ubicados en cada una de las salidas conectadas. Esta presión está calculada para el correcto funcionamiento de la planta, y evitar daños en los componentes.

De igual forma para asegurar que la presión no sobrepase los límites de la planta, el compresor también posee un presostato que desconecta el motor al llegar a un valor de 80 PSI.

Figura 1. Esquema de la planta control de presión



La señal de corriente de salida de 4 a 20 mA del controlador es enviada a un convertidor I/P que transforma la variación de corriente en una variación de presión de 4 a 10 PSI necesaria para el manejo de la válvula de control neumático.

El objetivo del proceso es mantener un valor de presión en el tanque principal. Para esto se tiene una medición constante de la presión y una respuesta de tipo PID en la válvula proporcional neumática.

El valor del setpoint tiene un rango de variación dependiendo de la presión en la que se establezca, ya que para las distintas presiones hay distintos factores de retraso como lo son el tiempo de actuación del transmisor, la acción de movimiento de la válvula y la respuesta por parte de la acción del controlador.

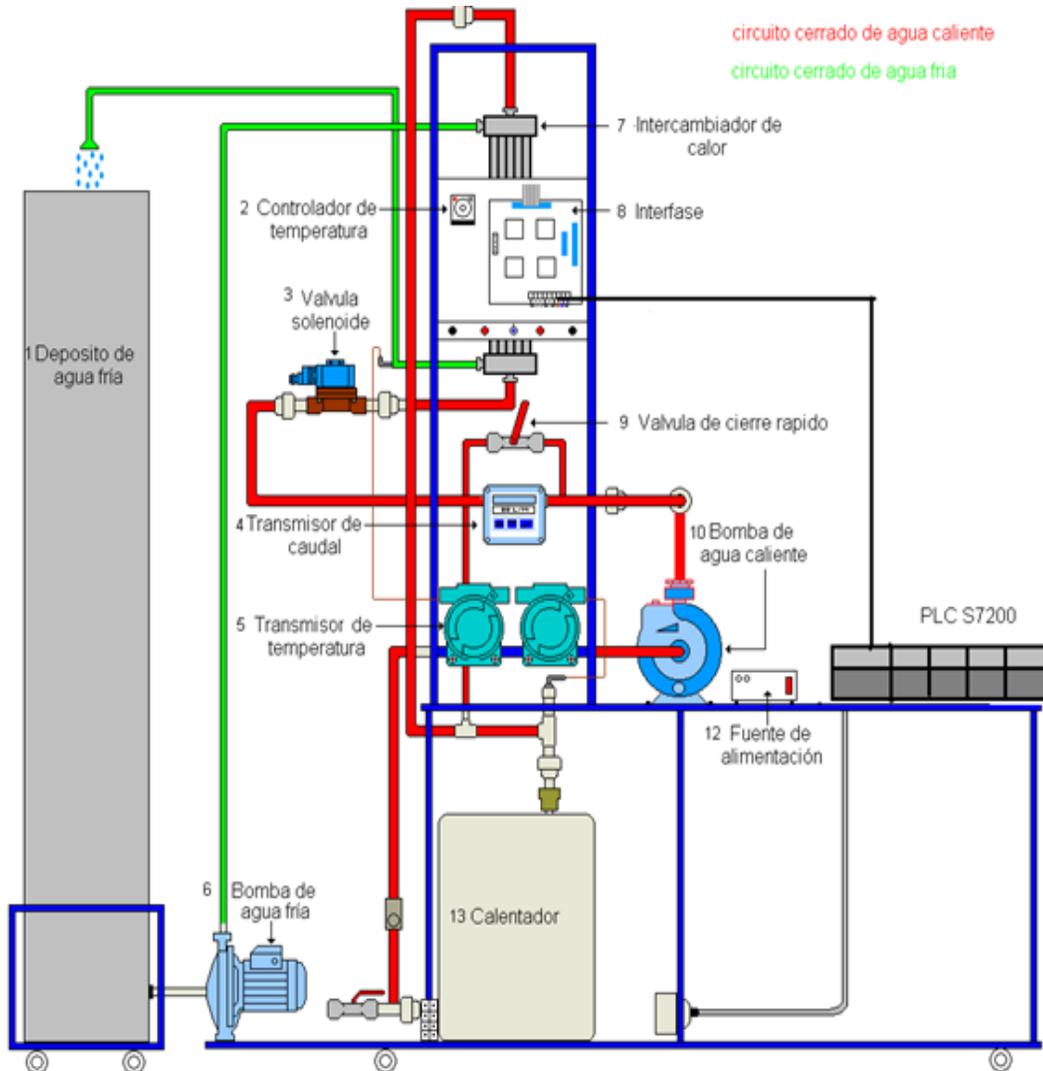
La planta se ha adecuado para el trabajo con el Banco de PLC S7-200 de Siemens, por lo cual es posible hacer un cambio desde el tablero de mando (de modo controlador a modo PLC), cediendo el control de la planta al PLC S7-200 de Siemens y desconectando el controlador principal UDC Honeywell.

Esto permite a través de un servidor OPC (en este caso el OPC Access) y un software SCADA (WinCC flexible), el monitoreo y control en tiempo real del proceso desde un PC, siempre y cuando este en modo PLC, de lo contrario solo se podrá monitorear el proceso.

1.1.2 Planta piloto control intercambiador de calor

El proceso consiste en una planta piloto de intercambiador de calor la cual consta de un circuito cerrado de agua caliente y un circuito cerrado de agua fría. El circuito de agua caliente se alimenta tomando el agua del calentador por medio de una bomba, haciéndola circular por el transmisor de flujo para poder controlar la rata de flujo y dependiendo del sistema de control la electroválvula permitirá o obstruirá el flujo de agua caliente a través de la tubería interna de intercambiador retornando nuevamente al calentador.

Figura 2. Esquema de la planta intercambiadora de calor



Además, consta de una válvula de cierre rápido la cual se encuentra conectada en un circuito cerrado en paralelo con el circuito antes descrito; cuya finalidad es simular una perturbación en el sistema.

El circuito de agua fría toma el agua del depósito de agua fría por medio de una bomba, haciéndola circular a través de la armadura del intercambiador de calor. El flujo de agua de salida del intercambiador pasa a través de la termocupla la cual se encuentra conectada con el transmisor de temperatura 1 con el fin de poder ser controlada y supervisada esta variable.

Finalmente, pasa a través del radiador el cual disminuye o mantiene la temperatura de salida para ser enviada nuevamente al depósito de agua fría. El depósito de agua fría consta de una válvula de globo para el desagüe del mismo.

El agua circulara en contracorriente a través del intercambiador de calor para que la transferencia de calor tenga una respuesta rápida. El calentador consta de un circuito cerrado de control ON-OFF conformado por una termocupla conectada al controlador de temperatura y el sistema de contactos para el paso o cierre de corriente hacia las resistencias del calentador dependiendo de la señal de control.

Además, consta de una termocupla adicional conectada con el transmisor de temperatura 2 con la finalidad de poder visualizar la temperatura del agua caliente. El calentador posee una válvula de cierre rápido para realizar el descargue del mismo.

La finalidad del control de temperatura de un intercambiador de calor es regular la temperatura de salida del fluido frío preestablecida por el usuario, manipulando el caudal del fluido caliente.

1.1.3 Planta piloto control de nivel

El proceso consiste en una planta piloto de control de nivel, la cual consta de 2 tanques interconectados en serie, es decir, la interconexión de los tanques no modifica el comportamiento dinámico de cada uno de ellos. En esta planta se implementara una estrategia de control, supervisión y control del proceso de nivel en serie utilizando una arquitectura industrial. La variable controlada es el nivel del tanque 1, la variable manipulada es el caudal de entrada al tanque 2, y el objetivo de control es regular el valor del nivel del tanque 1 de acuerdo a la referencia establecida por el usuario. Estos tanques se les suministra agua a través de una motobomba la cual la succiona de un depósito, hasta cada uno de los tanques interconectados en serie. La tubería posee una válvula de tres vías la cual permite direccionar el flujo de agua ya sea al tanque 2 y desde ahí pasa el agua al tanque 1, o directamente al tanque 1.

Figura 3. Esquema de la planta control de nivel



Adicional al Transmisor de presión diferencial que lee el nivel del tanque1 y lo convierte en una señal de 4mA a 20mA, y a la electroválvula que dependiendo el nivel de tensión que tenga en su entrada permitirá mayor o menor flujo de agua hacia el tanque 1, también se plantea colocar para la seguridad del prototipo dos finales de carreras en cada uno de los tanques.

El final de carrera que se encuentra más próximo en el momento de un posible desbordamiento de agua (90cm) se debe activar una alarma en el sistema y cuando el nivel del tanque1 esté a punto de rebosar (97cm) se debe detener totalmente el sistema.

1.2 Arquitectura SCADA del Laboratorio de Control de la UTB

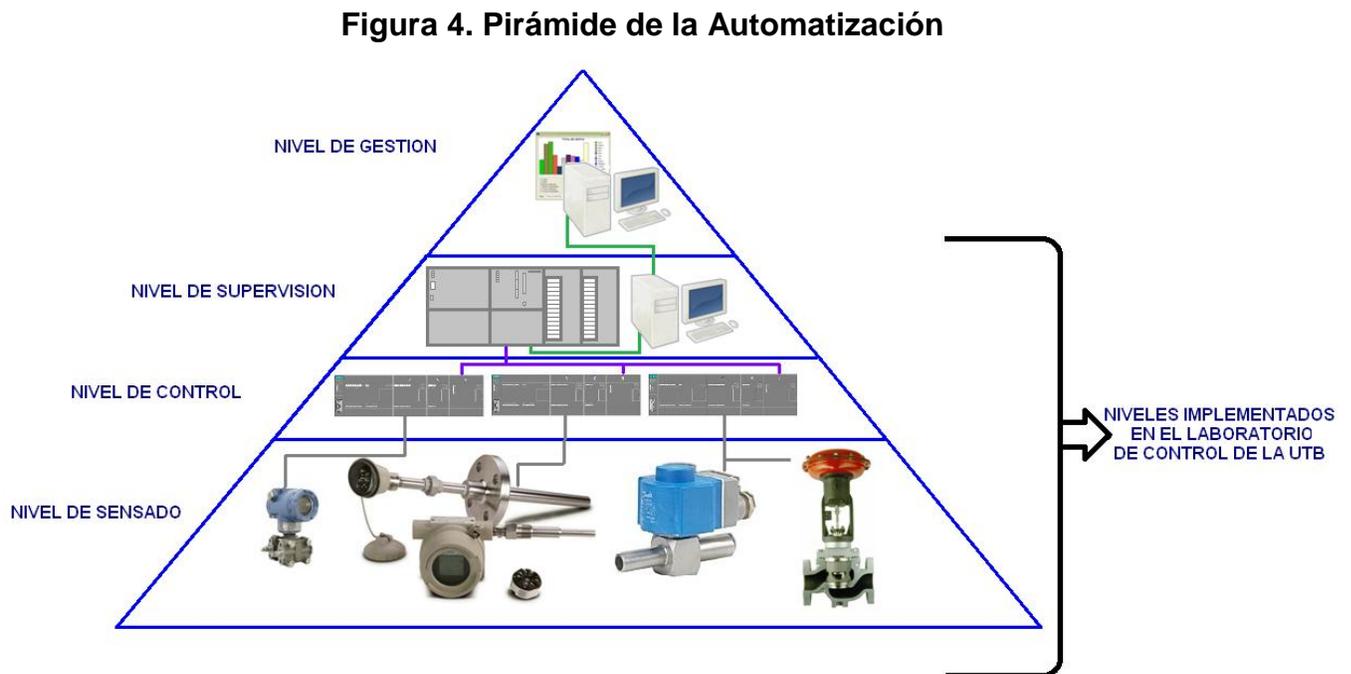
La arquitectura manejada para el sistema SCADA del laboratorio de Control de la UTB, está conformada por:

- **Adquisición de datos y Monitoreo:** La adquisición es realizada por el PLC S7 300 CPU 315F2PN/DP configurado como maestro y programado para leer los datos de las estaciones esclavas. Monitoreo por computador con el software WinCC V6.2 para desarrollar aplicaciones HMI y el programa Microsoft SQL Server 2005 para gestión de datos. Bus de Campo Profibus para establecer la comunicación entre el PLC Maestro y los esclavos.
- **Control de Plantas:** PLCs S7 200 CPU 224 configurados como esclavos. Estos se encargan del control de las plantas y el envío de la información relevante al maestro por medio del modulo de comunicaciones EM277.
- **Transmisores:** Ya en el nivel de planta están los sensores y transmisores, que se encargan de realizar las mediciones de las variables a controlar (por el PLC S7 200 correspondiente) y supervisar.

1.3 Pirámide de la Automatización en el Laboratorio de Control de la UTB

El empleo de computadoras y autómatas programables como herramienta esencial de tratamiento de la información es habitual, y la implantación de redes de comunicación necesaria. De esta manera podemos jerarquizar la distribución en un entorno de automatización integrado.

En la figura 4 se puede observar este orden jerárquico.



1.3.1 Nivel de Campo (Sensores y Actuadores)

También llamado nivel de instrumentación, es el primer nivel de la pirámide y está conformado por los elementos de medidas (sensores) y de mando (actuadores) que se encuentran distribuidos alrededor de una línea de producción. Estos son los elementos directamente relacionados con los procesos de producción, ya que los actuadores se encargan de ejecutar las órdenes de los elementos de control y los sensores se encargan de medir las variables en el proceso de producción.

En las plantas piloto del laboratorio de control de la universidad, se encuentran sensores que nos permiten medir nivel de líquidos, flujo, temperatura, presión etc. Como actuadores tenemos las bombas, motores, electroválvulas etc.

1.3.2 Nivel de control

En este nivel se ubican los elementos que son capaces de gestionar los actuadores y los sensores tales como los autómatas programables que se tienen en el laboratorio de control de la universidad como los PLCs S7-200 de marca Siemens.

Estos autómatas permiten que los actuadores y sensores funcionen de forma conjunta para así realizar el proceso deseado. Los dispositivos de este nivel en conjunto con los del nivel de sensado son capaces de realizar procesos productivos por si mismos. A pesar de que se trata de procesos aislados, esto no implica que no se empleen buses de comunicación, ya que para procesos que requieran de un gran número de actuadores y sensores, se recomienda la utilización de buses de campo para leer el estado de los sensores, proporcionar señales de control a los actuadores y conectar diferentes autómatas programables.

1.3.3 Nivel de supervisión

En este nivel es posible lograr la monitorización de todos los dispositivos de control existentes en las plantas pilotos del laboratorio de control de la universidad. Para esto se requiere un sistema de comunicación adecuado capaz de comunicar estos elementos con otro tipo de dispositivos no dedicados al control sino para la gestión y supervisión. En este nivel es posible visualizar como se están llevando los procesos en las plantas pilotos a través de entornos SCADAS (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), de esta manera se posee una imagen virtual de la planta.

En este caso se utiliza el software de visualización WINCC Explorer V 6.2 de Siemens, el cual se integra con el software Simatic Step7 también de Siemens, en el cual se configura y programa el PLC S7-300 que actúa como maestro en la red Profibus empleada en el laboratorio de control.

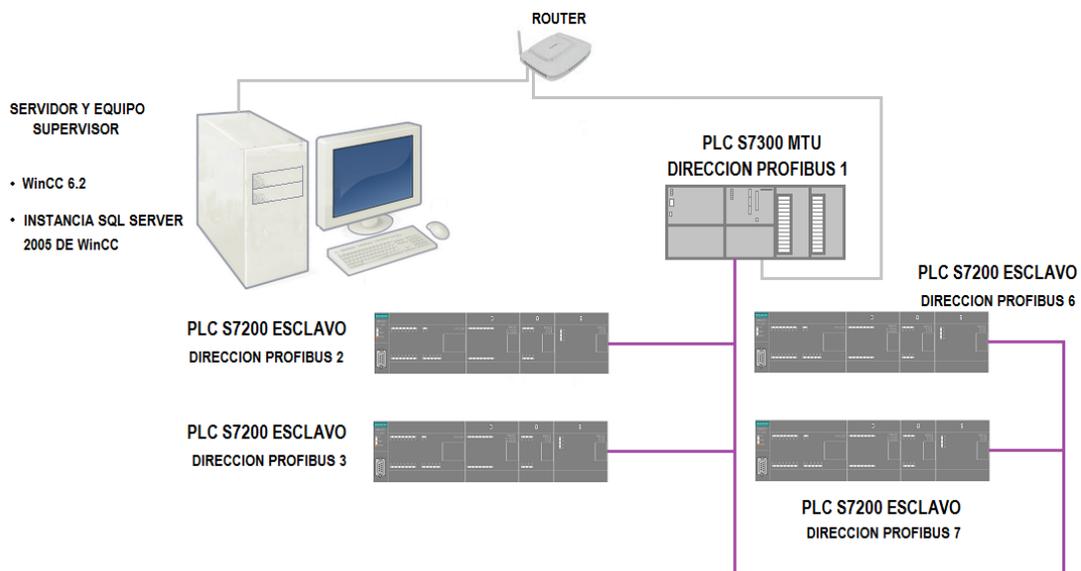
2. CONFIGURACION DE LA RED PROFIBUS

PROFIBUS es un estándar de bus de campo abierto utilizado en una amplia gama de aplicaciones enfocadas a la automatización de procesos, sistemas y edificios. Los dispositivos PROFIBUS se conectan en una estructura de bus. En un segmento se pueden conectar hasta 32 estaciones (maestras o esclavas). El bus acaba con un terminador de bus activo al principio y al final; ambas terminaciones de bus deben recibir alimentación en todo momento. Cuando se utilizan más de 32 estaciones, deben emplearse repetidores (amplificadores de línea) para conectar los segmentos de bus individuales.

2.1 Topología de la Red

La topología de la red implementada en el laboratorio de control, es una topología de Bus es decir los elementos que constituyen la red se disponen linealmente, es decir, en serie y conectados por medio de un cable; el bus. Las tramas de información emitidas por un nodo (terminal o servidor) se propagan por todo el bus (en ambas direcciones), alcanzado a todos los demás nodos. Cada nodo de la red se debe encargar de reconocer la información que recorre el bus, para así determinar cuál es la que le corresponde.

Figura 5. Topología de la Red



2.2 Elementos de la Red

Los elementos que componen la red PROFIBUS DP implementada en el proyecto son los siguientes:

2.2.1 PLC maestro S7-300

Para el desarrollo del proyecto se utilizó como Maestro de la red PROFIBUS el PLC S7-300 de Siemens, el cual es una poderosa herramienta por sus capacidades de almacenamiento de memoria y velocidad de transmisión, lo que lo hace muy atractivo para el uso industrial.

Figura 6. PLC Maestro S7-300



Este PLC posee características físicas como:

- Módulos de suministro de energía
- Unidad central de procesamiento
- Módulos para señales análogas y digitales (I/O)
- Procesadores de comunicación (CP)
- Módulos de función (FM)

El PLC S7-300 puede establecer comunicación bajo los siguientes protocolos:

- PROFIBUS
- MPI
- TCP/IP

En el proyecto la comunicación se realiza por protocolo PROFIBUS y TCP/IP.

2.2.2 PLC esclavo S7-200

El PLC S7 200 de Siemens esta acoplado a un modulo de ampliación EM 235, con 3 entradas analógicas AI y una salida analógica AQ. Las entradas analógicas se configuran mediante los interruptores DIP incluidos en el modulo, para un margen de tensión de 0-5V o 0-10V. La salida proporciona un margen de tensión de $\pm 5V$ o $\pm 10V$ según la selección.

Figura 7. PLC Esclavo S7-200



Para realizar la transferencia de datos entre los PLC esclavos y el PLC maestro la programación del esclavo se realiza con el software Microwin Versión 4.0, que se ejecuta

bajo entorno Windows. El autómeta se conecta al ordenador a través de un cable conversor de norma RS-485 a USB, una vez establecida la comunicación, se utiliza el editor KOP o esquema de contactos para desarrollar el programa que se carga al autómeta.

2.2.3 Medios de transmisión

Para la transferencia de información entre los PLCs esclavos y el PLC maestro, se utilizo el Bus de Campo PROFIBUS DP, para establecer esta comunicación se utiliza cable PROFIBUS (2 hilos apantallado, color morado), y este se conecta a los PLCs por medio de un conector PROFIBUS.

Figura 8. Conectores de cableado PROFIBUS



Como se puede observar en la figura 8 estos conectores se utilizan para enlazar una estación PROFIBUS a una línea de BUS PROFIBUS. Son Fáciles de conectar y tienen resistencias de terminación integradas, El conector debe funcionar con la clavija en “OFF” si el bus entrante (A1, B1) y el bus saliente (A2, B2) se van a interconectar. Los conectores en la primera y última estación del segmento hay que colocarlos en “ON”. En este caso, las resistencias en el bus entrante serán conectadas y en el bus saliente desconectadas.

2.2.3.1 Cable PROFIBUS

Este cable cumple con las especificaciones de cable PROFIBUS DP, debido a su doble escudo de protección y resistencia aceptable, y es adecuado para instalación en zonas industriales.

Figura 9. Cable de red PROFIBUS



Las características de la red Profibus del laboratorio de control son las siguientes:

- Un PLC S7 300 actuando como maestro,
- 4 PLCs S7 200 CPU 224 conectados al maestro por el modulo EM 277
- Velocidad de transmisión 1.5Mbits/ s.

En la tabla 1 Se puede ver con más detalle las características técnicas del cable profibus.

Figura 10. Diagrama de la red Profibus del Laboratorio de Control.

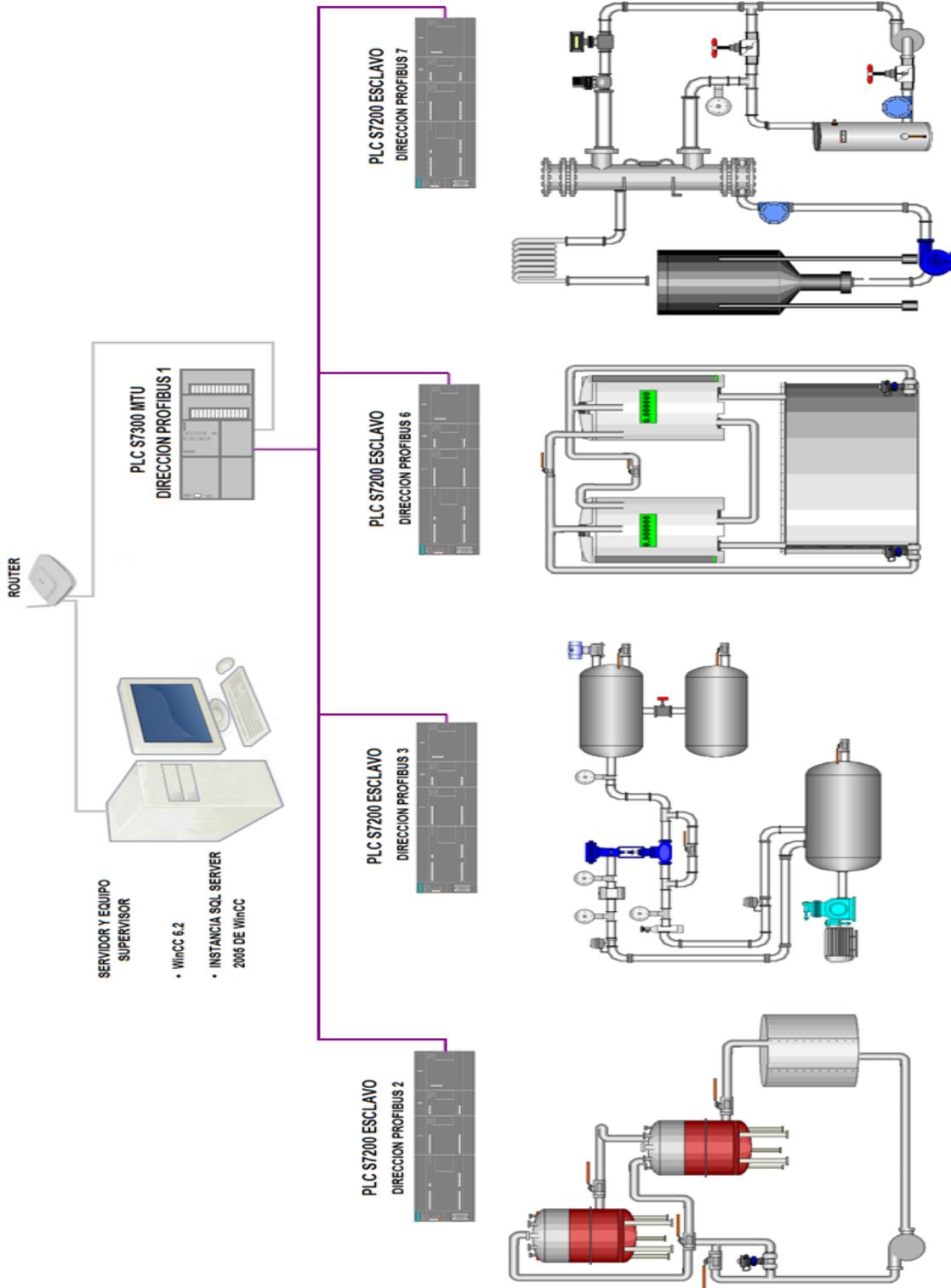


Tabla 1. Características técnicas del cable PROFIBUS

Características Técnicas del cable Profibus	
Conductor:	Cobre flexible clase 5 s/Norma DIN40500/T4
Aislamiento:	Polietileno tipo 2YI1 s/Norma VDE0207/T2
Nº Conductores:	Par trenzado paso 90mm
Color del conductor:	Verde-Rojo
Cinta:	Lámina de PP retorcida conjuntamente
Pantalla:	Lámina AL/PETP
Espesor:	0,05 solape 100%
Pantalla:	Malla de hilos de CuSn (0,13mm)
Cubierta:	PVC
Color:	Violeta
Características Eléctricas	
Impedancia:	150 Ohm+/-10%
Resistencia aislante:	1Gohmxkm min.
Capacidad:	30nF/Km
Atenuación:	9,6Khz < 2,5dB
Características físicas	
Radio de curvatura:	64mm
Temperatura de servicio:	-40°C hasta +70°C

3. INSTALACION DEL SOFTWARE

Para instalar WinCC es necesario contar con ciertos requisitos de software y de hardware; el programa de instalación verificara al arrancar, que el computador cumpla con estas condiciones para continuar con la instalación.

Se inspeccionan los siguientes requisitos:

- Sistema Operativo
- Derechos de Usuario
- Resolución Grafica
- Internet Explorer
- MS Message Queuing
- SQL Server
- Reinicio Existente

A continuación se muestran los datos más relevantes en cuanto a requisitos de hardware se refiere; tomado de la sección 3.1 del documento impreso: ***“SIMATIC HMI WinCC V6.2 Installation Notes”*** que viene incluido con los manuales de instalación del software.

Tabla 2. Requerimientos de Hardware

	MINIMO	RECOMENDADO
CPU	<p>Cliente: Intel Pentium III; 600MHz</p> <p>Servidor: Intel Pentium III; 1GHz</p> <p>Servidor Central de Archivos: Intel Pentium 4; 2 GHz</p>	<p>Cliente: Intel Pentium III; 1 GHz</p> <p>Servidor: Intel Pentium 4; 2 GHz</p> <p>Servidor Central de Archivos: Intel Pentium 4; 2.5 GHz</p>
Memoria de Trabajo	<p>Estación monopuesto: 512 MBytes</p> <p>Cliente: 512 MBytes</p> <p>Servidor: 1 GByte</p> <p>Servidor Central de Archivos: 1 GByte</p>	<p>Estación monopuesto: >= 1GBytes</p> <p>Cliente: 512 MBytes</p> <p>Servidor: >1 GByte</p> <p>Servidor Central de Archivos: >=1 GByte</p>
<p>Espacio de Memoria libre en disco duro</p> <p>Para la instalación</p> <p>Para Trabajar</p>	<p>Cliente: 500 MBytes/ Servidor: 700 MBytes</p> <p>Cliente: 1GBytes/ Servidor: 1.5 GBytes</p> <p>Servidor Central de Archivos: 40GByte</p>	<p>Cliente: 700 MBytes/ Servidor: 1 GBytes</p> <p>Cliente: 1.5 GBytes/ Servidor: 10 GBytes</p> <p>Servidor Central de Archivos: 2x80 GByte en diferentes discos duros</p>

Tabla 3. Requerimientos de software

Sistema Operativo	Configuración	Observaciones
Windows XP	Windows XP Professional Service Pack 2	Tenga en cuenta los requisitos de Software de la versión SIMATIC NET suministrada Durante la instalación de Windows XP, Internet Explorer V6.0 Service Pack 1 se instala automáticamente.
Windows 2000	Windows 2000 Professional Service Pack 4	

Para la instalación de WinCC V6.2, se necesitan los siguientes programas:

Microsoft Message Queuing: Hace parte del sistema operativo Windows XP, pero no es agregado en la configuración estándar, por lo que requiere de instalación manual.

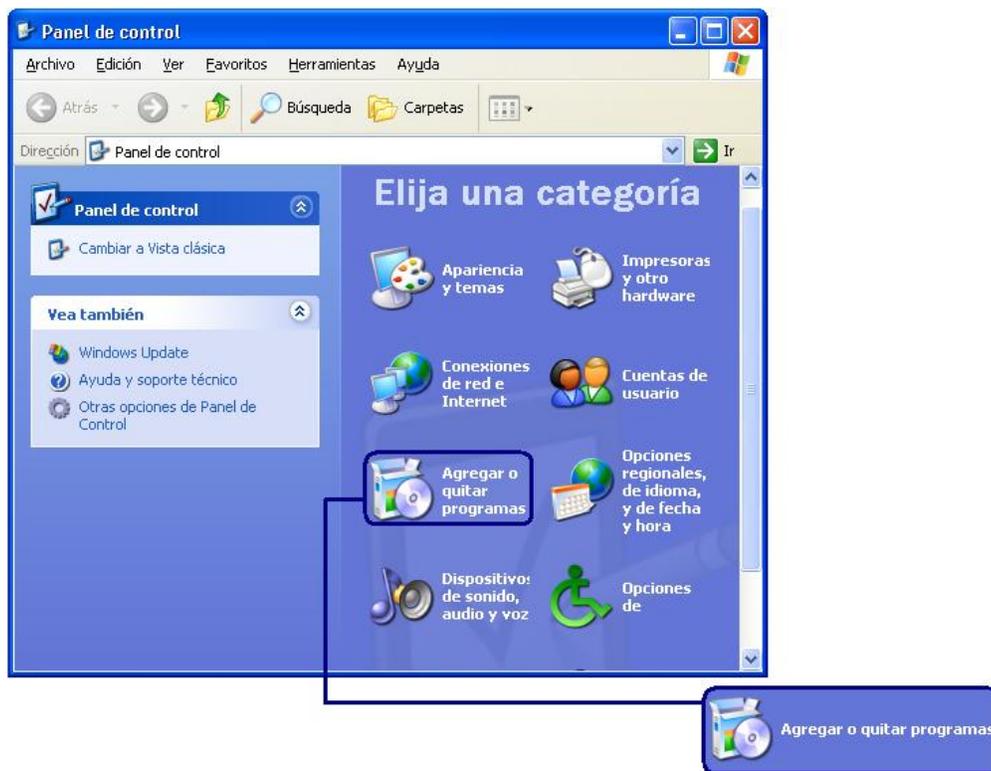
Microsoft SQL Server 2005 SP1 Hotfix: WinCC necesita de una instancia SQL Server. Este programa se encuentra en el CD 2 de instalación de WinCC.

3.1 Instalación de Microsoft Message Queuing

Para la instalación del componente es posible que se requiera del CD original de Windows XP. A continuación se deben realizar los siguientes pasos:

- 1) Ingresar al Panel de Control y luego agregar o quitar programas.

Figura 11. Panel de Control



2) En el menú de la izquierda, hacer clic en “Agregar o quitar componentes de Windows”, lo que abre el “Asistente para componentes de Windows”

Figura 12. Agregar o Quitar Programas

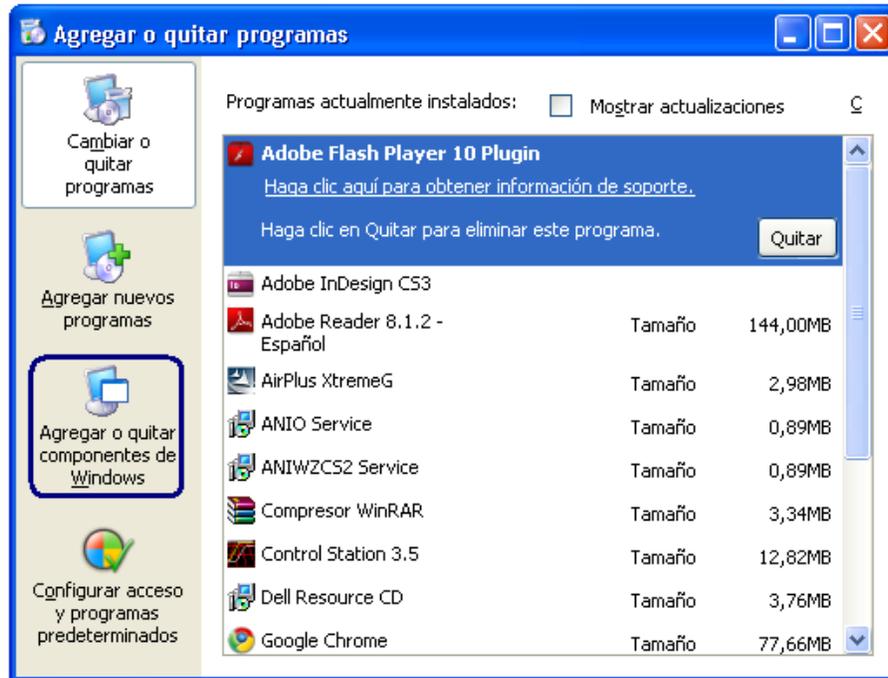
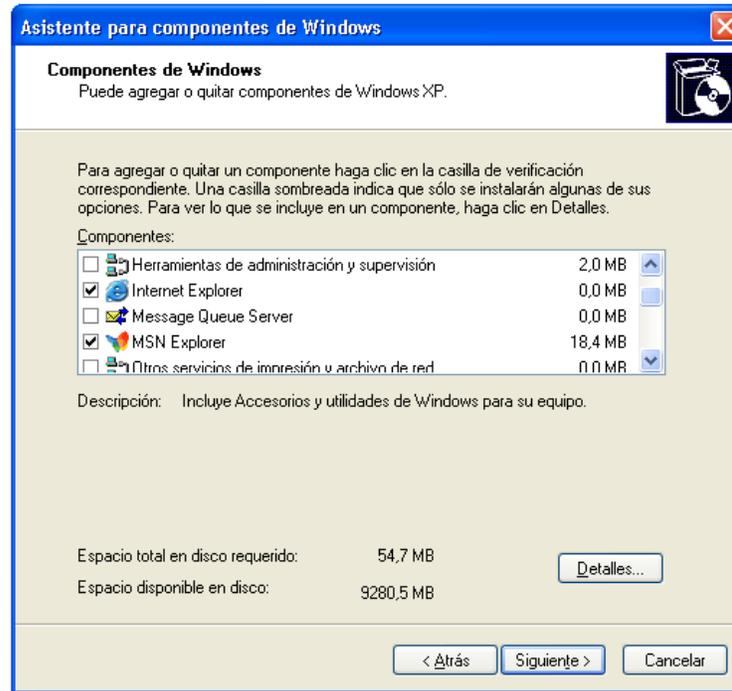
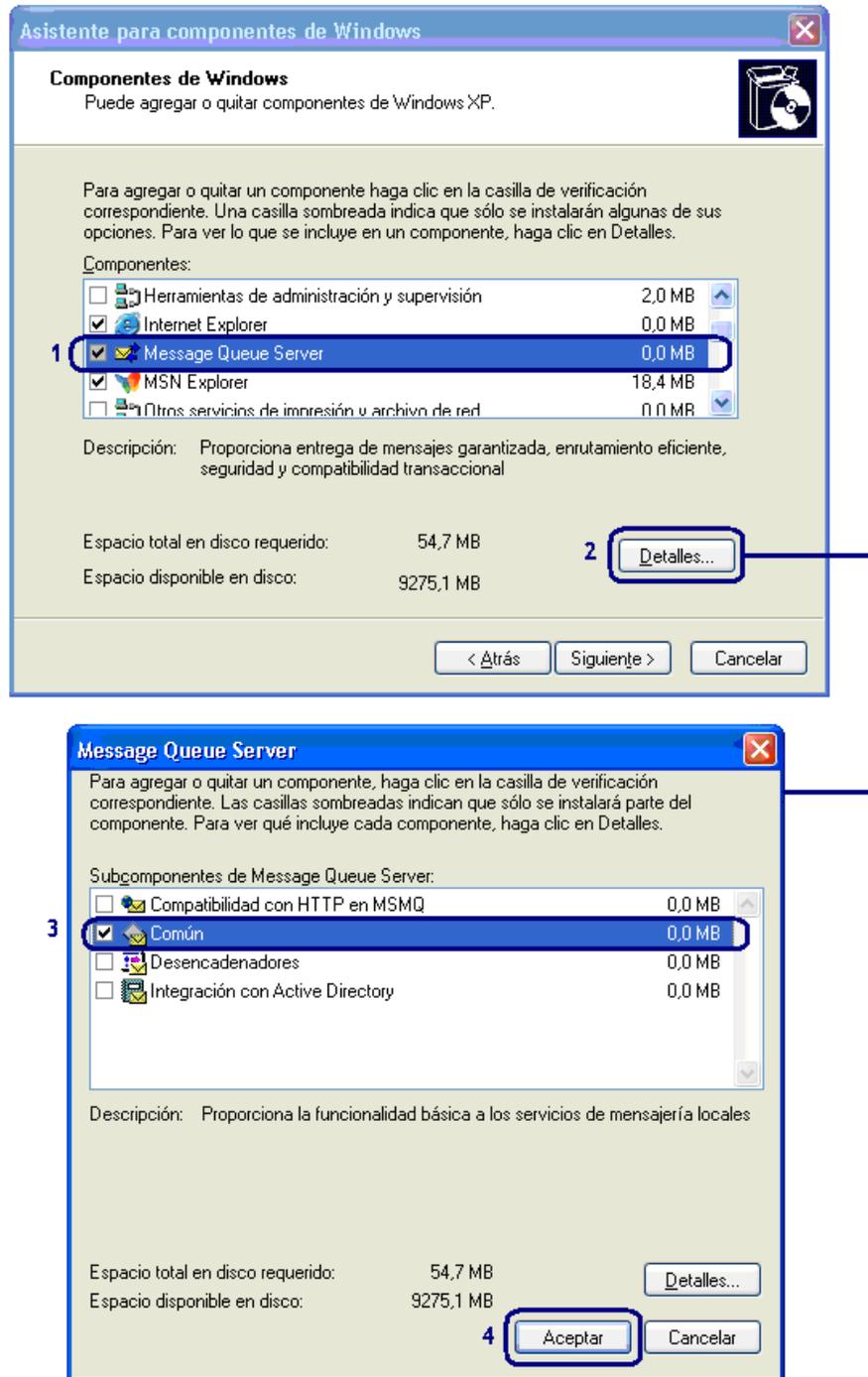


Figura 13. Asistente para Componentes de Windows



3) Seleccionar el componente *“Message Queue Server”* y activar el botón *“detalles”*, con lo que aparece el cuadro de diálogo *“Message Queue Server”*, en el que sólo es necesario que esté activado el componente *“común”*. Luego dar aceptar.

Figura 14. Agregar Message Queue Server

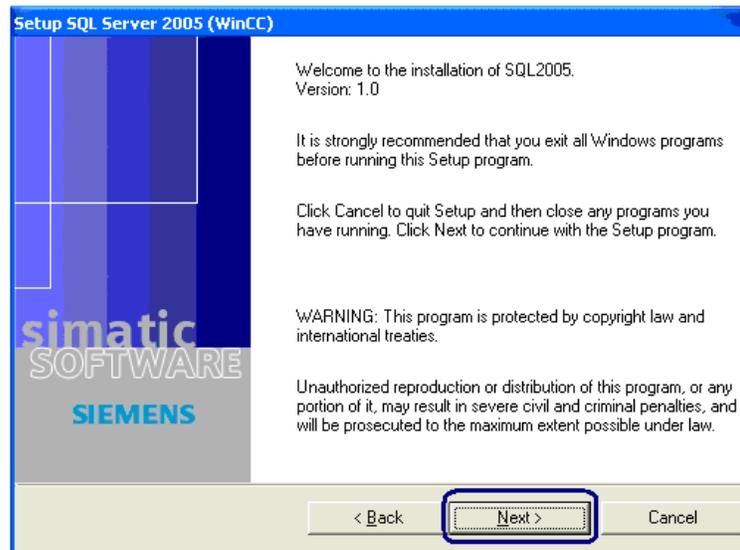


4) Finalmente se le da clic en el botón siguiente en el asistente para componentes de Windows, lo que instalará el programa.

3.2 Instalación de Microsoft SQL Server 2005

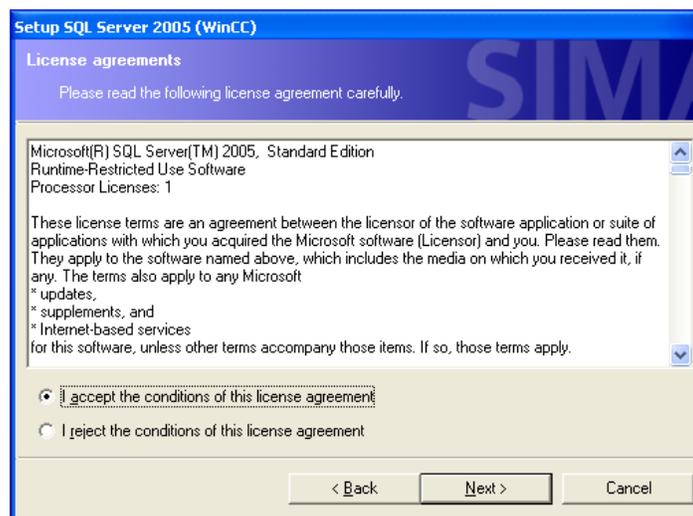
- 1) Insertar el DVD correspondiente a SQL Server 2005, que viene en el paquete SIMATIC HMI; se inicia el auto arranque, dar "Next".

Figura 15. Setup SQL Server 2005



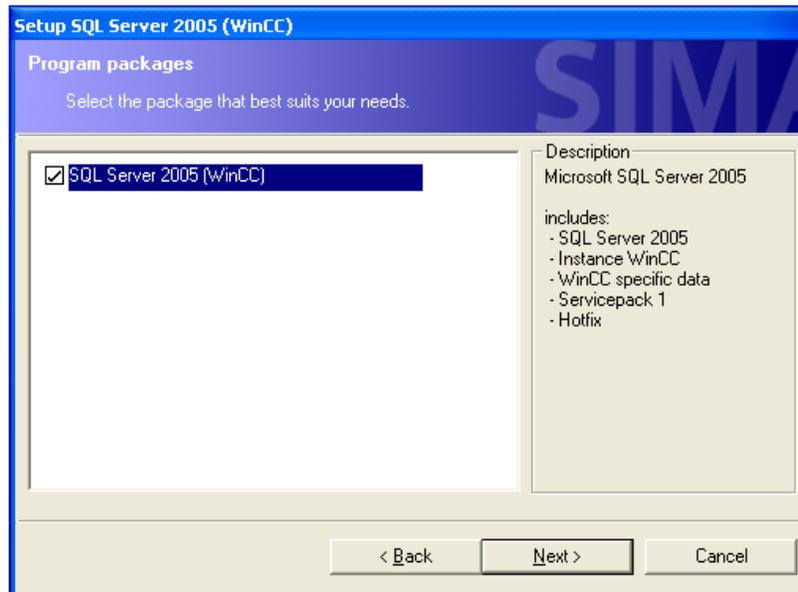
- 2) Aceptar las condiciones del acuerdo de licencias.

Figura 16. Condiciones del Acuerdo de Licencias



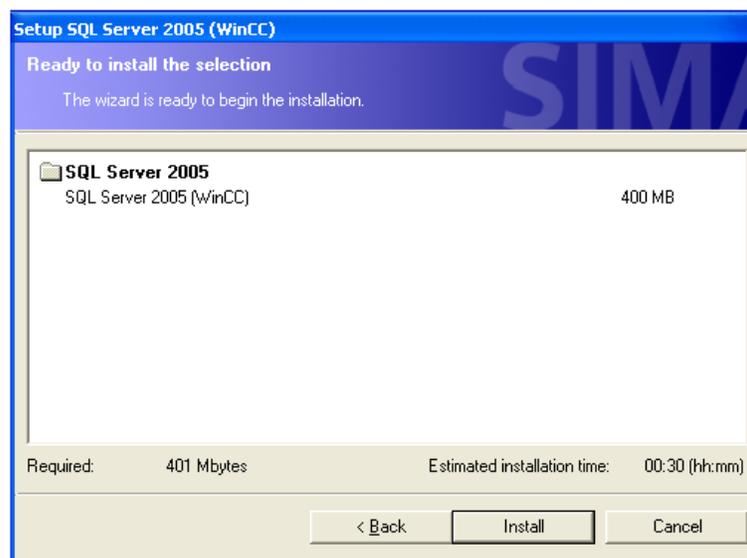
- 3) A continuación aparecerán ventanas donde se muestra los componentes a instalar; hacer clic en siguiente.

Figura 17. Paquetes del Programa



- 4) Se pide confirmar la instalación; seleccionar el botón instalar.

Figura 18. Instalación lista para empezar



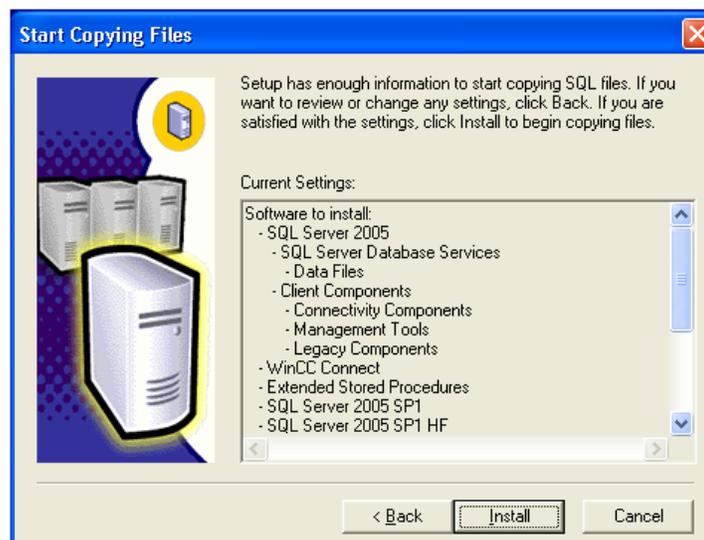
- 5) Se pedirá una contraseña; debido a que las aplicaciones son de índole educativo es recomendable seleccionar *“Default password”*

Figura 19. Contraseña



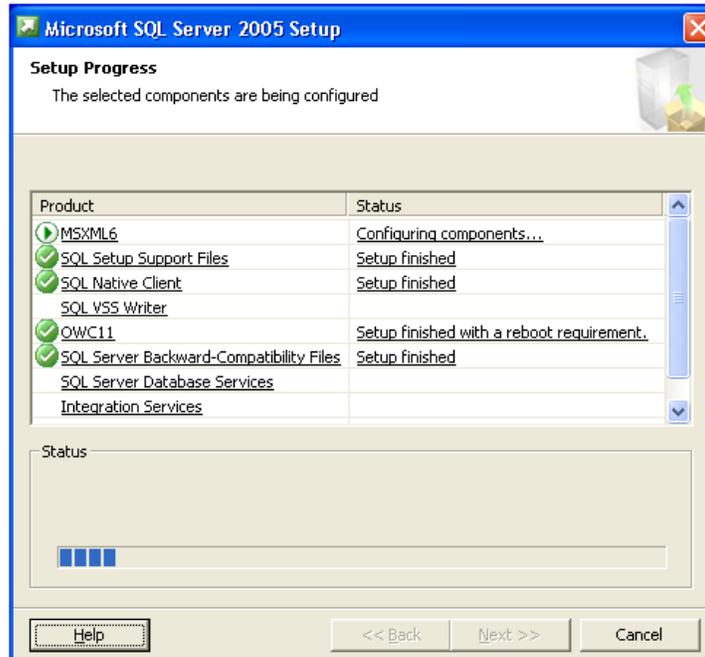
- 6) Aparece entonces la ventana *“Start Copying Files”*, donde se observan los componentes a instalar y es posible regresar a ventanas anteriores para llevar a cabo los ajustes que sean necesarios. Dar *“Install”*.

Figura 20. Configuración a Instalar



7) La siguiente ventana muestra el progreso de la instalación, luego de haber terminado el proceso será necesario reiniciar el sistema.

Figura 21. Setup Progress



3.3 Instalación de WinCC V6.2

1) Luego de colocar el CD correspondiente al HMI Simatic, se abre el instalador de WinCC.

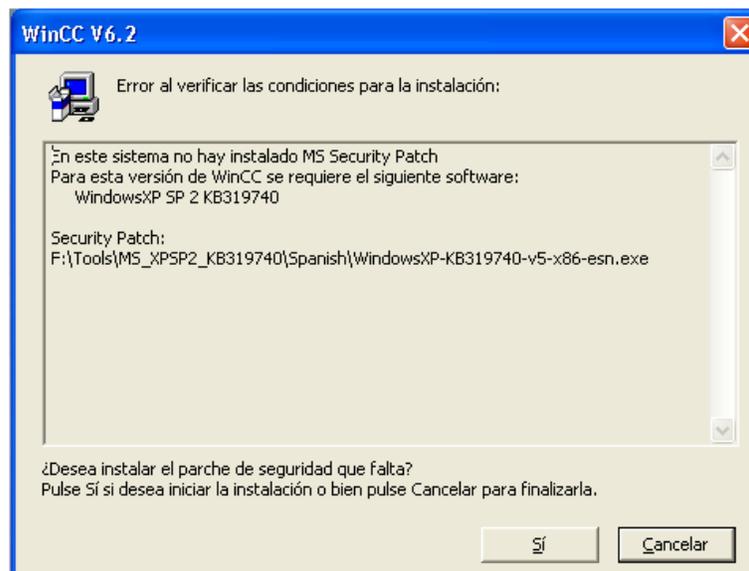
Figura 22. Instalador WinCC



2) Seleccionar “*Instalar SIMATIC WinCC*”

En caso de que aparezca el mensaje de la Figura 20, seleccionar “sí”, y el programa instalará automáticamente desde el CD de instalación de WinCC, el parche de seguridad al que se hace referencia.

Figura 23. Error Condiciones de Instalaciones



3) Siga todos los pasos necesarios que se indican en el instalador del parche, y reinicie el equipo.

Vuelva a iniciar el instalador de WinCC V6.2 y seleccione “Instalar SIMATIC WinCC”. Si se han realizado todos los pasos correctamente aparecerá la ventana de instalación mostrada en la Figura 24.

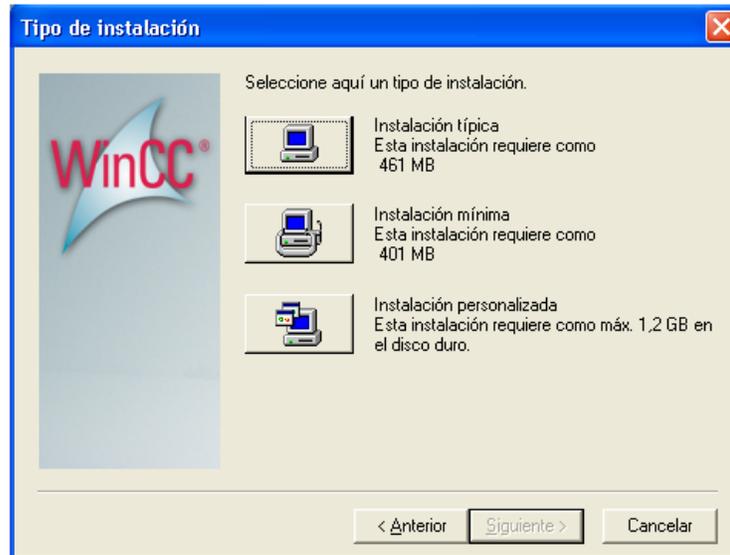
Figura 24. Bienvenido



4) A continuación deberá aceptar el acuerdo de licencias, especificar información acerca del usuario, verificar en que disco y carpeta será instalado el software; seleccionar los idiomas complementarios que desea para WinCC (además del inglés que siempre se instala).

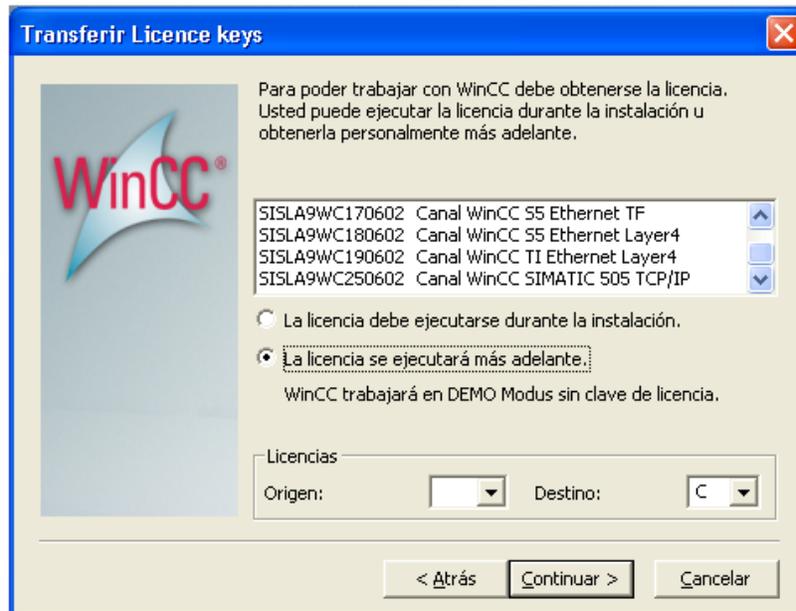
Aparece entonces la siguiente ventana. Seleccionar “*Instalación Típica*”

Figura 25. Tipo de Instalación



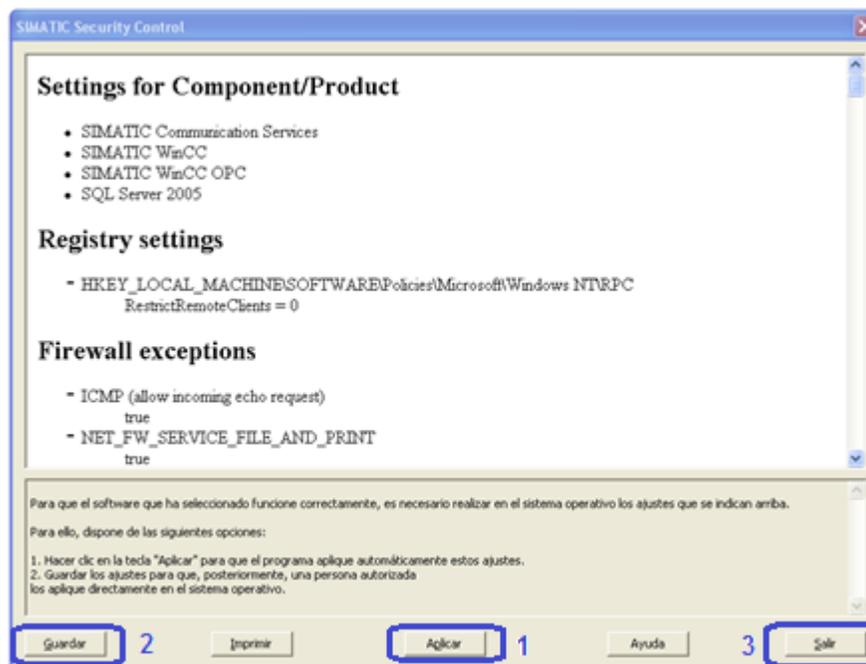
5) Vemos ahora la ventana “Transferir Licence keys”, en la que se selecciona la opción “La licencia se ejecutará más adelante”; ya que para esto se utilizará el disquete amarillo (Yellow Diskette) incluido en el paquete de instalación de WinCC el cual permitirá instalar las licencias de programas SIMATIC, es decir; no solo del WinCC V6.2 si no también del STEP 7(necesario para la configuración y programación de los PLC S7 300).

Figura 26. Transferencia de Licencias



6) Luego aparece la ventana “SIMATIC Security Control”, hacer clic al botón aplicar, se realizaran ajustes automáticos; guardar y luego cerrar. Reinicie luego.

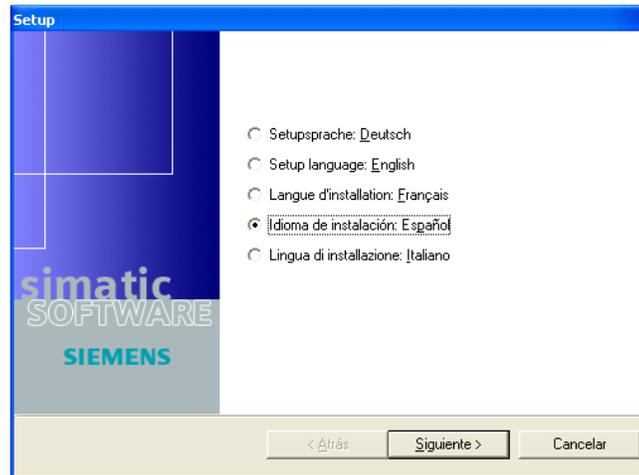
Figura 27. Simatic Security Control



3.4 Instalación de Step 7 V5.4 SP2

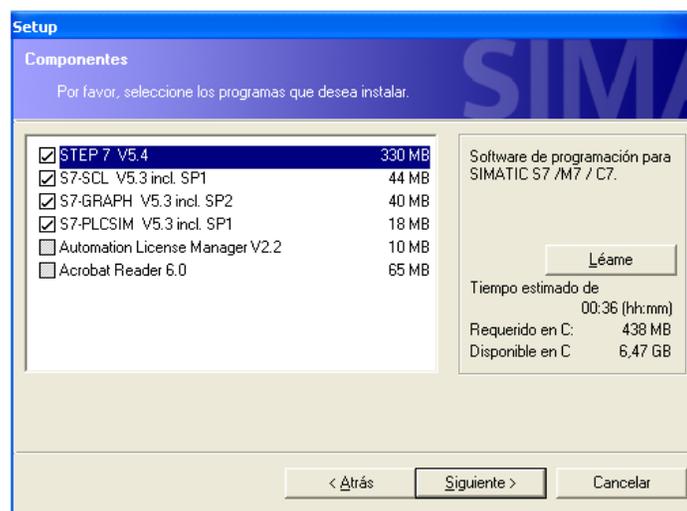
- 1) Para la instalación de este programa hay que instalar primero la versión básica STEP 7 V5.4. Al inicio se configura el idioma de instalación.

Figura 28. Idiomas



- 2) Se seleccionan los componentes a instalar, como ya está instalado el “Automation License Manager” (este programa se instala con WinCC), no aparece habilitado para seleccionar; en caso de no tener instalado el acrobat reader, es mejor no seleccionarlo.

Figura 29. Componentes a Instalar



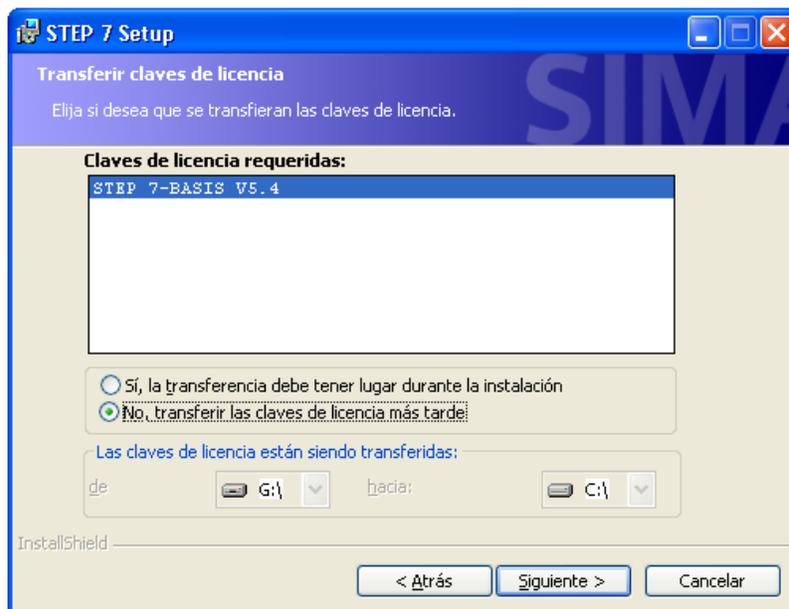
- 3) Al ingresar al Setup del STEP 7, hay que asegurarse de instalar el programa en el disco C, y seleccionar instalación típica.

Figura 30. Tipo de Instalación Step7



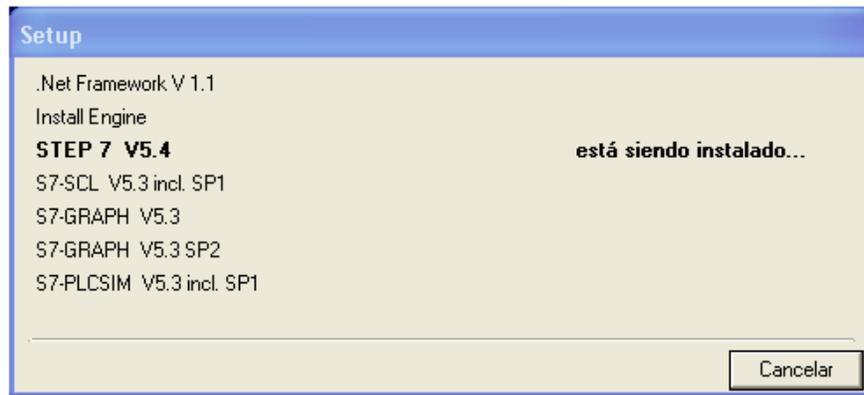
- 4) Cuando el programa solicite si transferir o no las claves de licencia durante la instalación, seleccionar “no, transferir las claves de licencia más tarde”.

Figura 31. Transferir Claves de Licencia Step 7



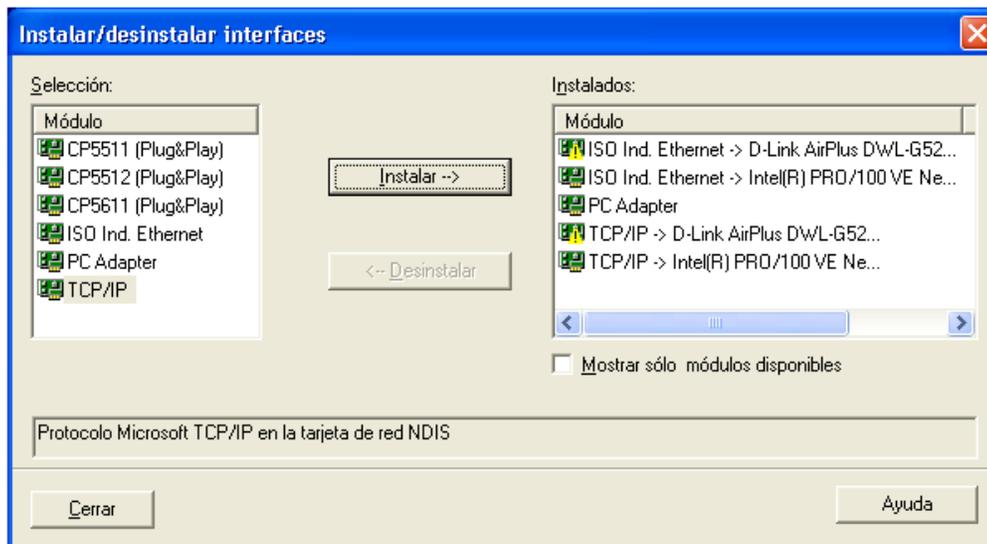
5) Esta es la ventana de Setup, que muestra el progreso general de la instalación.

Figura 32. Progreso Instalación Step7



6) En la siguiente ventana “Instalar/Desinstalar interfaces” además de las ya configuradas seleccionar PC Adapter e “Instalar” y luego cerrar.

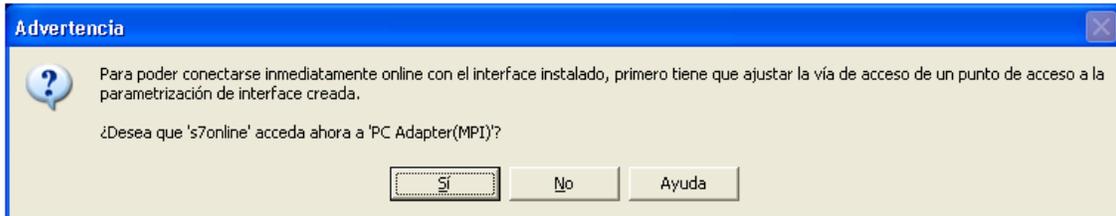
Figura 33. Instalar/Desinstalar Interfaces



7) Aparece luego la siguiente pregunta, a la que hay que dar “si”.

Finalmente se reinicia el computador e inicia la instalación del STEP7 V5.4 SP2

Figura 34. Advertencia s7online/PC Adapter (MPI)

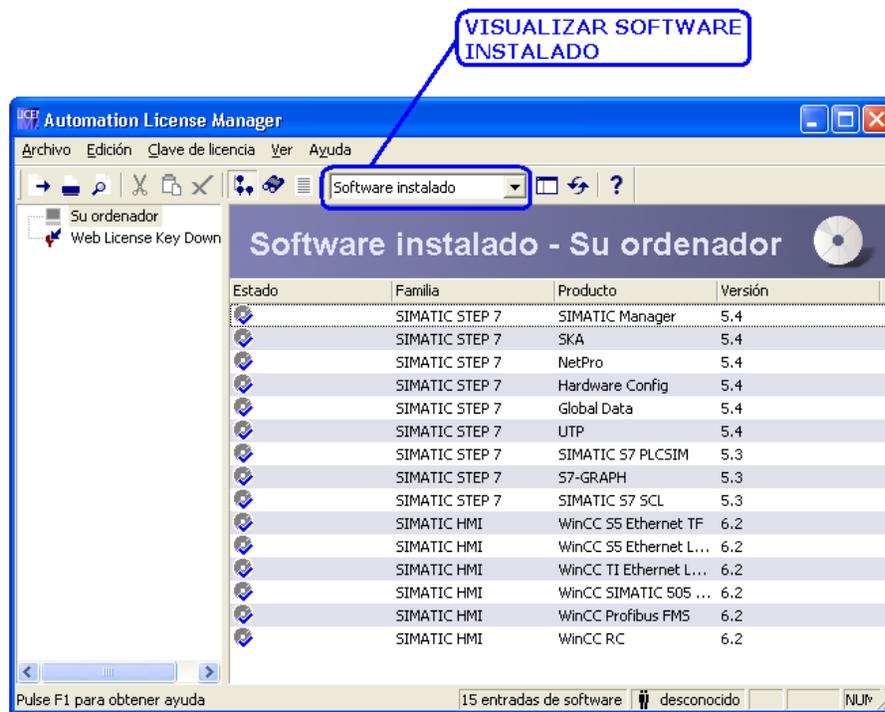


3.5 Instalación de Licencias

1) Luego de haber instalado todos los programas procedemos a instalar las licencias de los programas, Inicie el programa “Automation License Manager”. Podrá ver como al seleccionar “Software Instalado” donde se muestra en la imagen, debe aparecer el software instalado con el icono que indica licencia activada:

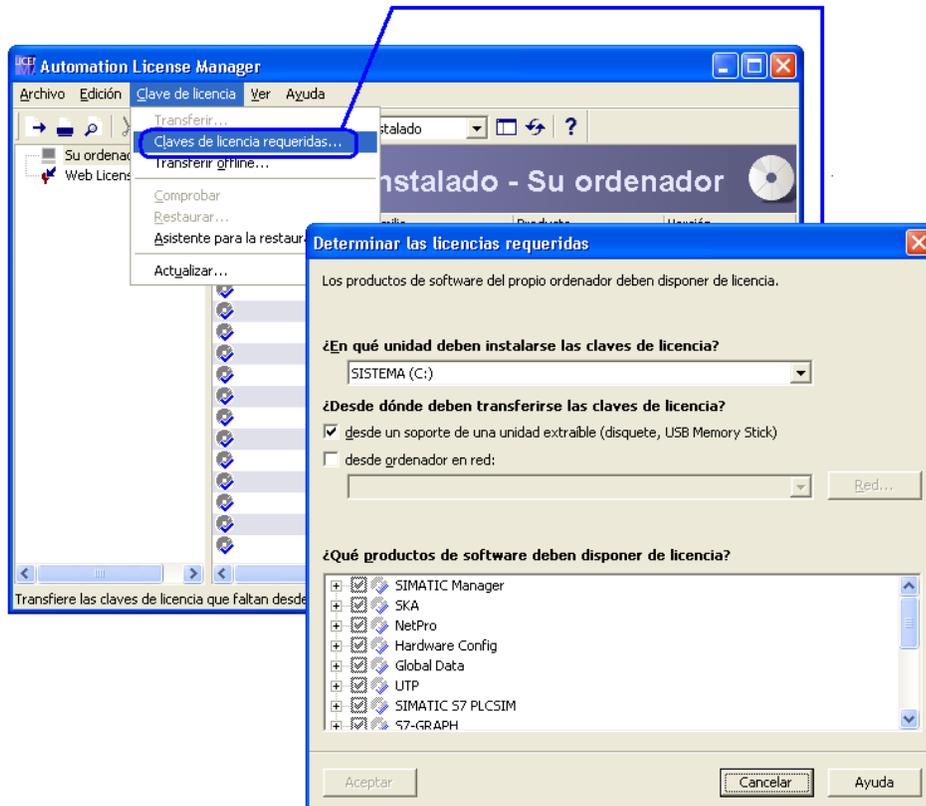


Figura 35. Automation License Manager



2) En caso de que no aparezca este icono, es decir; que no estén activas las licencias, podrá instalarlas desde la pestaña “Clave de Licencia”, y luego seleccionando claves de licencias requeridas, desde el disquete “amarillo”, incluido con el software WinCC.

Figura 36. Determinar las Licencias Requeridas.



4. CONFIGURACION Y PROGRAMACION DE LOS PLC

Para implementar el sistema supervisorio es necesario asegurar la adquisición de datos de los PLC de las Plantas, por parte del maestro; para lo cual es necesario configurar el PLC S7 300 CPU 315F 2PN/DP como maestro de la red profibus, y agregar a este, los esclavos ya con sus respectivas direcciones. En cuanto a la programación es necesario realizar el programa de adquisición del maestro, así como agregar ciertos segmentos de instrucciones a los programas de control utilizados por los esclavos; a continuación se explican las consideraciones tomadas en cuenta para llevar a cabo la adquisición de datos, así como el procedimiento llevado a cabo para la puesta en marcha de la red Profibus.

4.1 Transferencia de información entre los PLC Esclavos y el Maestro.

Para poder implementar un sistema SCADA lo primordial es la adquisición de datos en tiempo real; para lo cual el maestro solicita la información requerida a los esclavos siguiendo ciertas pautas que son configuradas por el diseñador de la aplicación.

Tablas de Memoria para la Lectura de datos

A continuación se muestran unas graficas para explicar la metodología de Lectura de información por parte del maestro, así como tablas para indicar a que valor físico hacen referencia las variables trabajadas. Se parametrizan todos los esclavos en el STEP 7 con un valor de 1000 para la memoria V (Rango de valores utilizados en el programa de los esclavos para permitir la lectura de la información).

Intercambiador de Calor:

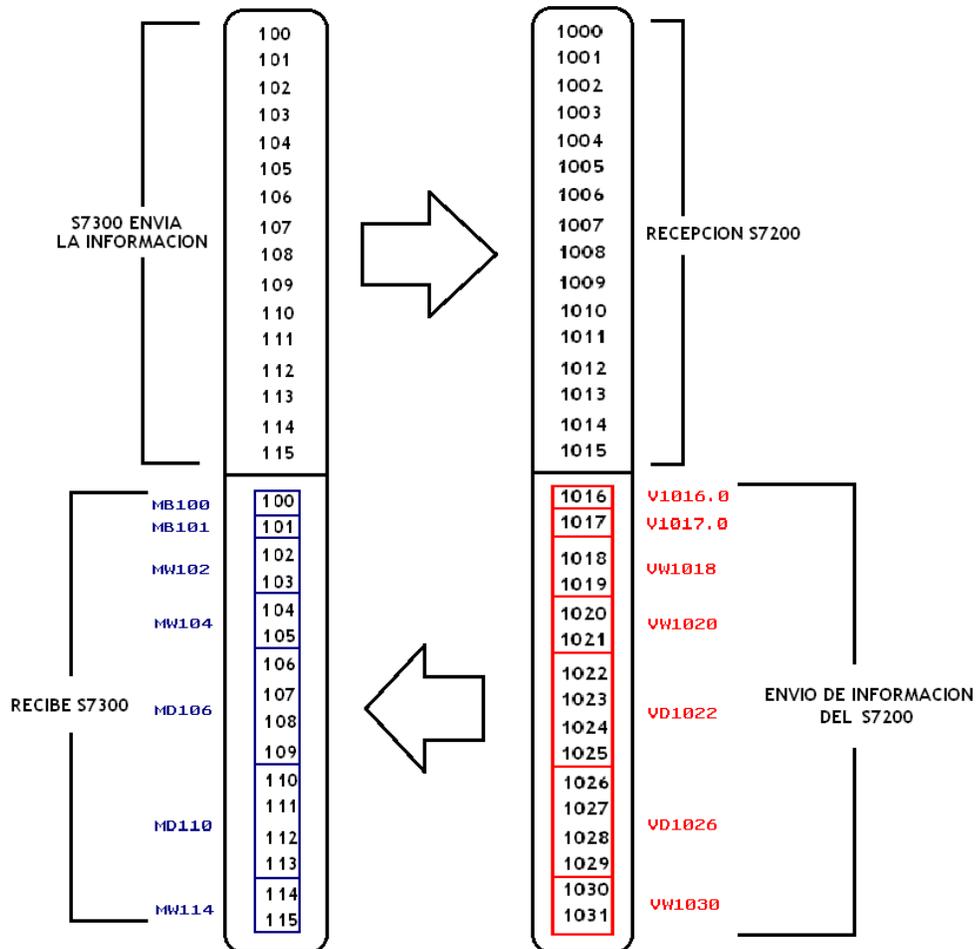
Las direcciones y tamaño de información que identificaran a esta planta en la imagen de proceso IP 0B1 corresponde a 100 – 115 (8 word out/8 word in) para las entradas y salidas.

Tabla 4. Variables para la Planta Piloto Intercambiadora de Calor

<i>Variables Supervisadas</i>	<i>Variables Programa esclavo (Microwin V4.0)</i>	<i>Variable Programa Maestro (STEP7) Periférica entrada/Marca</i>
<i>ON/OFF Bomba agua Fría</i>	<i>V1016.0 (Bit 0 del Byte 1016)</i>	<i>PEB100/MB100</i>
<i>ON/OFF Bomba agua Caliente</i>	<i>V1017.0 (Bit 0 del Byte 1017)</i>	<i>PEB101/MB101</i>
<i>Temperatura Agua Fría</i>	<i>VW1018</i>	<i>PEW102/MW102</i>
<i>Setpoint</i>	<i>VW1020</i>	<i>PEW104/MW104</i>
<i>Caudal Agua Caliente</i>	<i>VD1022</i>	<i>PED106/MD106</i>
<i>Salida Electroválvula</i>	<i>VD1026</i>	<i>PED110/MD110</i>
<i>Temperatura Agua Caliente</i>	<i>VW1030</i>	<i>PED114/MD114</i>

Como se observa en la figura 37, las direcciones de recepción del maestro S7 300, se concuerdan con las direcciones de envío de información del esclavo S7 200; la configuración de los rangos de direcciones para ambos, se hace desde el programa Simatic STEP 7; sin embargo también será necesaria la programación del PLC S7200, como se verá en la sección 4.2.

Figura 37. Memorias utilizadas en la planta piloto Intercambiadora de calor



Tanques en Paralelo

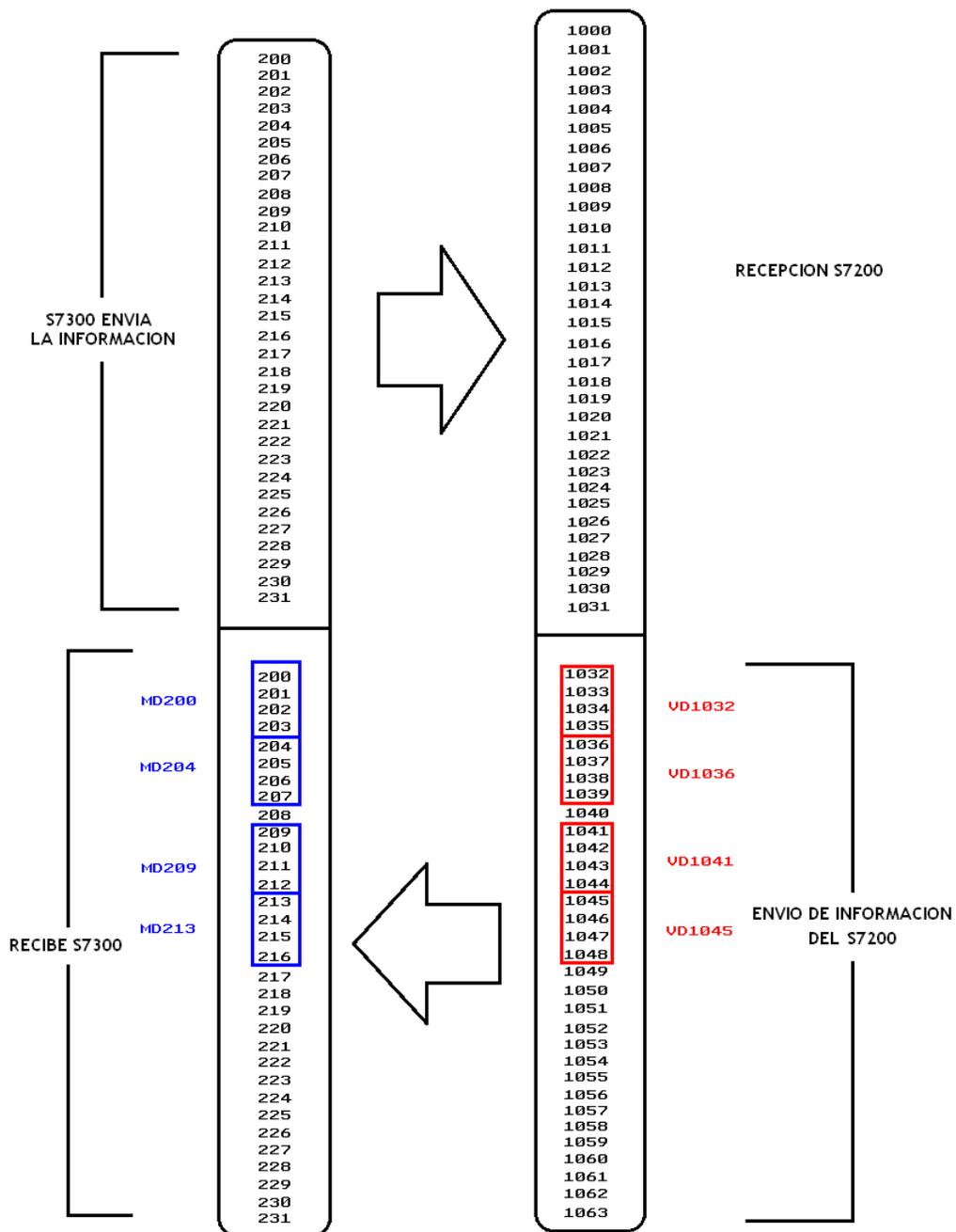
Las direcciones y tamaño de información que identificaran a esta planta en la imagen de proceso IP 0B1 corresponde a 200 – 231 (16 word out/16 word in) para las entradas y salidas.

Tabla 5. Variables para la planta piloto de nivel de Tanques en paralelo

<i>Variables Supervisadas</i>	<i>Variables Programa esclavo (Microwin V4.0)</i>	<i>Variable Programa Maestro (STEP7) Periférica entrada/Marca</i>
<i>NIVEL TANQUE 1</i>	<i>VD1032</i>	<i>PED200/MD200</i>
<i>NIVEL TANQUE 2</i>	<i>VD1036</i>	<i>PED204/MD204</i>
<i>SETPOINT TANQUE 1</i>	<i>VD1041</i>	<i>PED209/MD209</i>
<i>SETPOINT TANQUE 2</i>	<i>VD1045</i>	<i>PED213/MD213</i>

Aunque el tamaño de información enviada no amerita utilizar 16 palabras tanto para la salida como para la entrada, esto se hace con el fin de que el estudiante comprenda como al configurar el tamaño de datos soportados por el modulo EM 277 (Modulo que comunica el esclavo con el maestro), se afecta igualmente el tamaño del rango de variables V.

Figura 38. Memorias utilizadas en la planta piloto de Control de Nivel para tanques en Paralelo



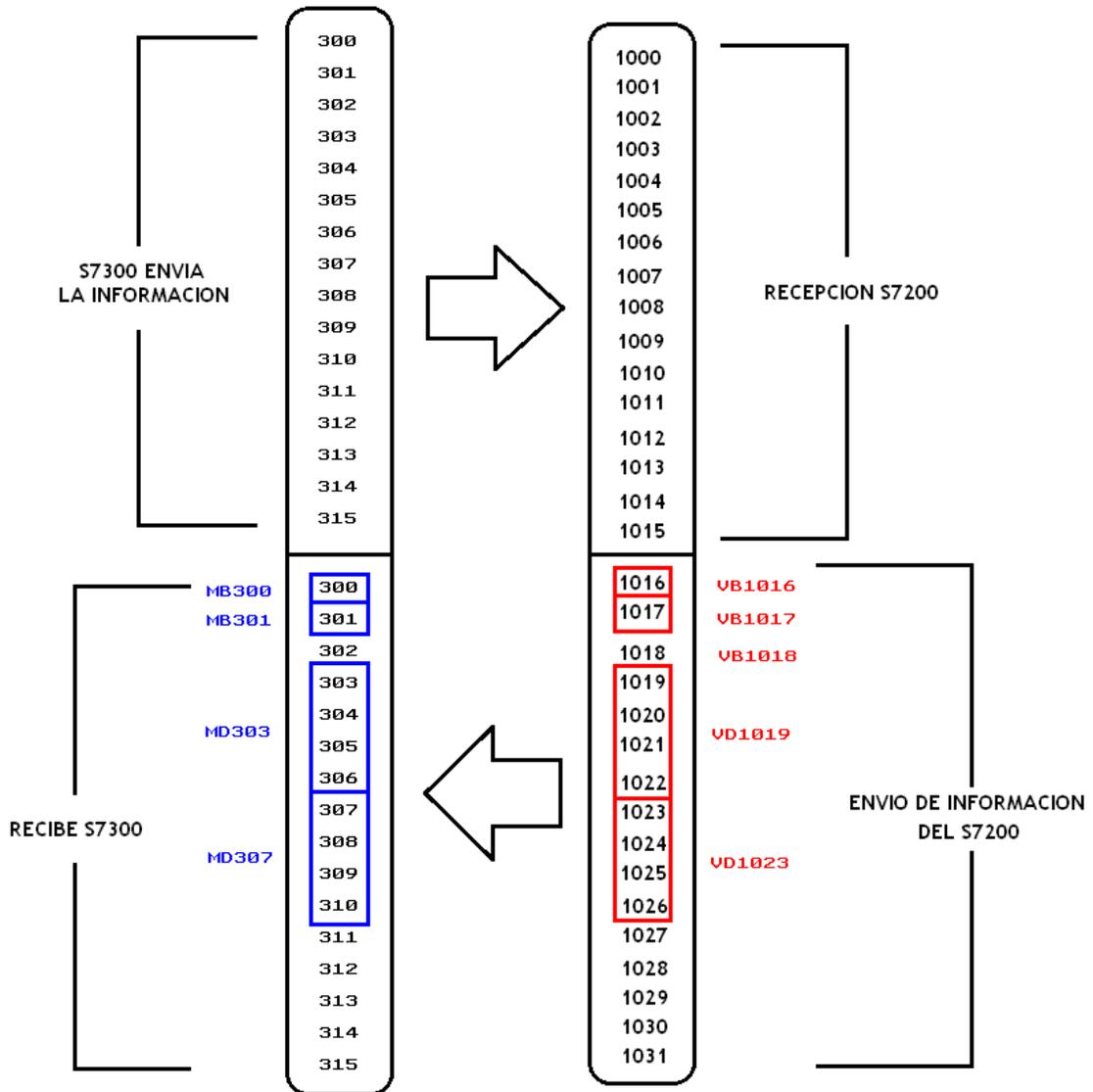
Planta para el control de Presión

Las direcciones y tamaño de información que identificaran a esta planta en la imagen de proceso IP 0B1 corresponde a 300 – 315 (8 word out/8 word in) para las entradas y salidas.

Tabla 6. Variables para la Planta piloto de presión de Tanques

<i>Variables Supervisadas</i>	<i>Variables Programa esclavo (Microwin V4.0)</i>	<i>Variable Programa Maestro (STEP7) Periférica entrada/Marca</i>
<i>ON/OFF COMPRESOR</i>	<i>VB1016</i>	<i>PEB300/MB300</i>
<i>MODO MANUAL/ MODO AUTOMATICO</i>	<i>VB1017</i>	<i>PEB301/MB301</i>
<i>TRANSMISOR DE PRESION</i>	<i>VD1019</i>	<i>PED303/MD303</i>
<i>SETPOINT PRESION</i>	<i>VD1023</i>	<i>PED307/MD307</i>

Figura 39. Memorias utilizadas en la planta piloto de control de presión.



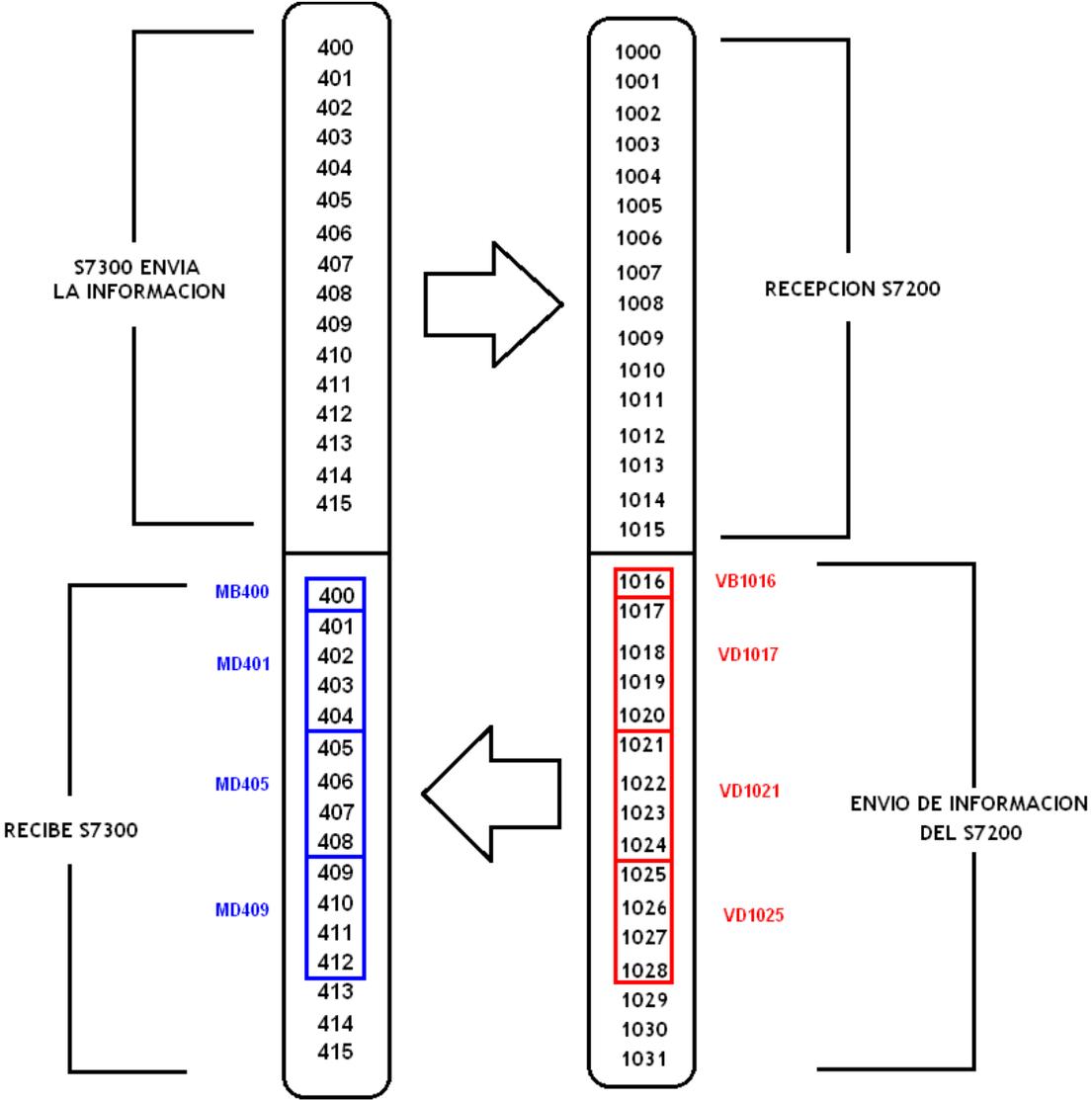
Planta para el control de los Tanques en Serie

Las direcciones y tamaño de información que identificaran a esta planta en la imagen de proceso IP 0B1 corresponde a 400 – 415 (8 word out/8 word in) para las entradas y salidas.

Tabla 7. Variables para la planta piloto de nivel de tanques en serie

<i>Variables Supervisadas</i>	<i>Variables Programa Esclavo (MicroWin V4.0)</i>	<i>Variables Programa Maestro (STEP7) Periférica Entrada/Marca</i>
ON/OFF BOMBA	V1016.0	PEB400/MB400
NIVEL	VD1017	PED401/MD401
PORCENTAJE DE APERTURA DE LA ELECTROVALVULA	VD1021	PED405/MD405
SETPOINT	VD1025	PED409/MD409

Figura 40. Memorias utilizadas en la planta piloto de Control de Nivel para Tanques en Serie



4.2 Programación de los PLC esclavos con el software Microwin

En esta etapa del proyecto, los datos a supervisar se mueven a las variables correspondientes al “envío de información” de los S7 200, de forma que el maestro pueda realizar la lectura de estos.

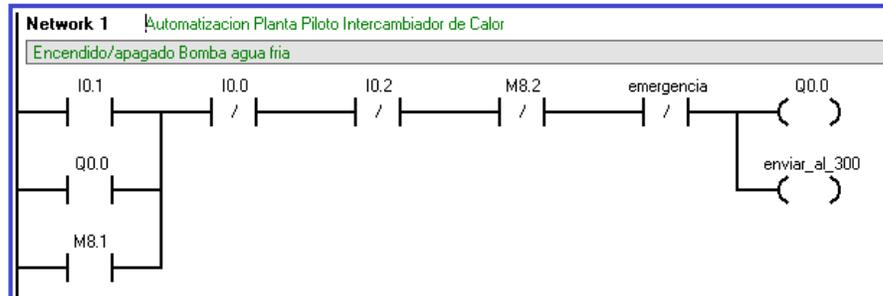
4.2.1 Planta piloto Intercambiadora de Calor

Las adiciones hechas al programa de control de la planta piloto Intercambiadora de Calor son realizadas todas en el bloque de programa principal.

Network 1

En este segmento se activa el bit 0 del byte 1016, correspondiente al estado de la bomba de agua fría, siendo este monitoreado por el PLC maestro. En el programa se le dio el nombre de “enviar_al_300” a este bit.

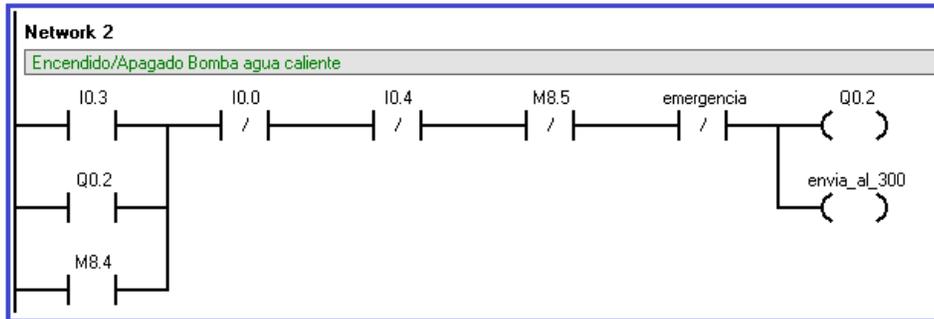
Figura 41. Lectura del estado de la bomba de agua Fría



Network 2

En este segmento se activa el bit 0 del byte 1017, correspondiente al estado de la bomba de agua caliente. En el programa se le dio el nombre de “envia_al_300” a este bit.

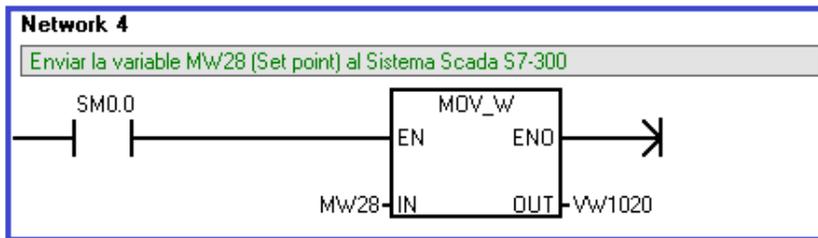
Figura 42. Lectura del estado de la bomba de agua Caliente



Network 4

Segmento en el que se da la lectura del valor del Setpoint por parte del maestro profibus, moviendo la variable MW28 a la palabra VW1020.

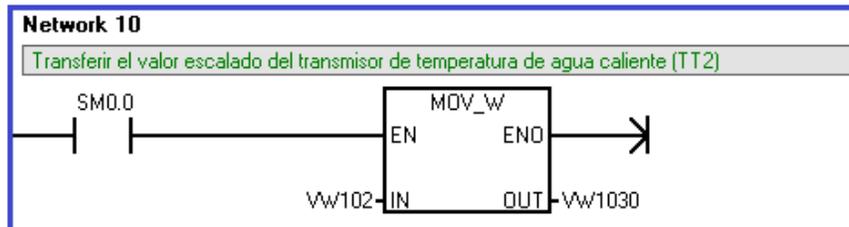
Figura 43. Lectura del Valor del Setpoint



Network 10

En este se toma el valor de la temperatura de agua caliente, utilizando la palabra VW1030.

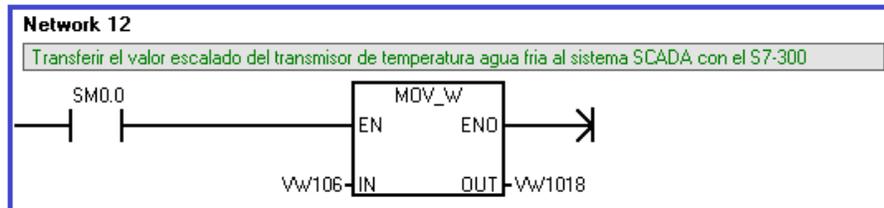
Figura 44. Lectura de la Temperatura de Agua Caliente



Network 12

Segmento en el que se lee el valor de la temperatura de agua fría, trasladando la palabra VW106 a la palabra VW1018.

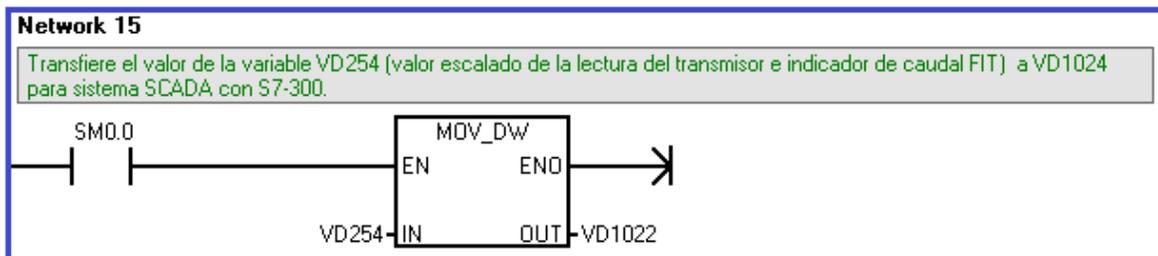
Figura 45. Lectura de la Temperatura de Agua Fría



Network 15

Lectura del valor del caudal de agua caliente, moviendo la variable VD254 a la doble palabra VD1022.

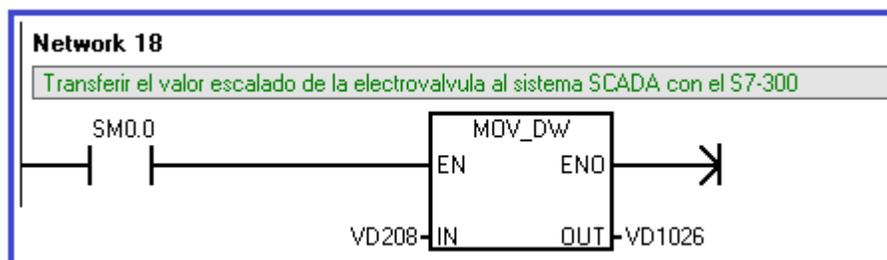
Figura 46. Lectura del Valor de Caudal



Network 18

Lectura del valor de apertura de la electroválvula, trasladando la variable VD208 a la doble palabra VD1026.

Figura 47. Lectura del estado de apertura de la Electroválvula



4.2.2 Planta piloto de control de nivel de Tanques en paralelo

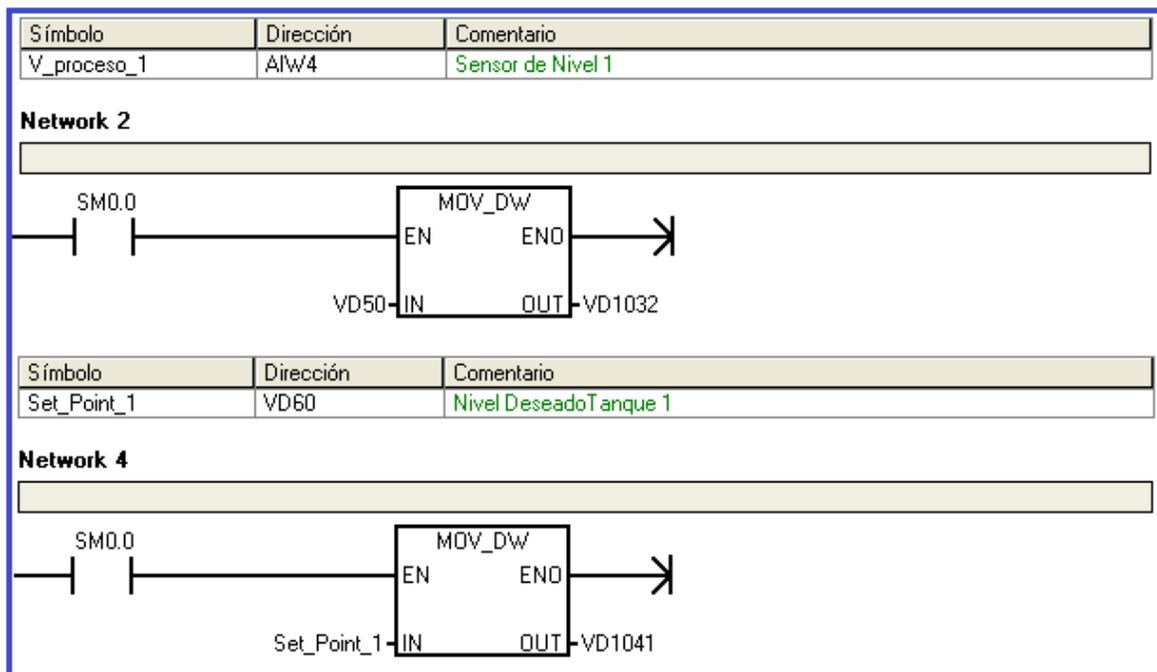
En la figura siguiente se muestran los bloques de programa a utilizar, como son el bloque de control de nivel 1 y nivel 2.

Figura 48. Bloques a Intervenir



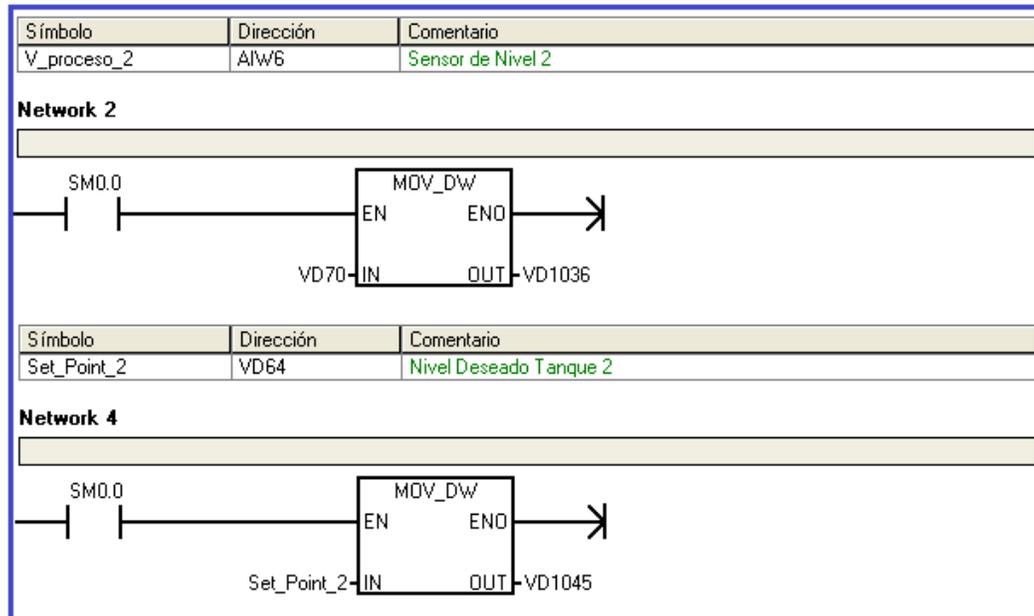
Para el Bloque Nivel_Tk1 se agregaron las siguientes líneas de programa

Figura 49. Segmentos de programa agregados para el Bloque Nivel_Tk1



Para el Bloque Nivel_Tk2 se tienen los siguientes segmentos agregados

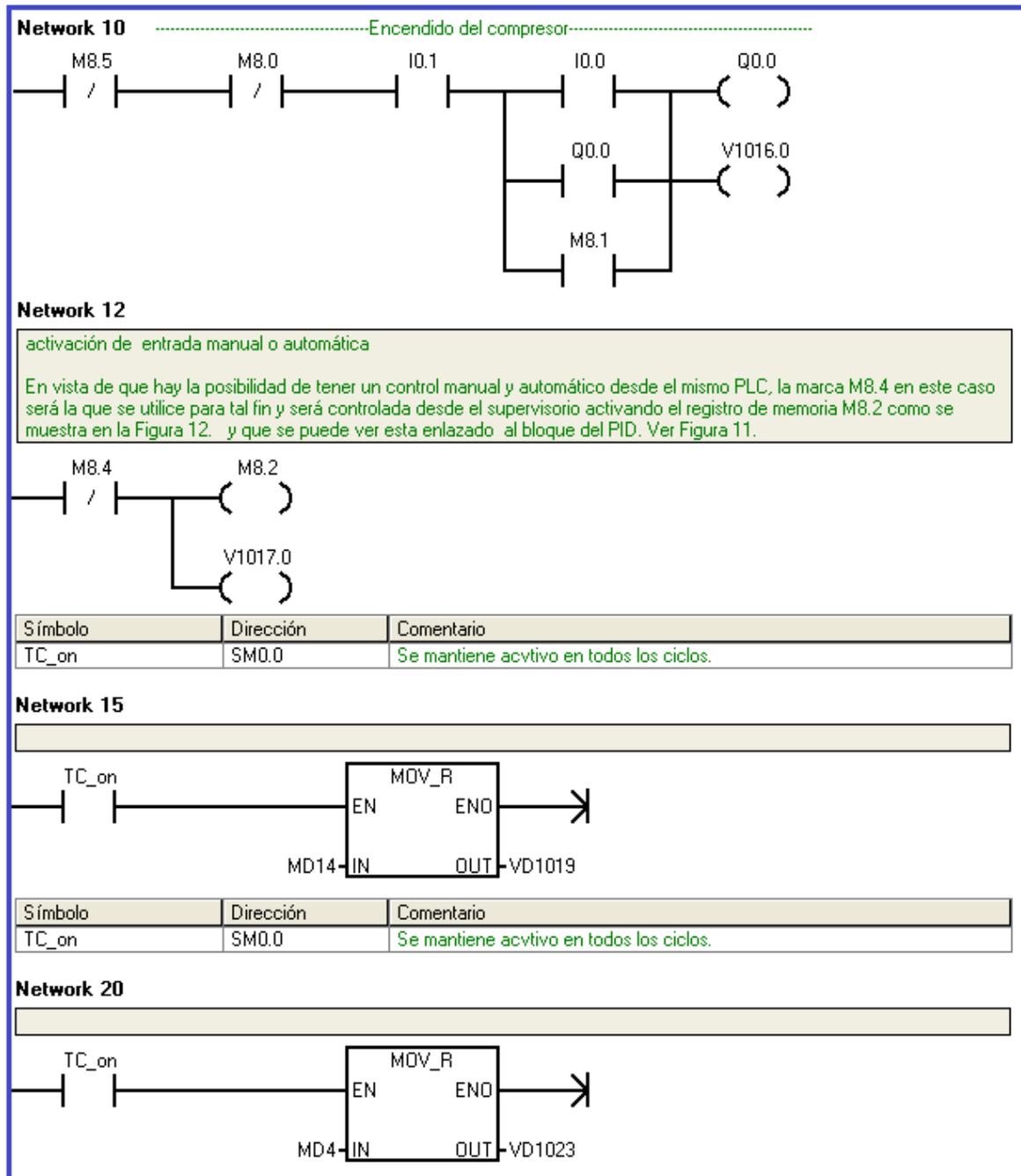
Figura 50. Segmentos de programa agregados para el Bloque Nivel_Tk2



4.2.3 Planta piloto de control de Presión

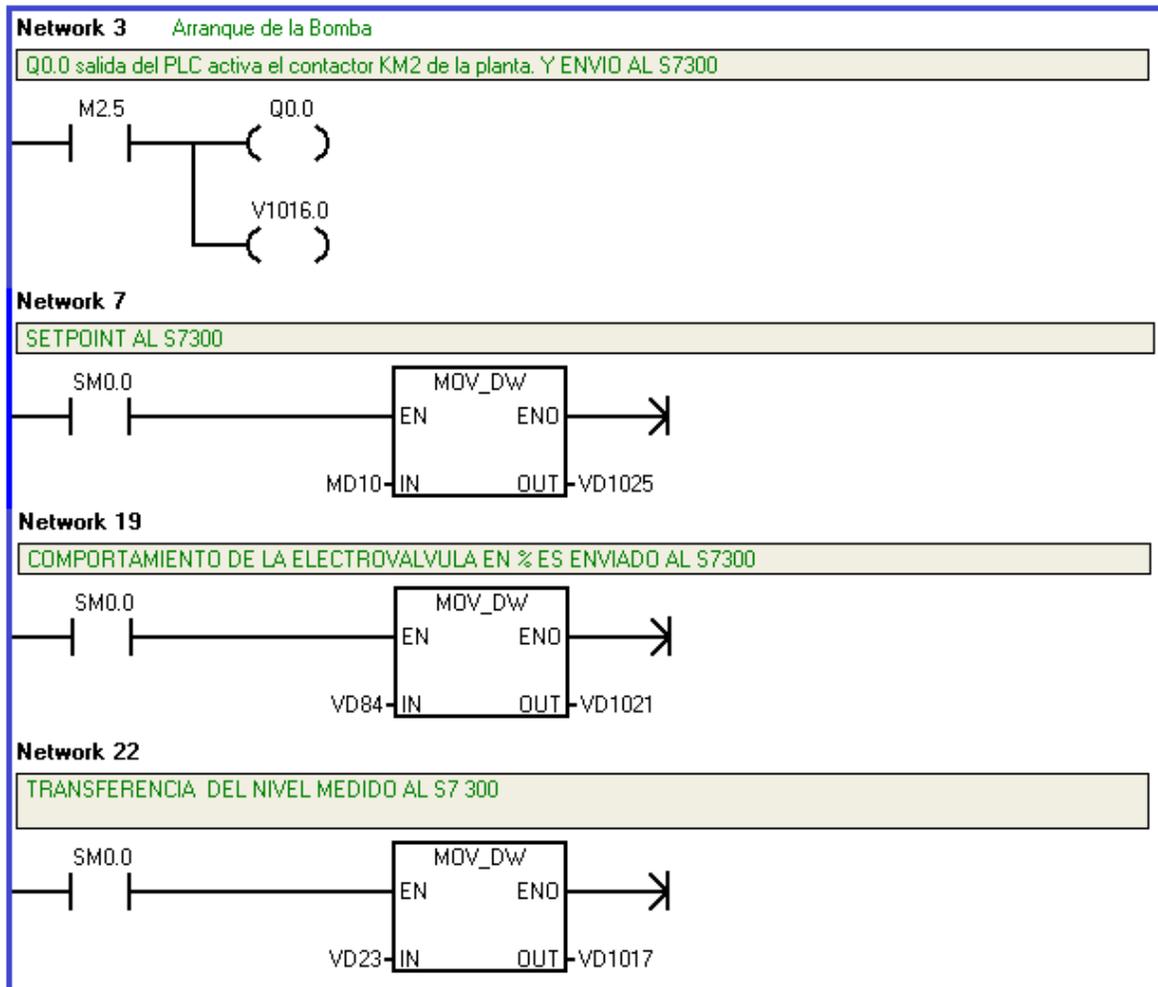
Todos los cambios y segmentos agregados al programa tuvieron lugar en el bloque principal de este.

Figura 51. Segmentos modificados y agregados en el bloque principal



4.2.4 Planta piloto de control de nivel de Tanques en serie

Figura 52. Segmentos de programa del bloque principal para los tanques en serie



4.3 Configuración y Programación del PLC Maestro con el Software STEP 7

Dentro de las partes fundamentales para el funcionamiento del SCADA, se encuentra la configuración del PLC maestro que se hace mediante el software SIMATIC. Este software permite establecer la comunicación en la red, configurando en este, el protocolo de comunicación que se utilizara para comunicar el PLC maestro S7-300 con los esclavos S7-200. Anteriormente se mencionaba que en el proyecto se utilizaran los protocolos de comunicación TCP/IP y PROFIBUS.

Para la configuración del PLC maestro S7-300 se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

4.3.1 Crear nuevo Proyecto en el Administrador Simatic

La manera más rápida de iniciar STEP7 es haciendo doble clic en el icono "Administrador SIMATIC" que se encuentra en el escritorio.

Figura 53. Inicio administrador Simatic



A continuación se abre la ventana del Administrador SIMATIC. Desde allí es posible acceder a todas las funciones instaladas, tanto del paquete estándar como de los paquetes opcionales.

El Administrador SIMATIC es la interface para acceder a la configuración y a la programación que permite:

- Crear proyectos
- Configurar y parametrizar el hardware
- Configurar redes de hardware
- Programar bloques
- Ver el funcionamiento del programa online

Para iniciar el proyecto se sigue la ruta:

Inicio → Todos los programas → SIMATIC → Administrador Simatic.

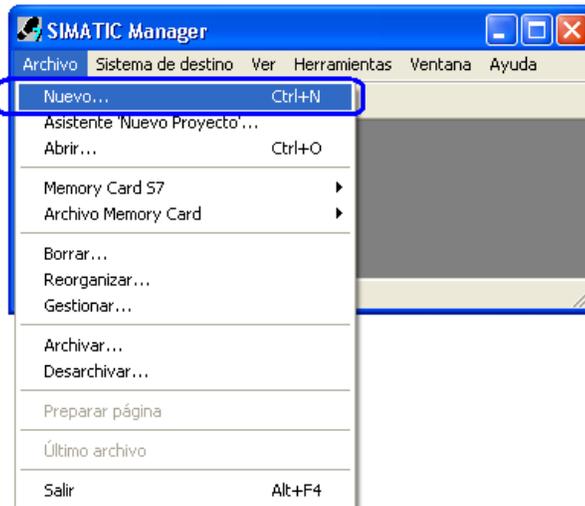
A continuación se abre el siguiente cuadro de dialogo asistente de STEP 7.

Figura 54. Asistente de STEP 7: Nuevo Proyecto



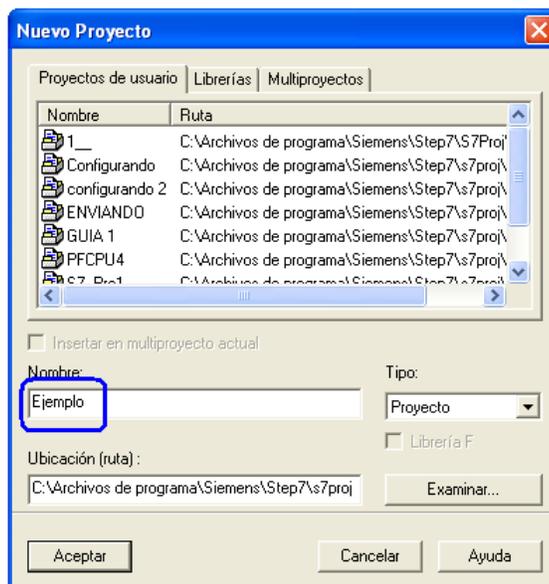
Se hace clic en cancelar y luego en Archivo, y Nuevo, como muestra la figura 55.

Figura 55. SIMATIC Manager



A continuación se abre el siguiente cuadro de diálogo, donde se le dará nombre al proyecto en este caso toma el nombre de “ejemplo”; clic en aceptar y se abre una nueva ventana con el nombre del proyecto.

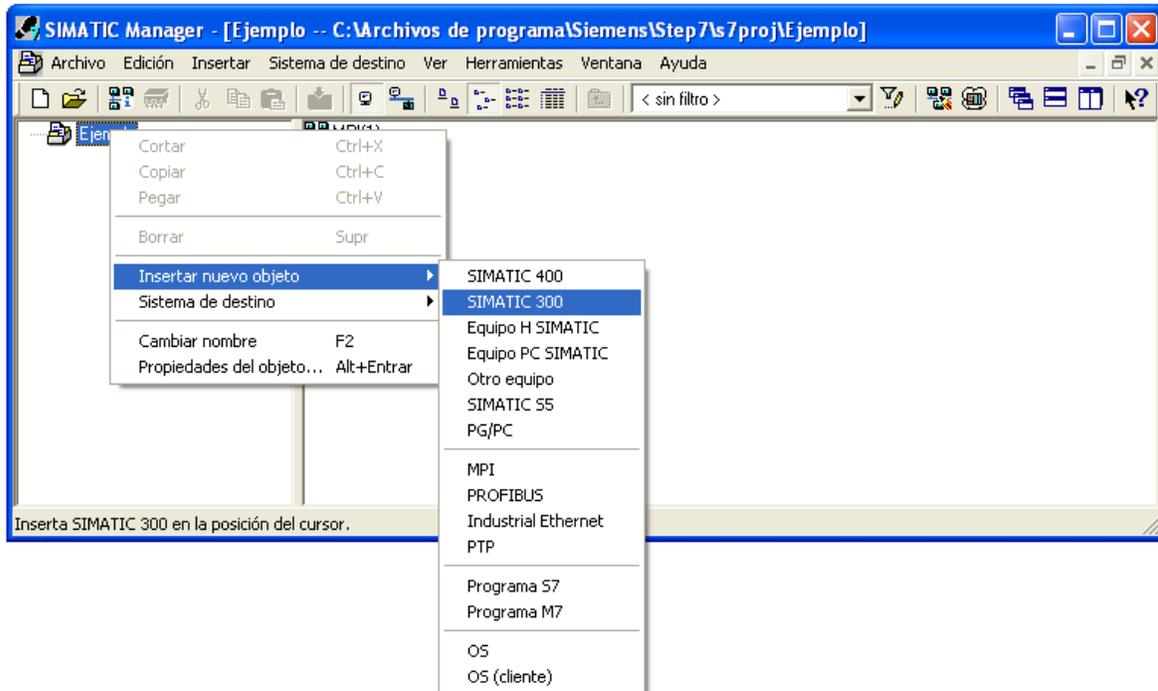
Figura 56. Asignación de nombre del proyecto



4.3.2 Insertar Equipo Maestro S7 300

Creado el proyecto se procede a realizar la configuración del PLC maestro S7-300. Para esto se da clic derecho sobre el proyecto, como se muestra en la figura.

Figura 57. Insertar equipo maestro S7-300



Se da clic en insertar objeto y seleccionamos SIMATIC 300, ya que en esta librería se encuentra el PLC que se desea configurar en el proyecto.

4.3.3 Configuración del Hardware

Insertado el nuevo el objeto, se nota que aparece adicionado el SIMATIC 300, ahora el paso a seguir es ingresar el hardware que compone el maestro. Para esto se da doble clic sobre Hardware y se abre una nueva ventana en la cual se configura el hardware del maestro:

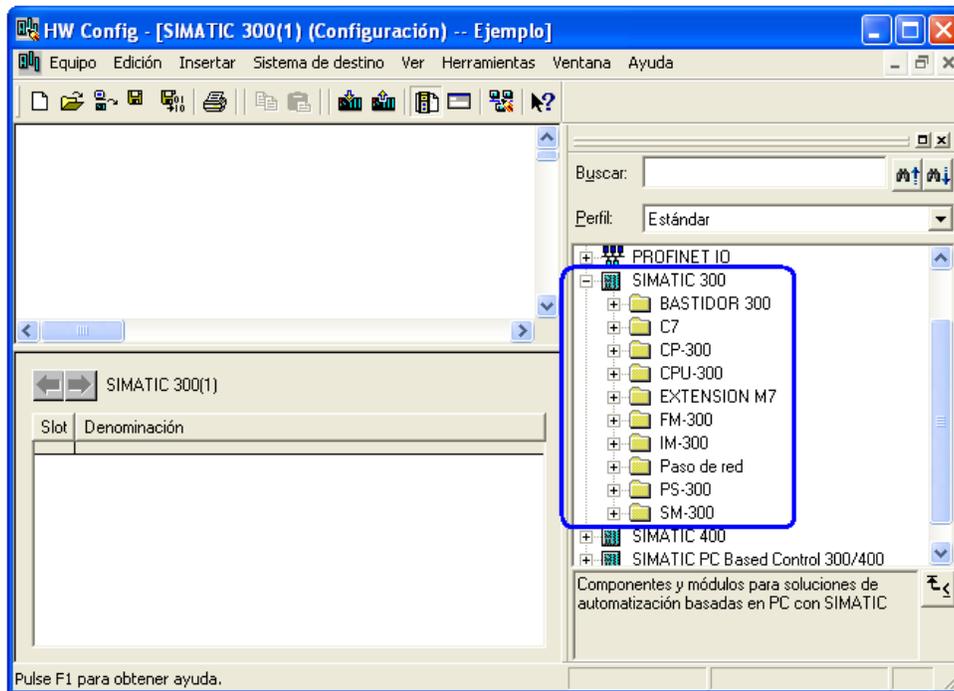
Figura 58. Configuración del Hardware



En la ventana de configuración se procede a ingresar los elementos hardware que componen el PLC maestro. Se da clic en la librería SIMATIC 300, de la cual se obtienen los elementos que conformaran el hardware del maestro como lo son:

- Bastidor
- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulos de E/S análogas y digitales

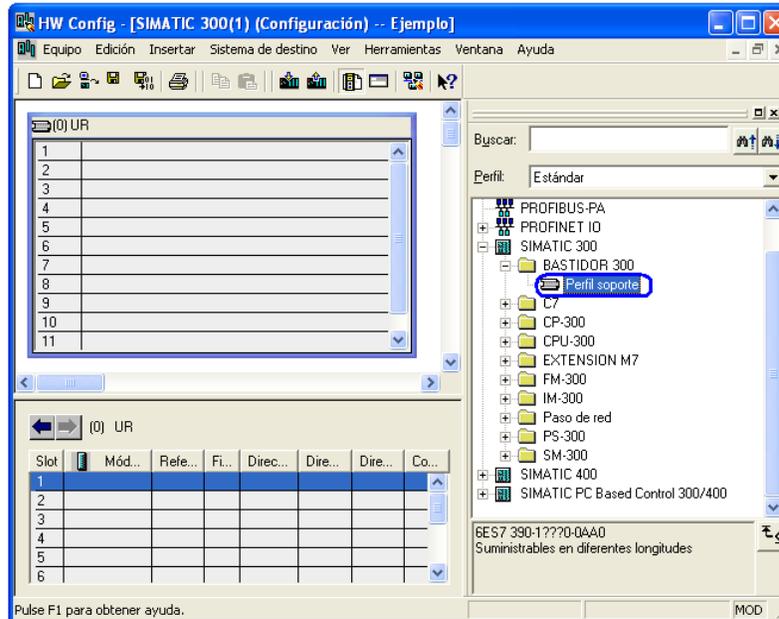
Figura 59. Ventana de configuración del hardware



4.3.4 Insertar objetos hardware del maestro

En primera instancia se inserta el perfil soporte; se da clic en bastidor de la librería SIMATIC 300, y luego doble clic en perfil soporte por lo que la ventana de configuración tendrá el siguiente aspecto.

Figura 60. Objetos hardware del maestro



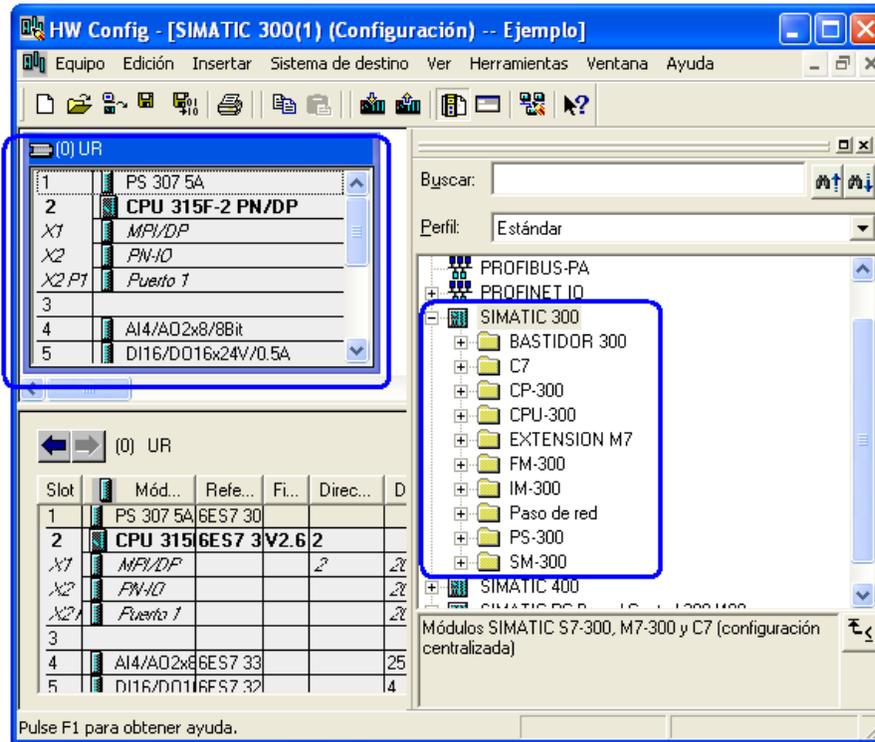
A continuación se agrega la fuente de alimentación del maestro; se da clic sobre la carpeta PS-300 de la librería SIMATIC 300 y se selecciona la fuente PS 307 5 A, la cual se ubica en el slot 1 del perfil de soporte.

De igual manera se inserta la CPU del maestro dando clic en la carpeta CPU-300 de la librería SIMATIC 300, y se selecciona la carpeta CPU 315F-2 PN/DP, dentro de esta se ubica la carpeta 6E S7 315-2FH130A0B de la cual seleccionamos la V 2.6, y la ubicamos en el slot 2 del perfil de soporte.

Insertadas la fuente de voltaje y la CPU del maestro por último, se insertan los módulos de E/S análogas y digitales, para esto se da clic en la carpeta SM-300 de la librería SIMATIC 300 y se selecciona primero la carpeta AI/AO-300 para las E/S análogas, en esta carpeta se selecciona el modulo SM 334 AI4/AOx8/8Bit, ubicándolo en el slot 4 del perfil de soporte. Seleccionado y ubicado el modulo de E/S análogas se continua con el modulo de E/S digitales para lo cual se selecciona la carpeta DI/DO-300 que se encuentra dentro de la carpeta SM-300. En la carpeta DI/DO-300 se selecciona el modulo SM 323 DI16/DO16x24V/0.5 A y se ubica en el slot 5 del perfil de soporte.

Insertados todos los objetos hardware del maestro la ventana de configuración se visualiza de la siguiente manera en la figura 61.

Figura 61. Hardware maestro completo

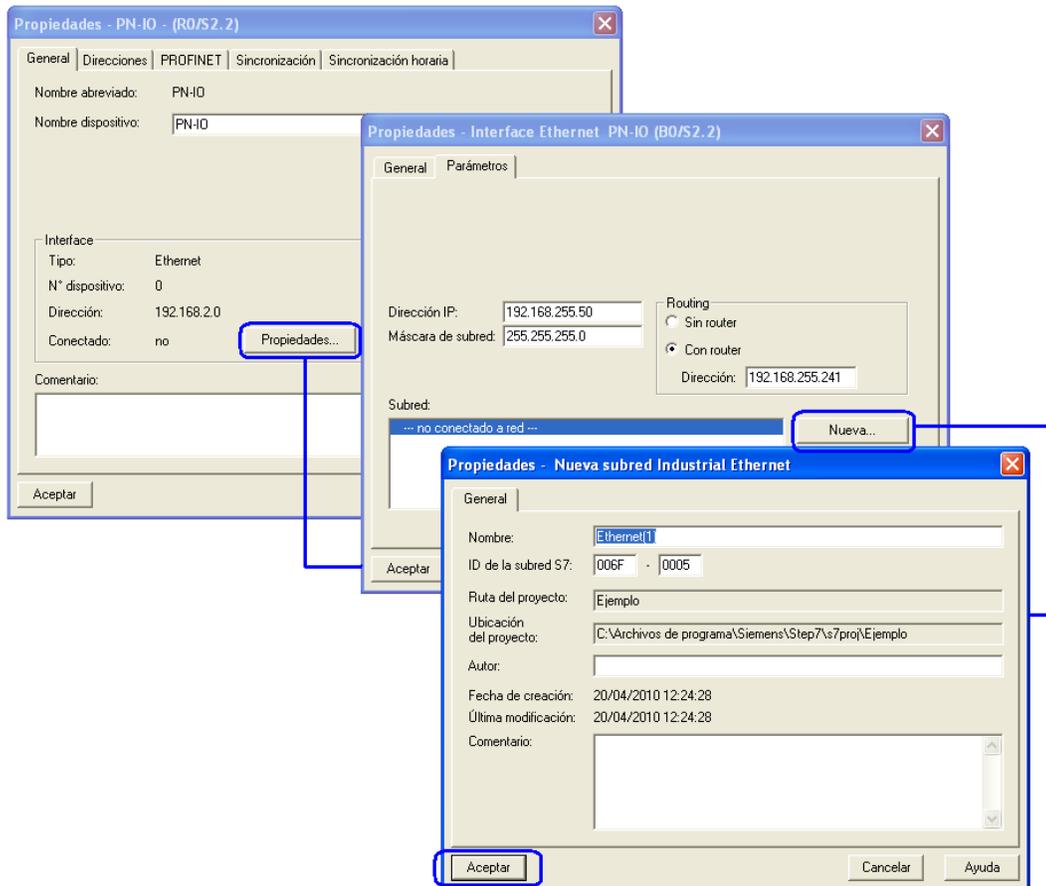
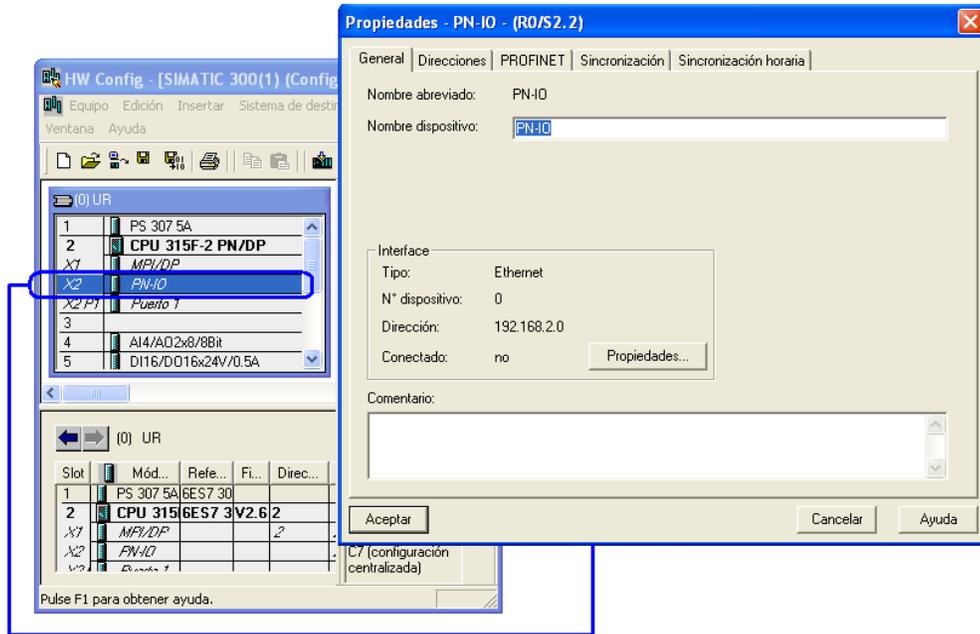


4.3.5 Configuración de la Interfaz DP

Después de insertar la CPU 315F-2 PN/DP se muestra la ventana de propiedades de la interfaz, que se muestra en la figura 62.

En esta ventana se configura la dirección IP que se le asignara al PLC maestro, en el caso del proyecto creado se utiliza la dirección IP 192.168.255.50; se escoge esta dirección ya que el router está configurado con la dirección IP 192.168.255.241; para establecer comunicación con el protocolo TCP/IP se selecciona la opción con router. A continuación se da clic en la opción nueva por lo cual se abre una ventana en la cual aparece una nueva subred con el nombre Ethernet (1) se da clic en aceptar y queda de esta manera configurada la comunicación por protocolo TCP/IP.

Figura 62. Configuración de la interfaz Ethernet PN-IO



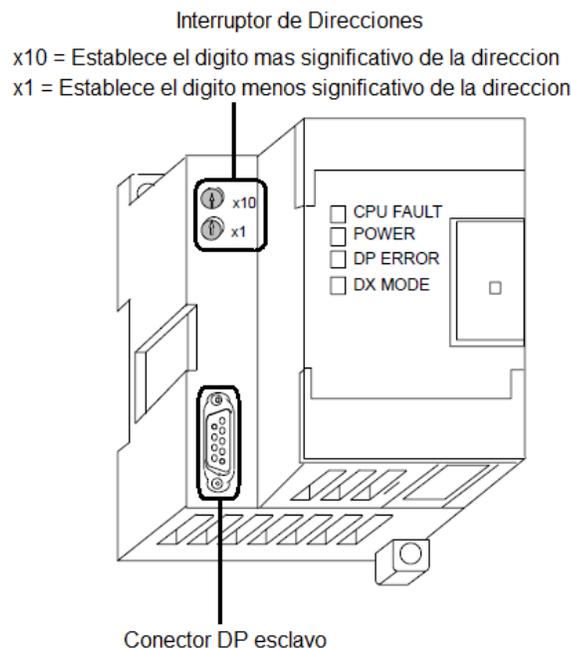
Configurado el PLC maestro se procede a guardar la configuración siguiendo la siguiente ruta:

Archivo → *guardar y compilar*, luego se abre una ventana de Selección de la asignación de números de avisos, clic en aceptar, para que se inicie la compilación de los datos.

4.4 Direccionamiento de los PLC Esclavos S7-200

El direccionamiento es importante para la transferencia de datos porque de esa manera el PLC maestro identifica a los PLCs esclavos de donde está recibiendo o enviando información o datos.

Figura 63. Configuración de dirección de PLC esclavos



Las direcciones de las plantas pilotos incluidos en el SCADA, se configuran con las direcciones mostradas en la tabla 8.

Tabla 8. Configuración de Dirección de Esclavos

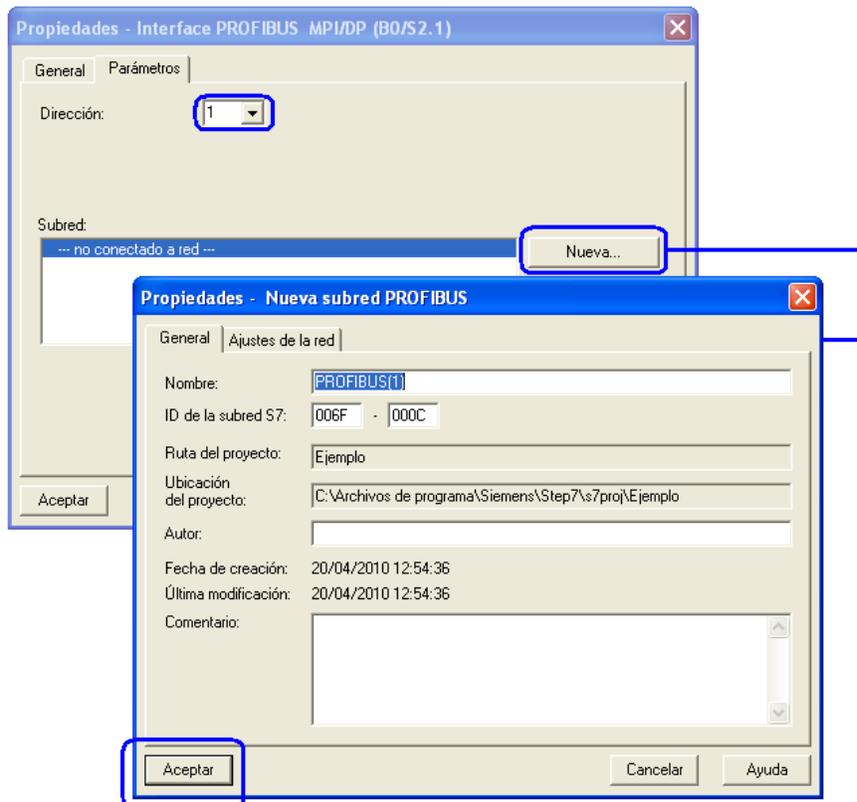
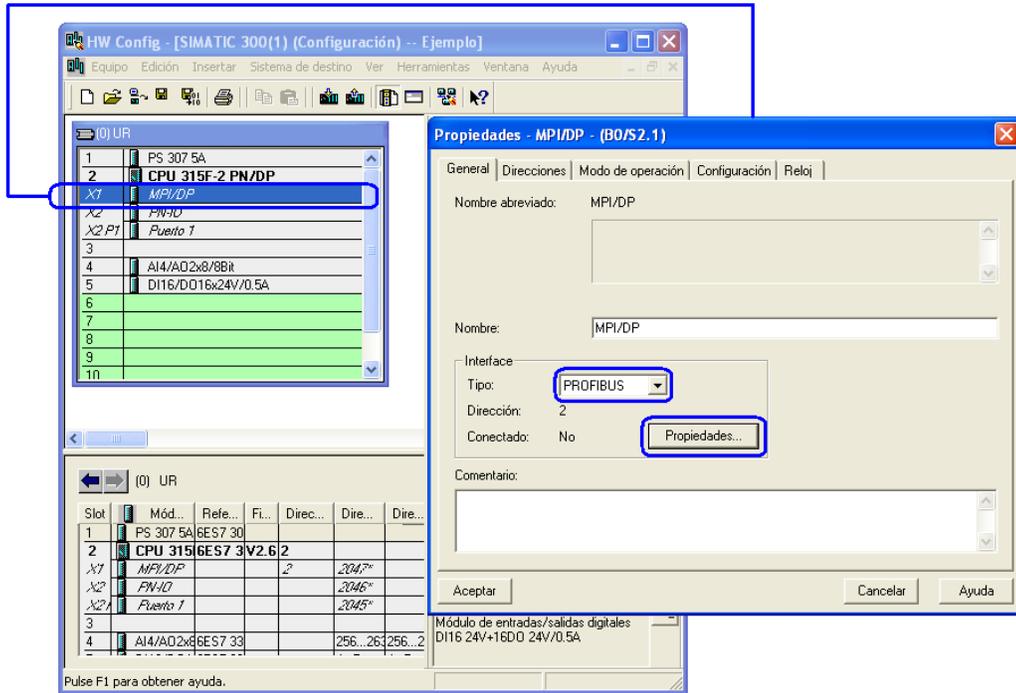
<i>Plantas Piloto</i>	<i>X10</i>	<i>X1</i>
Tanques en Serie	0	2
Control de Presión	0	3
Tanques en Paralelo	0	6
Intercambiador de Calor	0	7

4.5 Configuración de la Interfase Profibus

En la ventana de configuración de hardware, se configura la interfase PROFIBUS MPI/DP, haciendo doble clic sobre el slot de comunicación de la CPU 315F-2 PN/DP MPI/DP como se observa en la figura 64; se abre entonces la ventana de propiedades en la cual se selecciona la interfase PROFIBUS, lo cual abre la ventana de propiedades de PROFIBUS MPI/DP; en el campo dirección se le asigna la dirección 1 la que será la dirección del PLC maestro en la red. En esta ventana de propiedades se da clic en el icono nueva, y este a su vez abre una nueva ventana donde se nombra la interfase como PROFIBUS (1), en la misma ventana se da clic en la pestaña ajuste de la red donde se configura la velocidad de transmisión y el perfil de la interface, para estos dos casos se seleccionan los siguientes parámetros:

- Velocidad de transmisión 1.5 Mbits/s
- Perfil DP (Periferia distribuida)

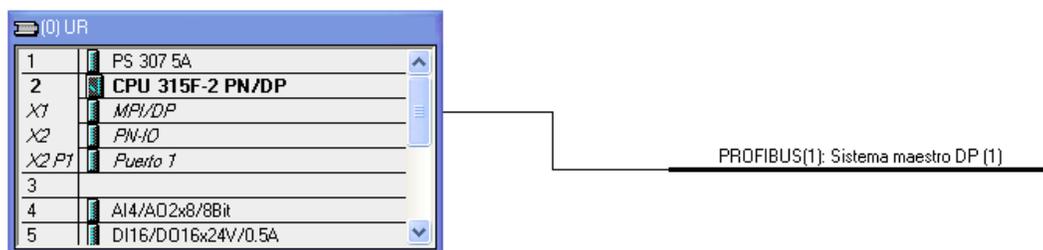
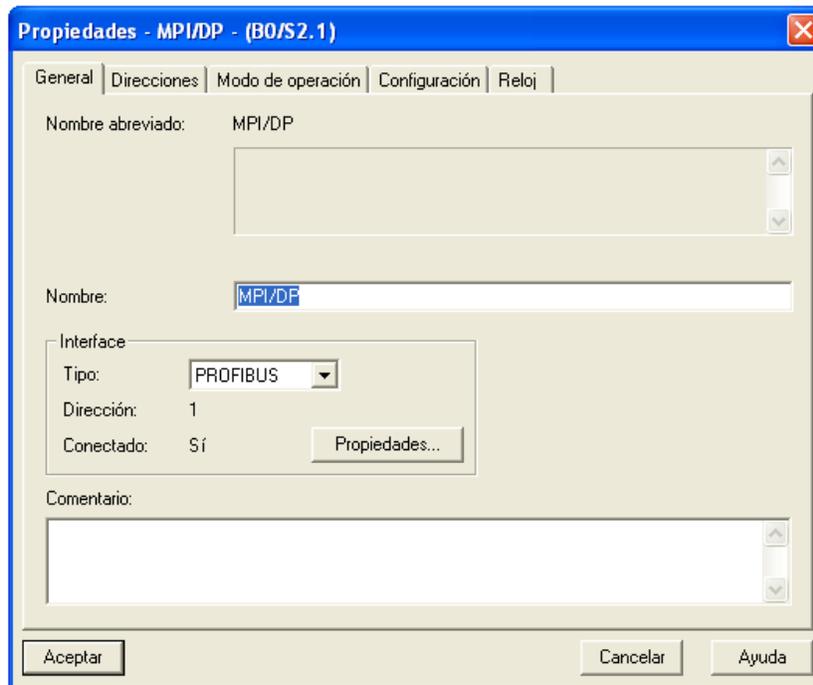
Figura 64. Configuración interfaz Profibus DP



4.5.1 Insertar PLC Esclavos al Bus de Campo

Configurada la interface PROFIBUS la imagen de la ventana de configuración de hardware queda de la siguiente manera:

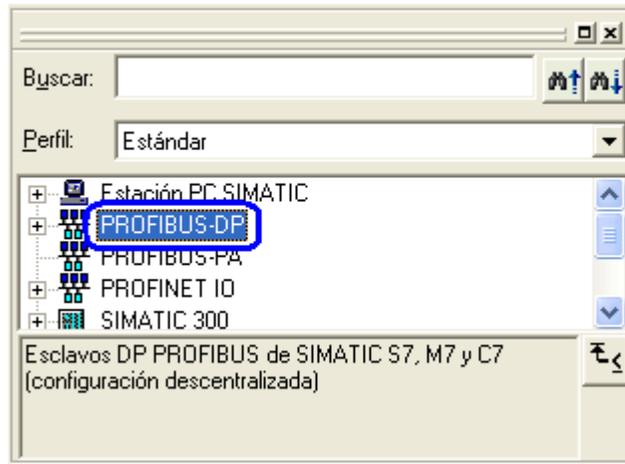
Figura 65. Interfaz Profibus configurada



En esta se puede observar una barra al lado derecho del perfil soporte la cual representa el sistema maestro donde se anclaran los PLCs esclavos.

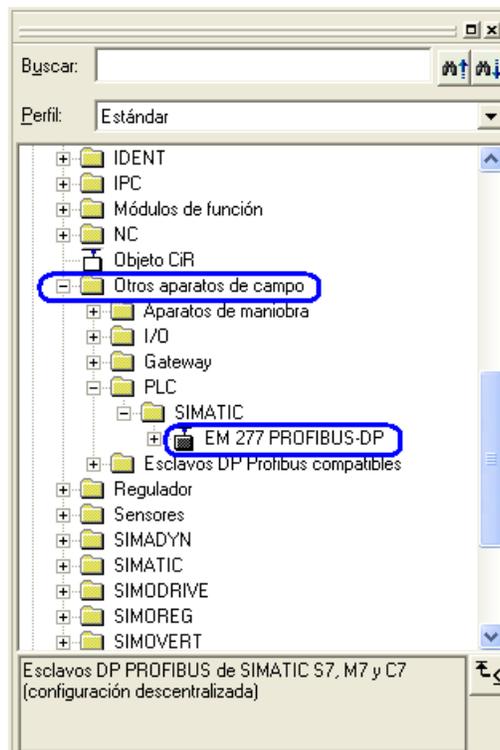
El paso a seguir es conectar los PLCs esclavos a la red PROFIBUS que se han configurado; como la configuración se hizo en profibus DP se da doble clic en la carpeta PROFIBUS DP.

Figura 66. Configuración PLC esclavos



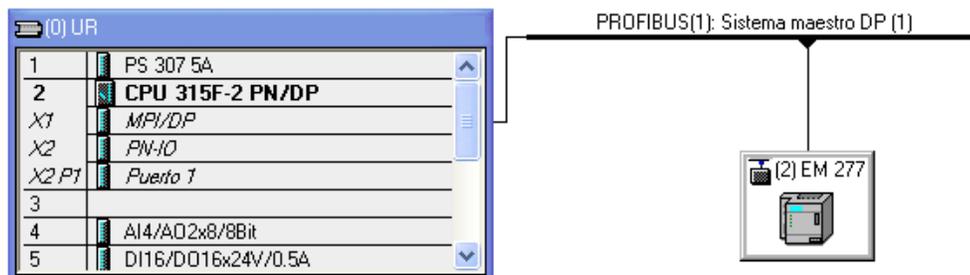
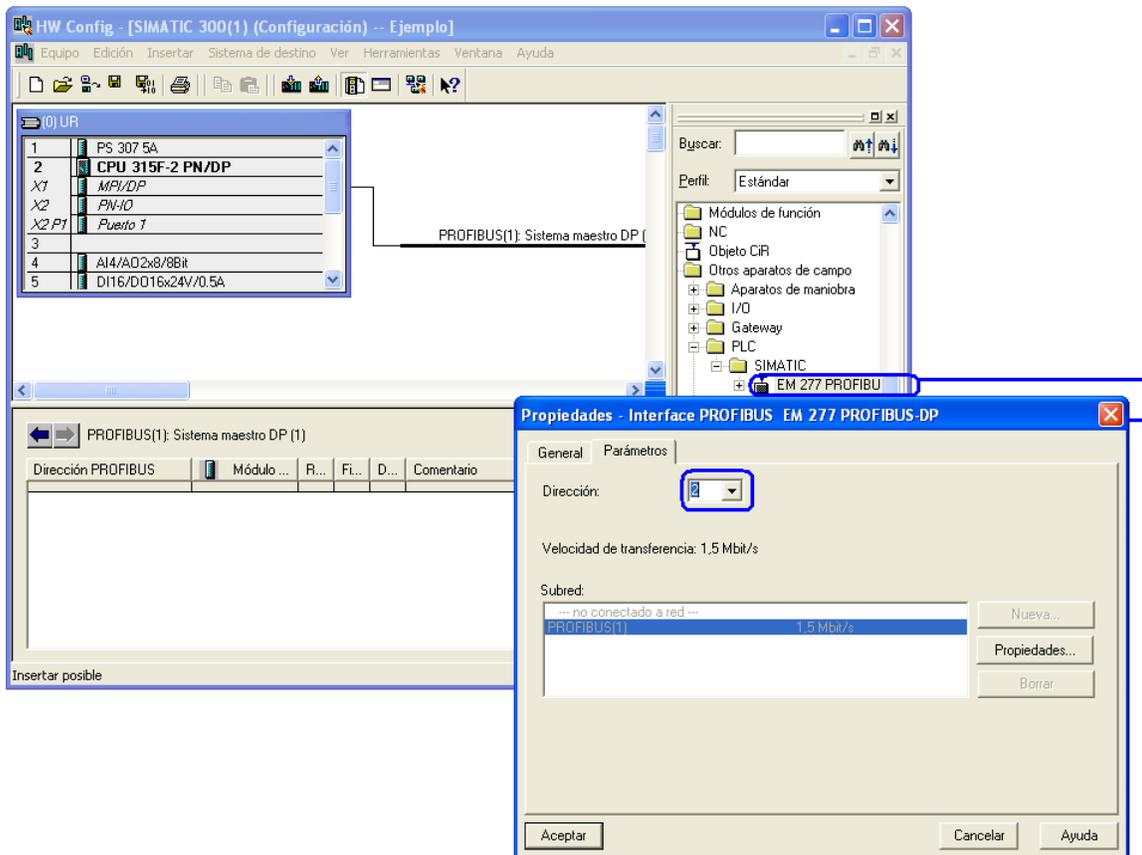
Esta carpeta despliega otras carpetas, y se utilizara la siguiente ruta para configurar los PLC esclavos: *PROFIBUS DP* → *Otros aparatos de campo* → *PLC* → *SIMATIC*

Figura 67. Ruta de acceso a configuración de PLC esclavos



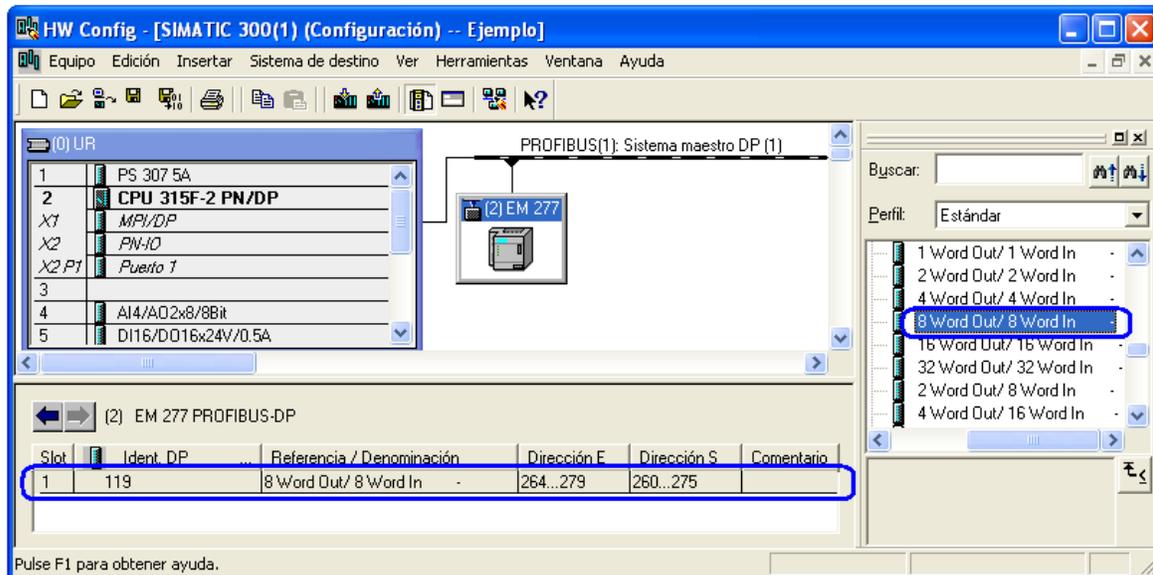
En la carpeta SIMATIC se selecciona el Drive EM 277 PROFIBUS DP. Este se arrastra hasta el sistema maestro y es posicionado cómo se puede observar en la figura 68.

Figura 68. Conexión de un PLC esclavo al sistema maestro



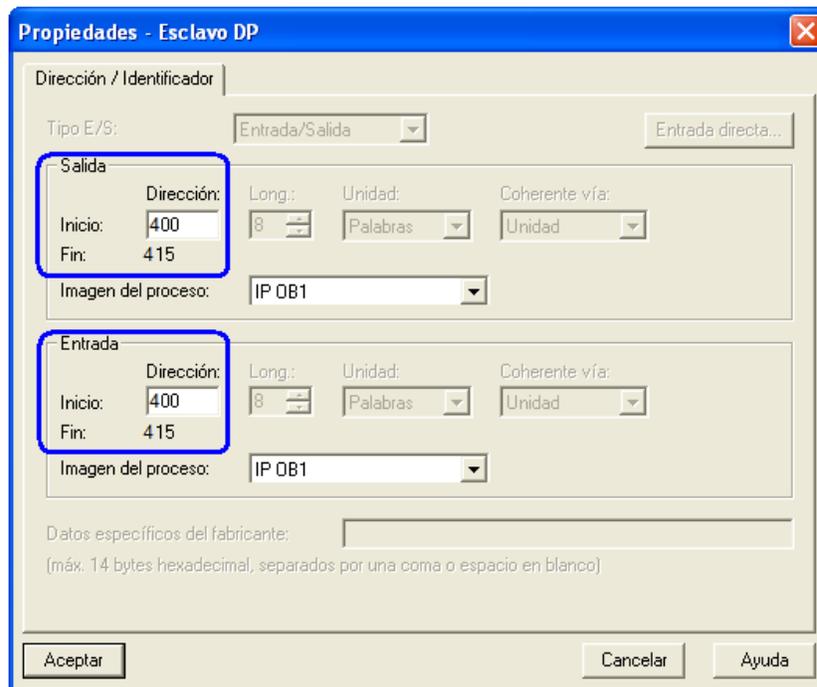
Luego de la conexión del PLC esclavo se configura la comunicación entre los PLCs maestro y esclavo, se da doble clic en la tasa de transferencia de bits que se establece en el proyecto de 8 palabras de salida y 8 palabras de entrada.

Figura 69. Tasa de transferencia de bits



Haciendo doble clic sobre la tasa de transferencia de bits, se abre la ventana propiedades del esclavo DP en la cual se parametrizan las salida y las entradas con una dirección de inicio desde la posición 400 → aceptar.

Figura 70. Direccionamiento de las entradas y salidas

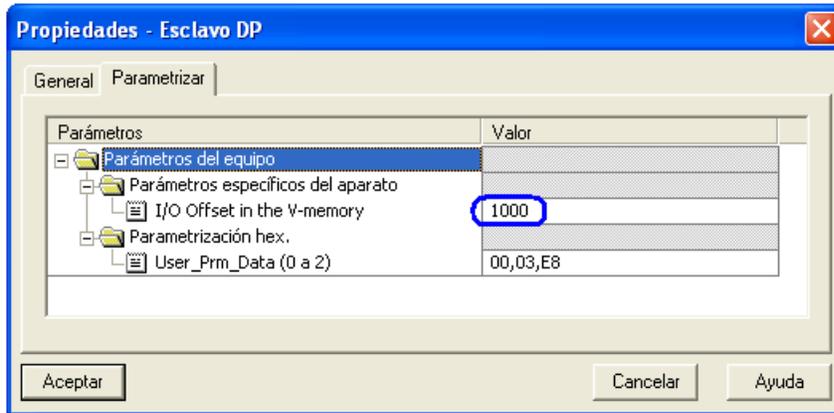


4.5.2 Propiedades del Esclavo DP

El paso siguiente es parametrizar a los PLC esclavos, para esto se da doble clic sobre el esclavo DP y se abre la ventana de propiedades del esclavo DP, en esta ventana se selecciona la opción PROFIBUS en la cual se asigna la dirección 2 al esclavo DP, en la misma ventana en la pestaña parametrizar se asigna el valor de memoria que utilizara el esclavo DP siguiendo la ruta:

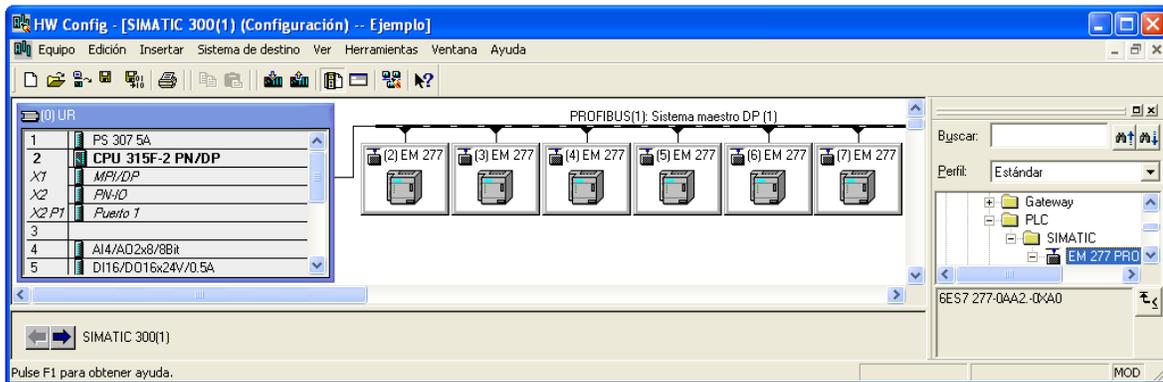
Propiedades esclavo DP → *parametrizar* → *I/O Offset in the V- memory* a este espacio de memoria se le asignara la posición de memoria 1000; a esta dirección de memoria se dirigirá el PLC maestro para realizar lectura y escritura de datos en el esclavo DP.

Figura 71. Asignación posición de memoria V



De la forma anteriormente explicada se pueden anexar y configurar varios PLCs esclavos dependiendo de los requerimiento del proceso a controlar.

Figura 72. Varios esclavos DP conectados al sistema maestro



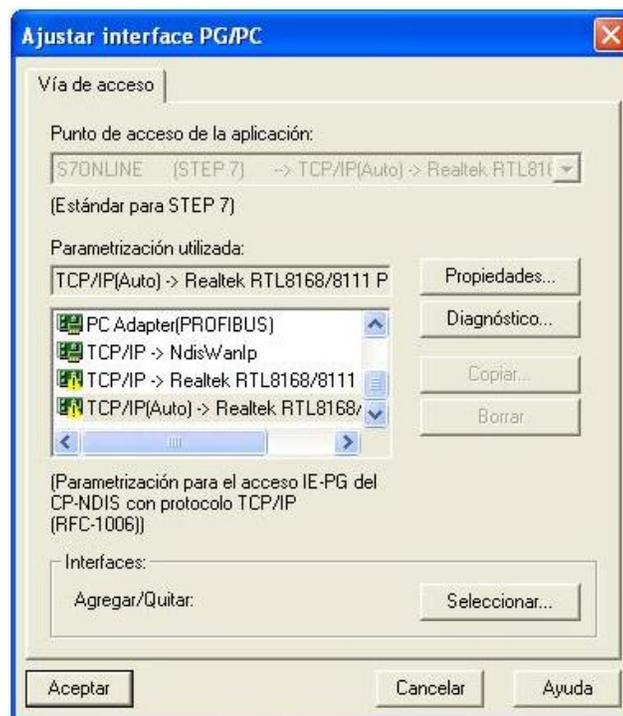
4.5.3 Cargar en Modulo

Para poder cargar el programa, es necesario ajustar la interface PG/PC, es decir; el medio de comunicación entre el PLC y el computador. En este caso la comunicación será por Ethernet.

Para establecer este tipo de comunicación, seguimos la ruta que sigue:

Herramientas → *Ajustar interface PG/PC*, con lo que aparece la ventana que se muestra en la figura 73.

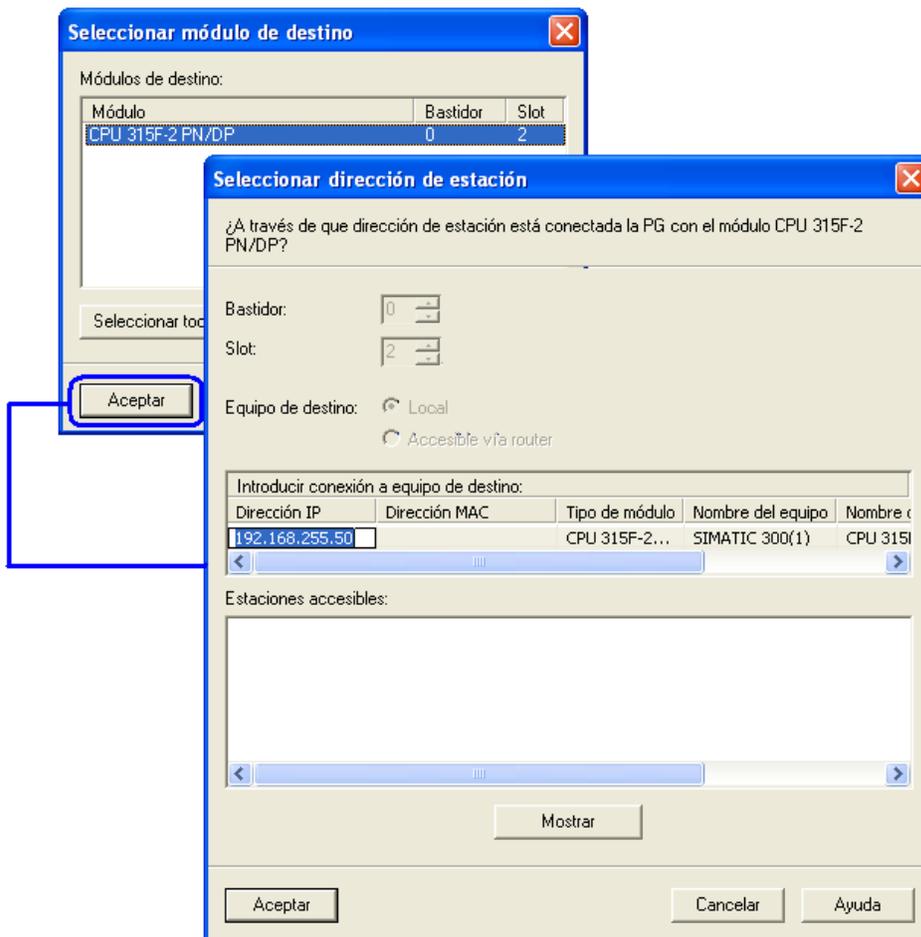
Figura 73. Ajustar Interface PG/PC ethernet



Se selecciona el parámetro *TCP/IP (Auto) → Realtek RTL8168 / 8111*, y clic en aceptar.

En la ventana de configuración de hardware se da clic en sistemas de gestión y a continuación clic en cargar modulo, se abre la ventana seleccionar modulo de destino, clic en aceptar y se abre la siguiente ventana la cual muestra la CPU configurada como maestro, clic en aceptar.

Figura 74. Modulo de destino y dirección de estación

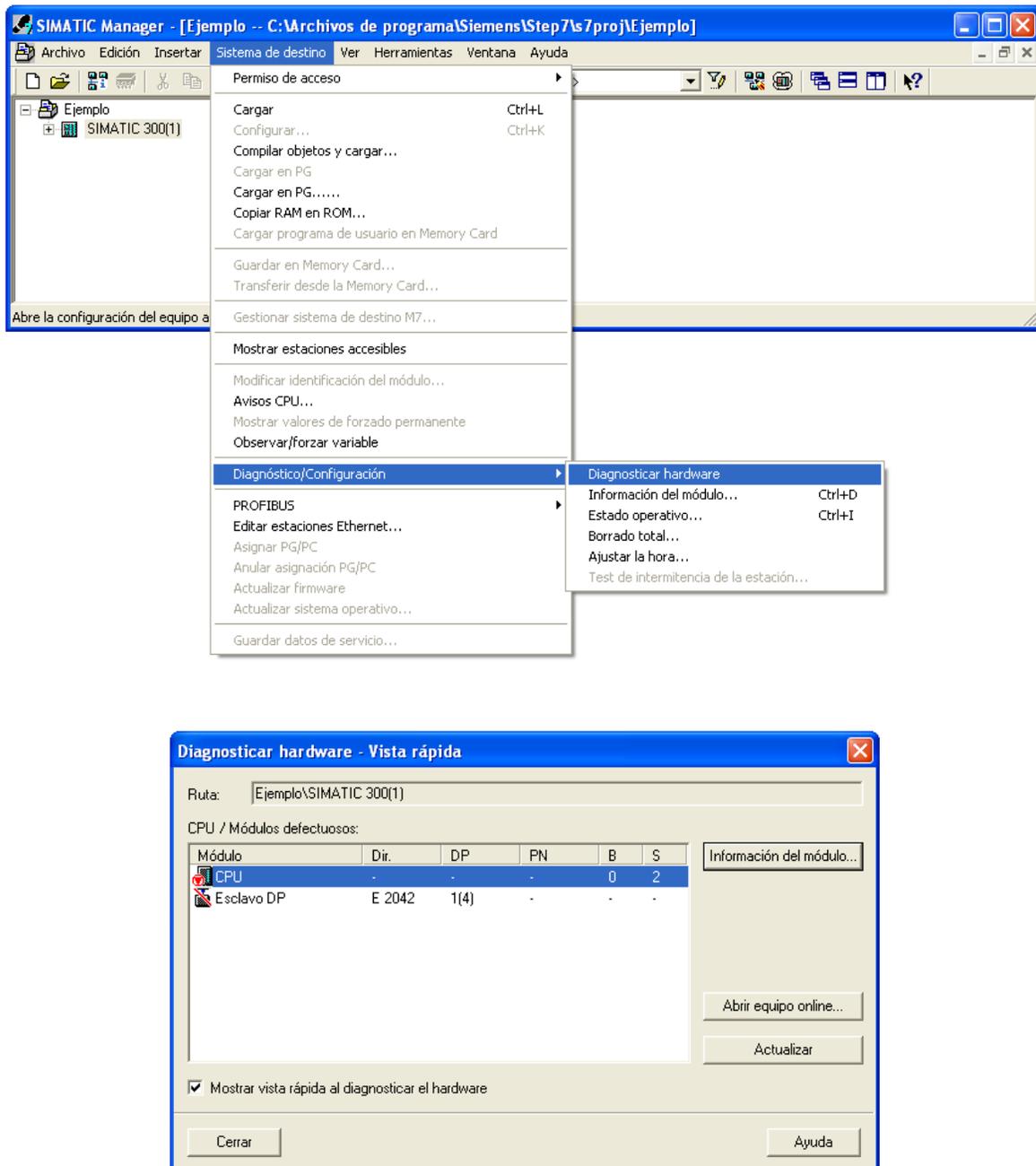


El paso a seguir es confirmar si la configuración del Hardware y la red PROFIBUS no presentan errores, para ello seguimos la ruta:

SIMATIC manager → *sistemas de destino* → *Diagnostico/Configuración* → *Diagnosticar Hardware*, y a continuación se abre una ventana la cual mostrara las conexiones

configuradas. En caso de que aparezcan errores en el PLC, aparecerán en la ventana que se muestra en la figura 75.

Figura 75. Diagnosticar Hardware



4.6 Programación del PLC maestro S7-300

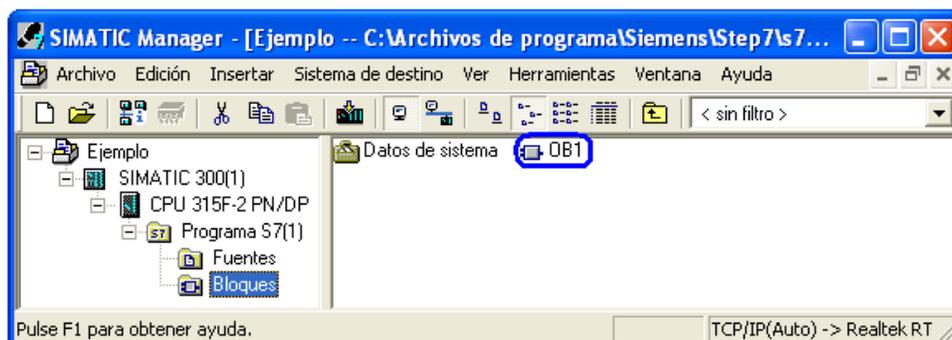
El objetivo es diseñar una estructura a partir de bloques de programa, para que el PLC maestro pueda leer datos en los PLC esclavos.

Para iniciar la programación del PLC maestro seguimos la siguiente ruta:

Ventana SIMATIC Manager → SIMATIC 300 (1) → CPU 315F-2 PN/DP → Programa S7 (1) → Bloques.

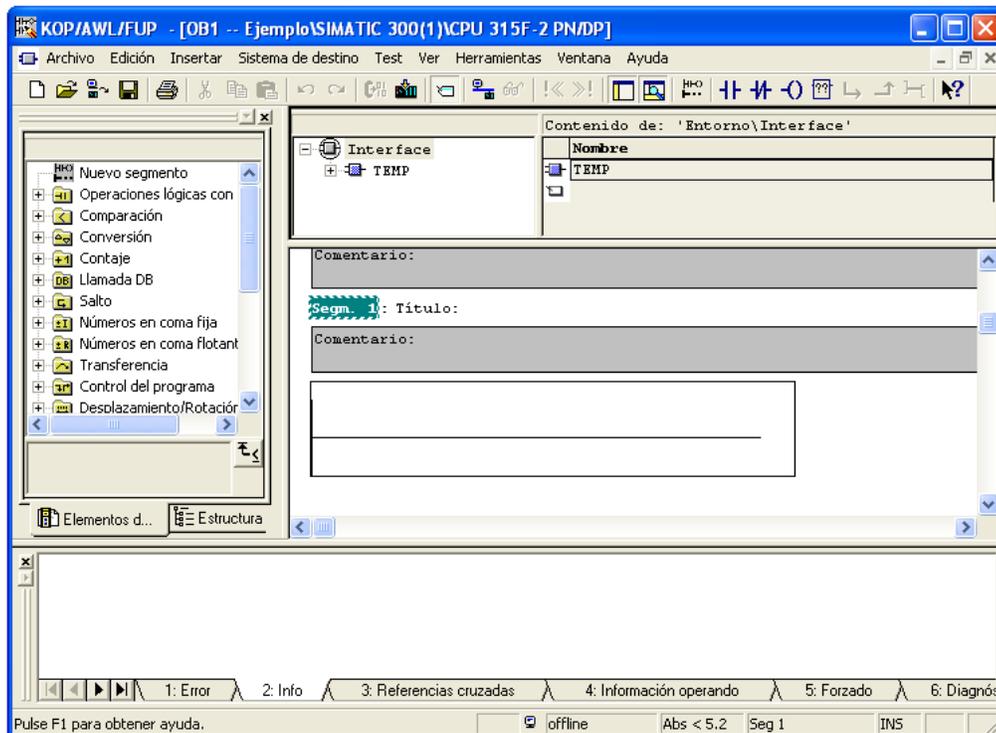
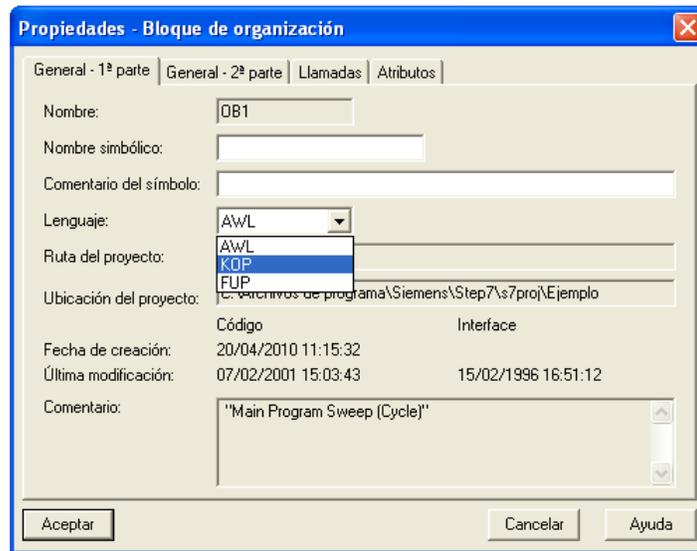
Al lado derecho de las carpetas aparece el bloque OB1 (Bloque de Organización), se le da doble clic y se abre la ventana de propiedades del OB1, en esta ventana en la pestaña general 1ª parte se selecciona como lenguaje el *KOP* → *aceptar*.

Figura 76. Iniciación del bloque de organización OB1



A continuación se abre una ventana de programación en la cual se puede programar en los lenguajes KOP / AWL / FUP. El lenguaje seleccionado en el proyecto es el KOP.

Figura 77. Ventana de programación PLC S7 300



Ya ubicados en la ventana OB1, se procede a realizar la programación del PLC maestro; en la siguiente grafica se puede observar el inicio de la programación. En el primer bloque o segmento se inserta un bloque de transferencia el cual es necesario para intercambiar datos de lectura y escritura entre el PLC maestro y los PLC esclavos. En este bloque de transferencia podemos observar que las entradas están dadas por las siglas PEB 200 (Para el caso del PLC correspondiente a la planta de tanques en serie) que significan lo siguiente:

- P → Periferia
- E → Entrada
- B → Tipo de dato (Byte)

Las salidas del bloque de transferencia están dadas por las siglas MB 200 y su significado es el siguiente:

- M → Marca
- B → Tipo de dato (Byte)

La explicación a la operación que se realiza con el bloque de transferencia es que:

Se desea transferir datos de uno de los PLC esclavos del proyecto al PLC maestro, esta se realizara a través de la periférica de entrada del PLC maestro, se está transfiriendo un Byte del PLC esclavo al PLC maestro donde 200 es la posición de memoria a la cual se dirige el PLC maestro en el PLC esclavo para leer los datos que se están transfiriendo. La información de entrada en PEB 200 se guardara en una marca (Memoria) con dirección 200 en el PLC maestro y el dato guardado es un Byte.

Figura 78. Bloque de programación

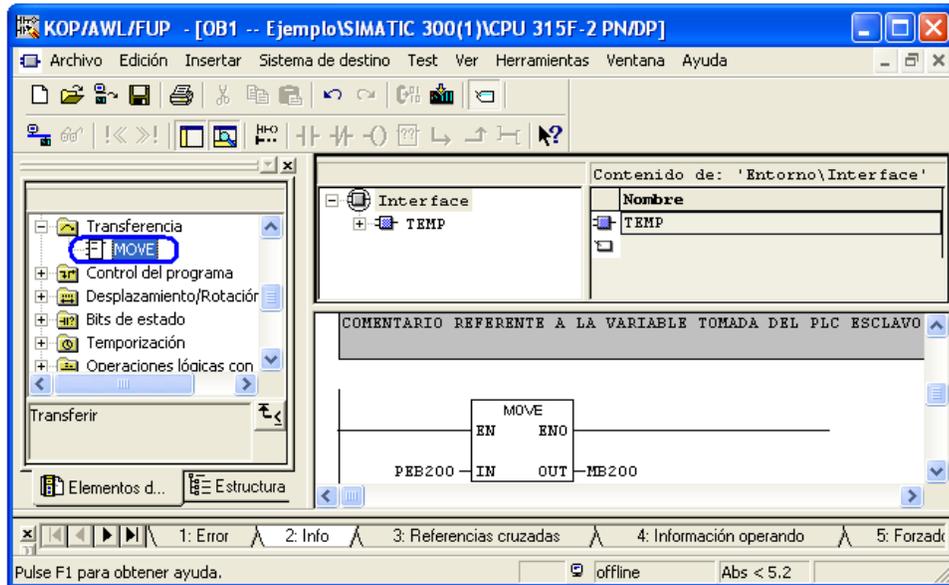
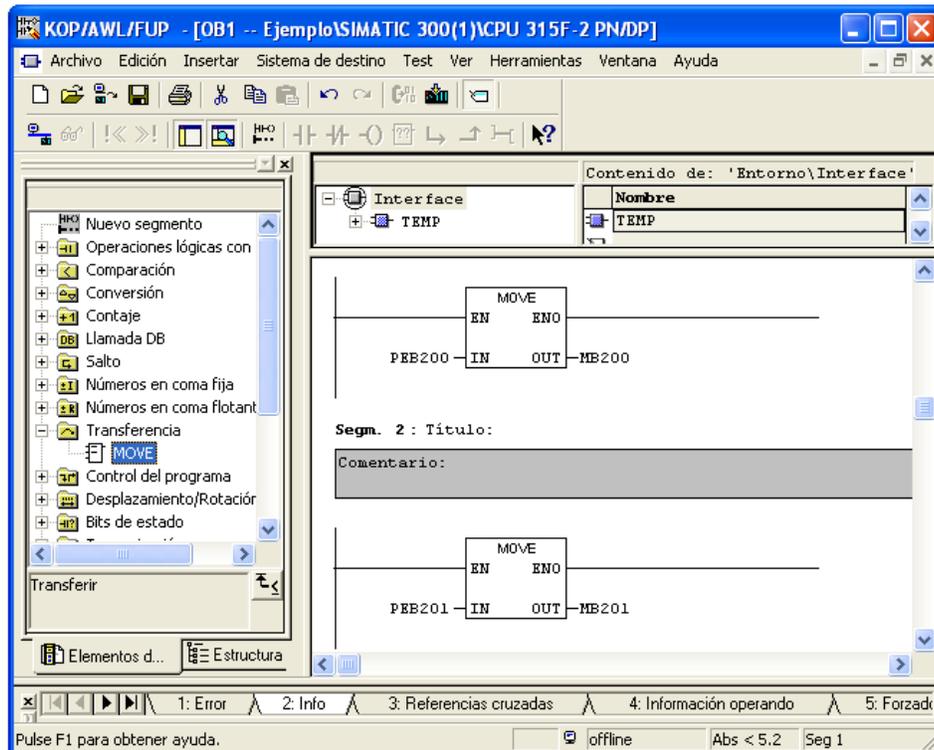
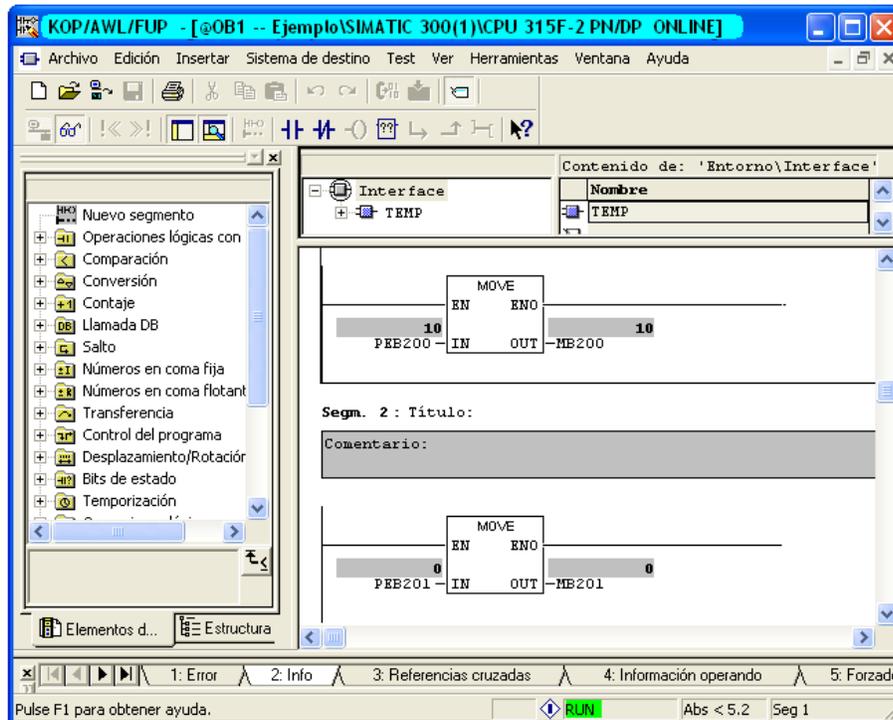


Figura 79. Carga del programa al maestro



Se programa la transferencia de datos entre el PLC esclavo S7-200 y PLC maestro S7-300; en el modo online, se muestran los estados de las variables como se ve en la figura 80.

Figura 80. Transferencia de datos entre PLC



5. DISEÑO DEL HMI

Para el diseño del HMI del proyecto se utiliza el software de programación WINCC Explorer V6.2 el cual es un programa de visualización y control de procesos industriales (SCADA).

Sus características principales son las siguientes:

- Arquitectura de desarrollo abierta (programación en C)
- Soporte de tecnologías Active X
- Comunicación con otras aplicaciones vía OPC
- Comunicación sencilla mediante drivers (código que implementa el protocolo de comunicaciones con un determinado equipo inteligente) implementados.
- Programación online: no es necesaria detener la runtime del desarrollo para poder actualizar las modificaciones en la misma.

Para el diseño del SCADA del proyecto se deben seguir los siguientes pasos:

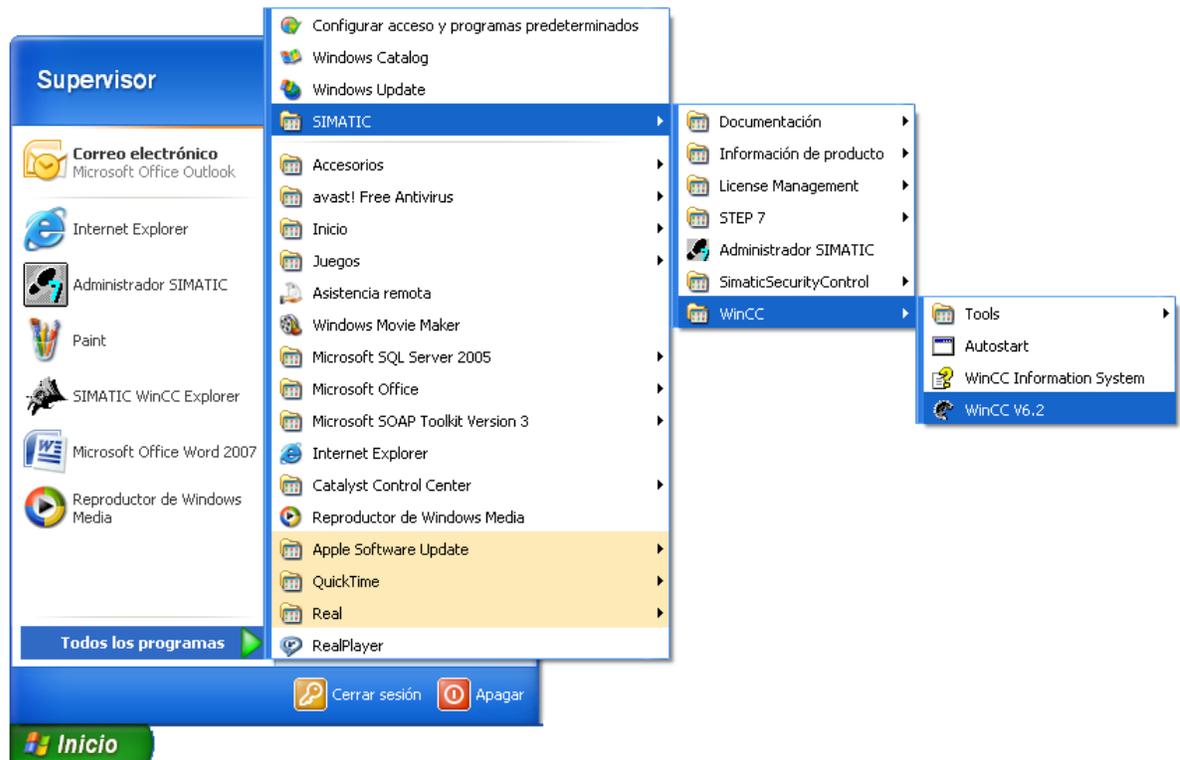
- Iniciar el software WINCC Explorer V6.2
- Crear un nuevo proyecto
- Agregar el driver de comunicación
- Crear las variables
- Diseñar la imagen del proceso en el editor grafico
- Configurar el panel de tendencias

5.1 Iniciar WinCC Explorer

Cuando se inicia el software de visualización y control WINCC se pueden presentar 3 casos:

- Que no haya ningún proyecto abierto anteriormente, con lo que se nos pedirá crear o abrir un nuevo proyecto.
- Que exista ya abierto un proyecto, pero no se hubiese arrancado el runtime, con lo que entraremos al modo de desarrollo de WINCC Explorer.

Figura 81. Inicio del WINCC Explorer

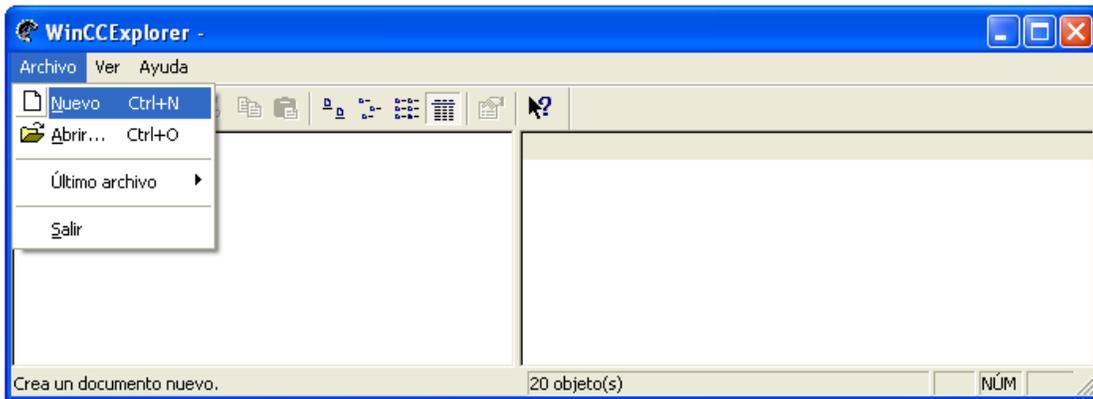


5.2 Creación de un Nuevo Proyecto

Para crear un nuevo proyecto, se sigue la siguiente ruta:

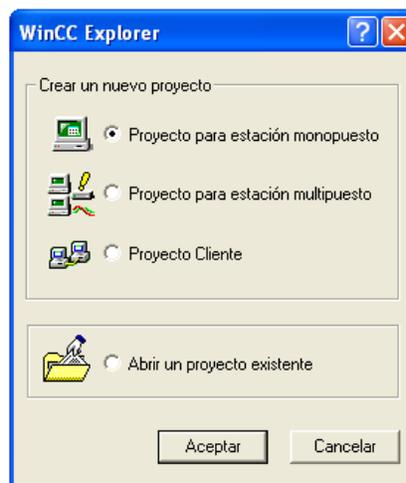
WinCC Explorer → *Archivo* → *Nuevo*.

Figura 82. Creación de un nuevo proyecto



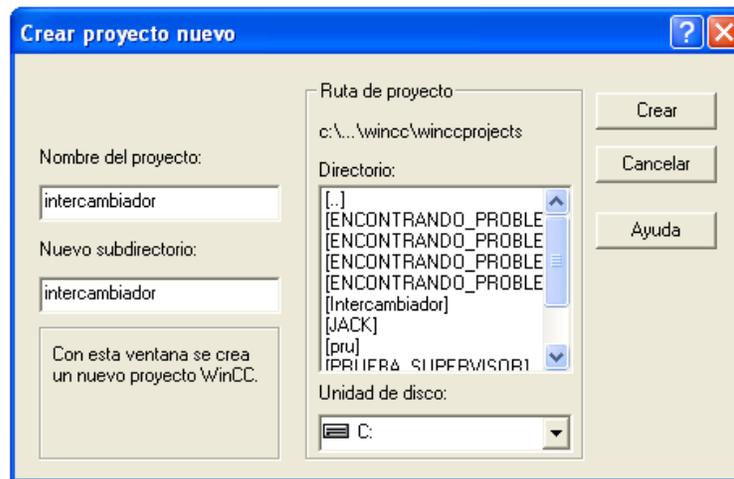
A continuación aparecerá el siguiente cuadro de dialogo, indicando las opciones de creación del proyecto.

Figura 83. Selección del tipo de proyecto



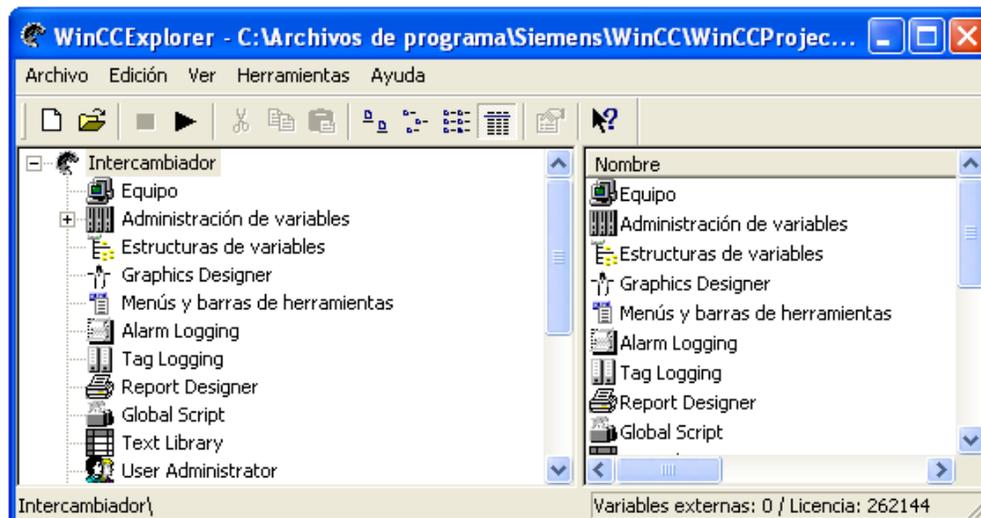
Se seleccionara lo opción proyecto para estación monopuesto, lo cual arroja un cuadro de dialogo en el que se solicita el nombre del proyecto, así como el subdirectorio de ubicación. El proyecto se denominara Intercambiador.mcp.

Figura 84. Nombre del proyecto



Cuando se crea el proyecto la imagen del WINCC Explorer es la siguiente:

Figura 85. Proyecto creado



5.3 Agregar Driver de Comunicación

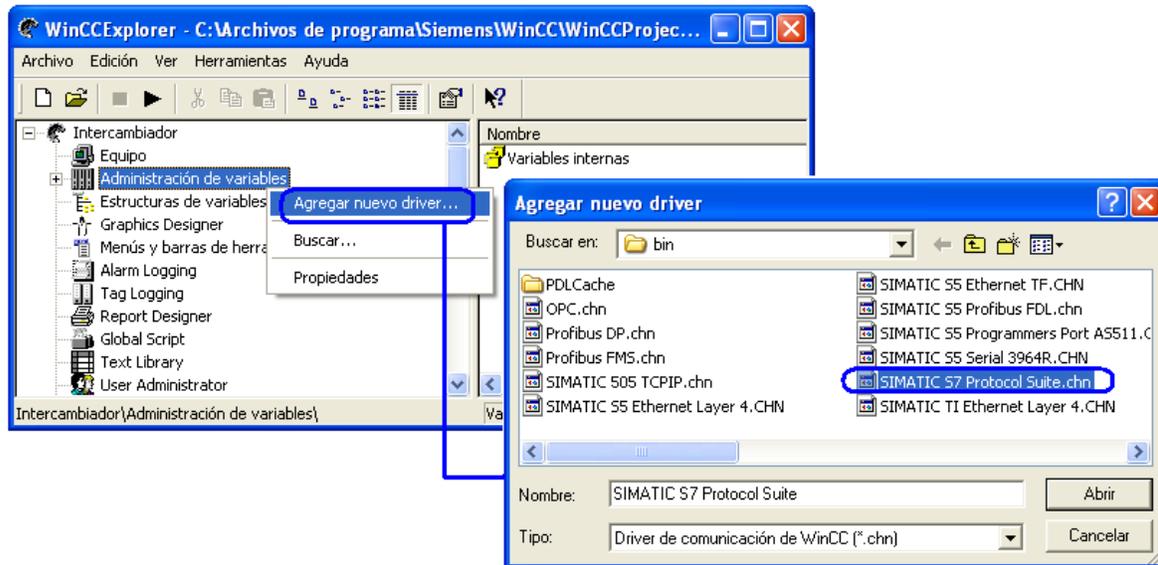
El siguiente paso a seguir será establecer comunicación entre el proyecto creado y el PLC maestro S7-300, para esto debemos añadir un nuevo driver el cual es necesario para comunicar nuestro proyecto con el proceso.

La ruta a seguir será la siguiente:

Administrador de variables, clic derecho → Agregar nuevo driver.

En el siguiente cuadro de dialogo se seleccionara la opción SIMATIC S7 Protocol Suite.chn. El driver establecerá comunicación con todos los equipos que manejen este protocolo.

Figura 86. Driver de comunicación

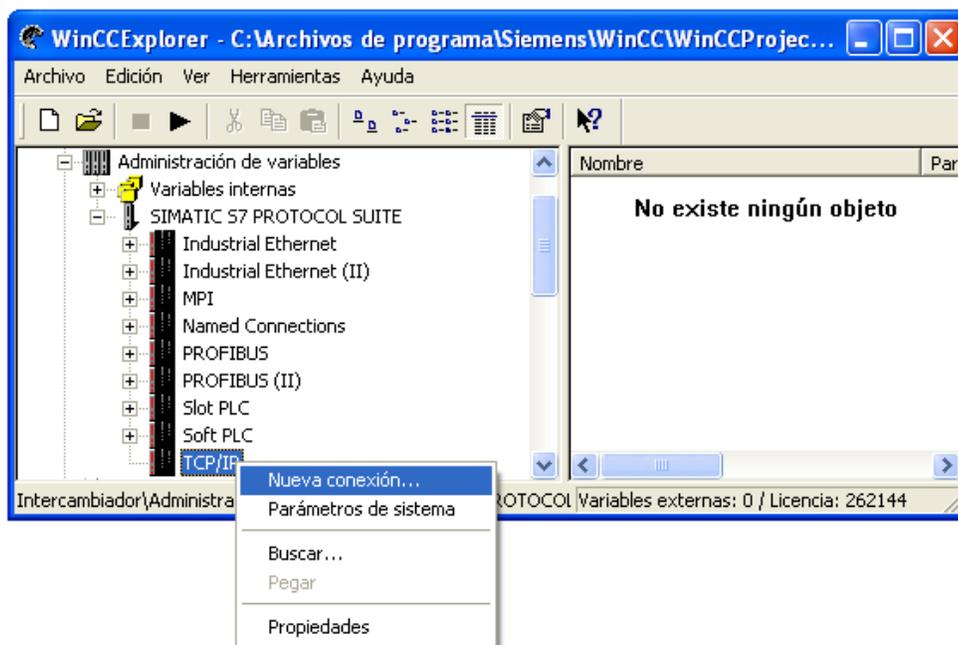


Agregado el nuevo driver se tienen 3 formas de establecer la comunicación:

- MPI
- PROFIBUS
- TCP/IP

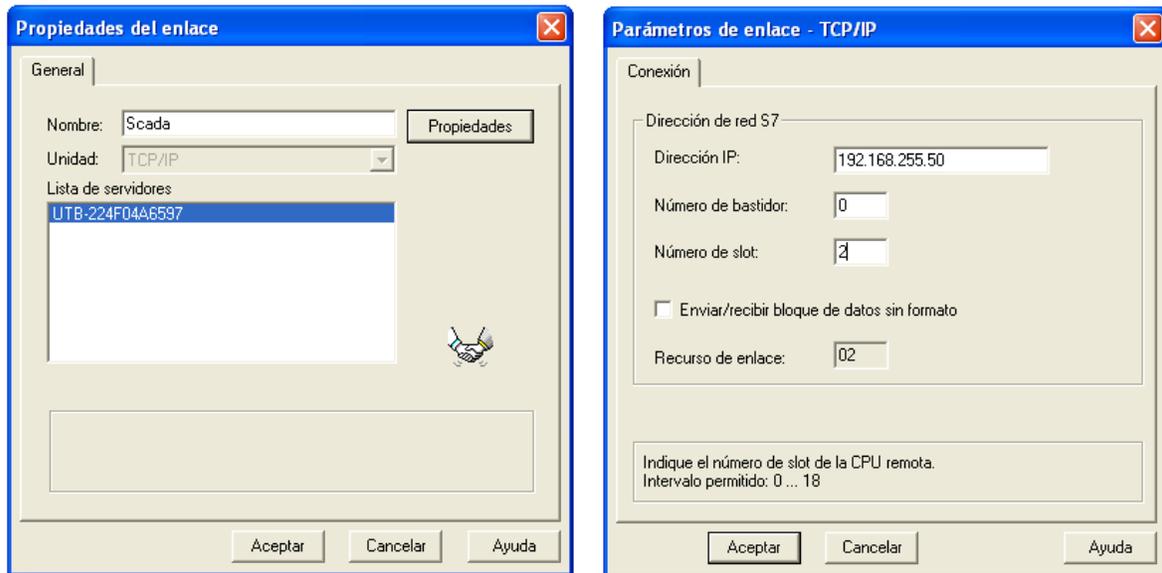
En el proyecto que se ha creado la comunicación se realizara por medio de una red TCP/IP, la cual se establece como se muestra en las figuras 87 y 88.

Figura 87. Configuración de comunicación protocolo TCP/IP



De igual manera que en la conexión PROFIBUS DP solicitara un nombre, lo nombraremos Scada, se hará clic en propiedades y se ingresa la dirección IP que tiene asignada el PLC, en este caso es la 192.168.255.50

Figura 88. Creación enlace de comunicación protocolo TCP/IP



De esta manera quedaran configuradas las dos conexiones a utilizar en el proyecto creado, el siguiente paso será confeccionar en el editor grafico del WINCC Explorer el pantallazo del proceso.

5.4 Crear Variables

El paso a seguir es crear las variables que se van a visualizar en el SCADA, se asigna un grupo donde se tendrán variables de las plantas pilotos del laboratorio de control.

Para esto se da clic derecho sobre el driver de comunicación, en este caso se hará con el protocolo TCP/IP, a continuación se abre un cuadro de dialogo en el que se selecciona nueva conexión y se le da el nombre SCADA. Creada la conexión se da clic derecho sobre ella y se abre un cuadro de dialogo en el cual se selecciona grupo nuevo, a este grupo se le da el nombre intercambiador de calor, ya que esta es una de las plantas pilotos del laboratorio con las que se realizaran practicas.

Figura 89. Creación de un Grupo de Variables

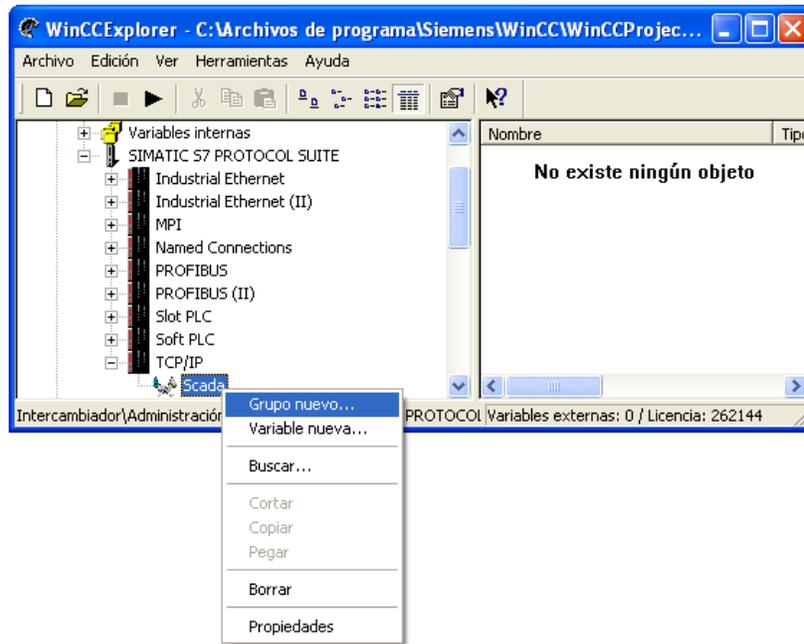


Figura 90. Creación de un Grupo de Variables 2

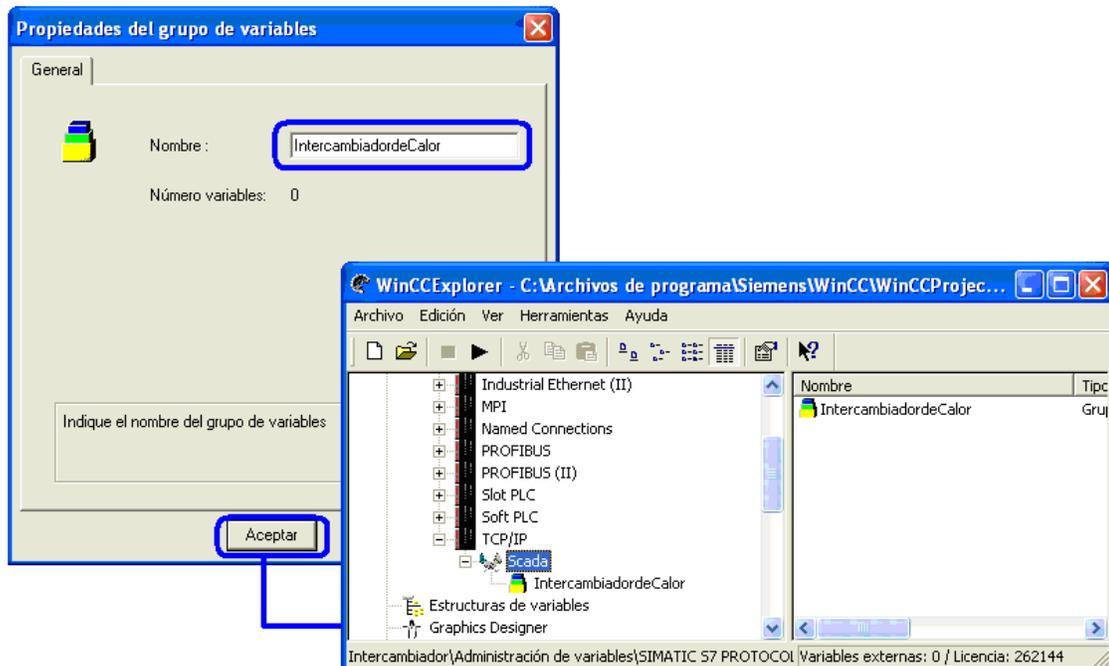
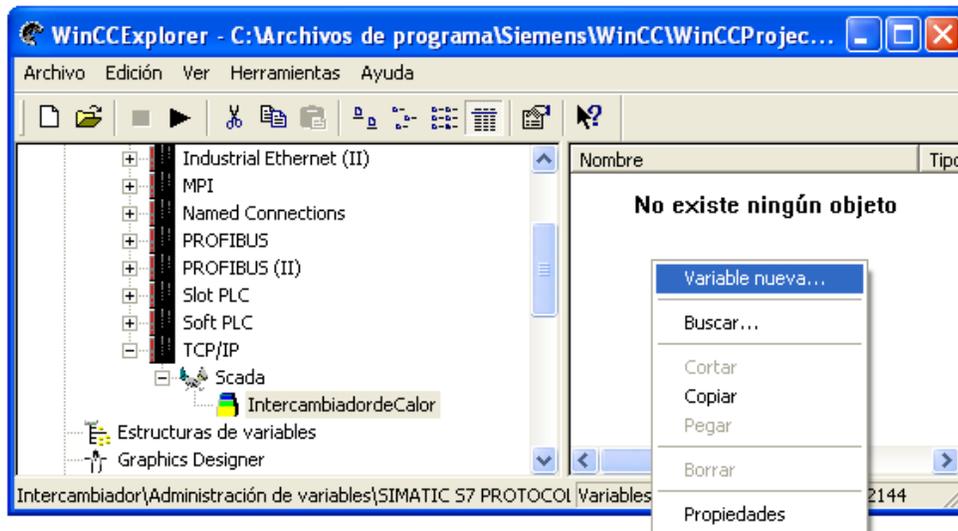


Figura 91. Creación de Variables



El paso a seguir es agregar las variables al grupo que se creó, en este caso al grupo intercambiador de calor. Las variables que se crearan en este proyecto son las definidas a continuación:

- Caudal del agua caliente
- On/Off bomba agua caliente
- On/Off bomba agua fría
- Setpoint
- Temperatura agua caliente
- Temperatura agua fría

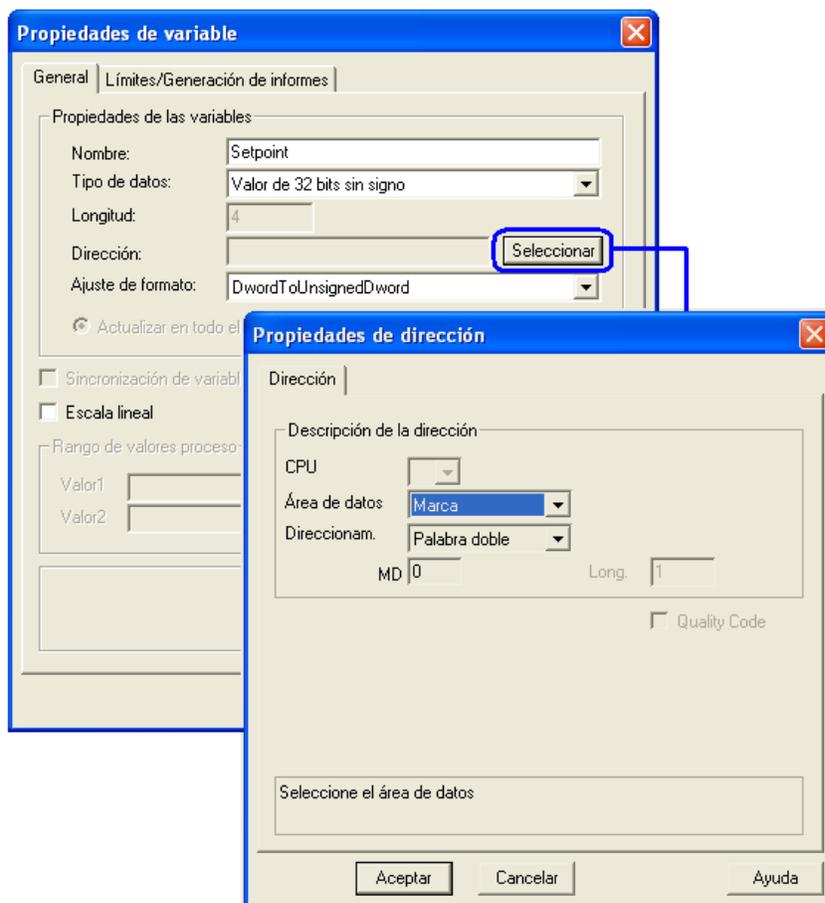
La ruta a seguir para la creación de estas variables es la siguiente:

Administrador de variables → SIMATIC S7 Protocolo Suite → TCP/IP → Scada → Intercambiador de calor.

Se da clic derecho sobre el grupo de variables intercambiador de calor, se selecciona variable nueva lo cual abre el cuadro de dialogo propiedades de la variable. En este cuadro de dialogo se establece como nombre a la variable creada setpoint, y se selecciona el tipo de datos la cual depende del tamaño de la información que se desea transferir del PLC esclavo al PLC maestro y se selecciona (Valor de 32 bits sin signo).

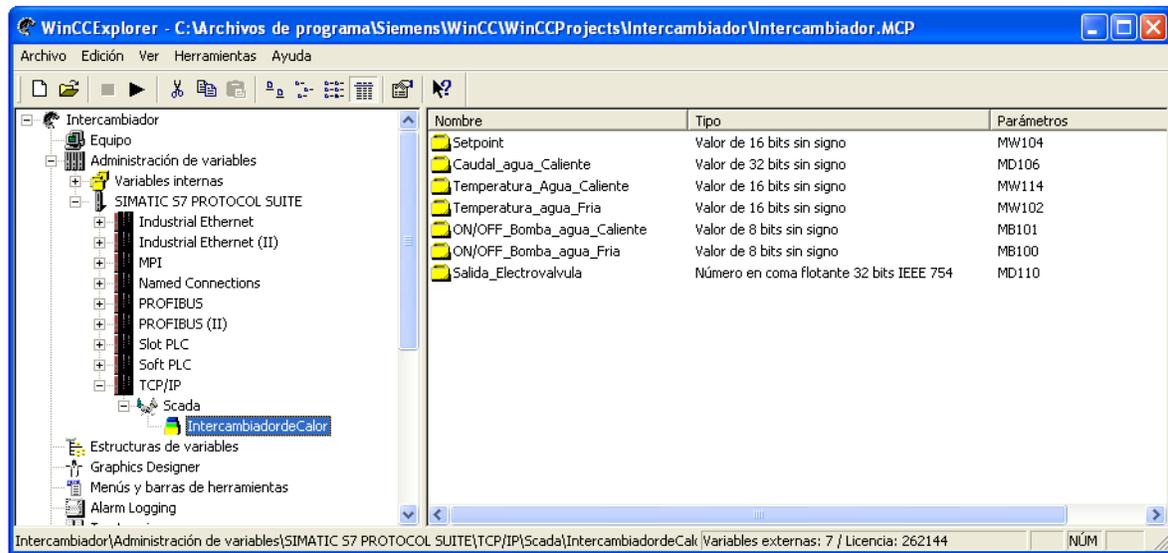
En el ítem dirección se da clic en seleccionar lo que abre el cuadro de dialogo propiedades de dirección, en el cual, como área de datos se selecciona Marcas y en direccionamiento Doble palabra (32 bits) se da clic en aceptar.

Figura 92. Configuración de las Variables del Proceso



La Figura 93, muestra el listado de todas las variables agregadas al grupo “IntercambiadordeCalor”

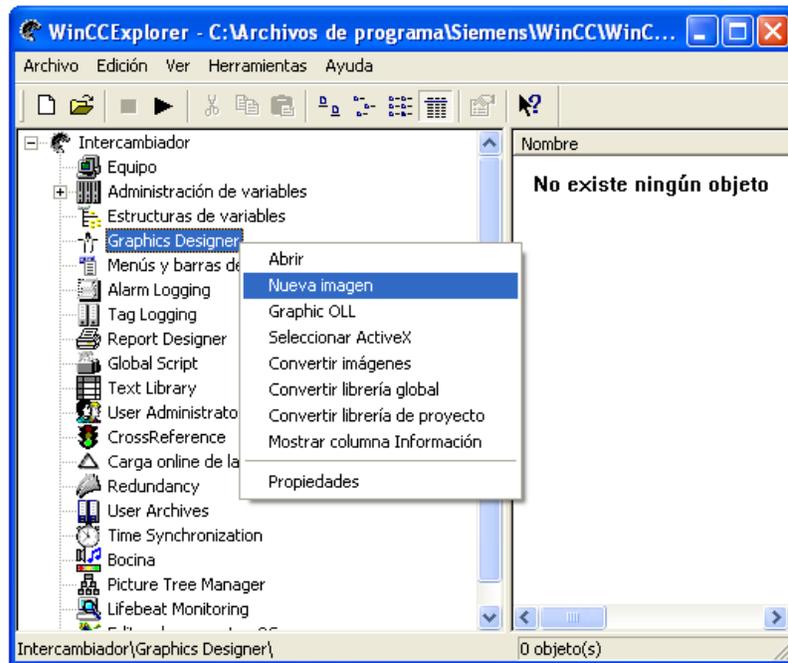
Figura 93. Variables del proceso



5.5 Editor Grafico (Graphics Designer)

En el editor grafico se confeccionan los pantallazos de los procesos, desde este editor se pueden asociar las propiedades de los objetos a las variables de comunicación.

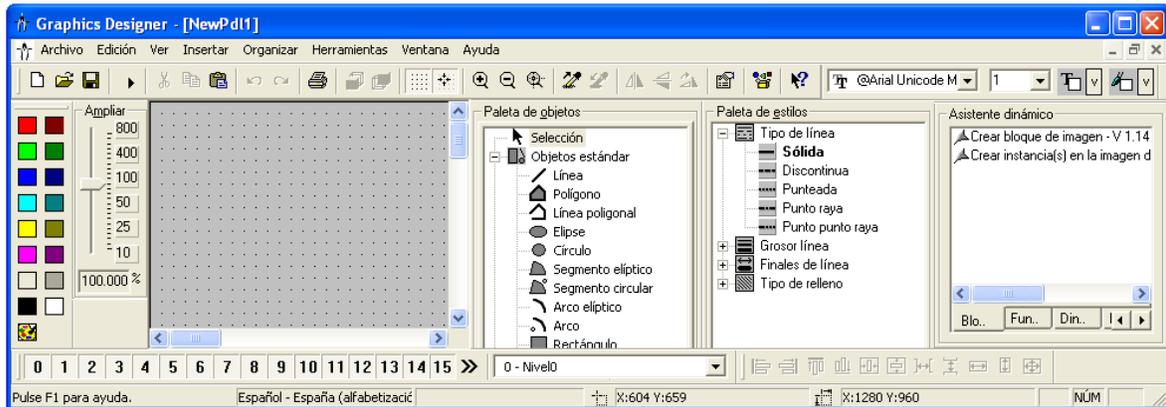
Figura 94. Iniciar el editor grafico



En este editor se crea el entorno grafico donde se visualizaran las variables que se han configurado.

El editor grafico se inicia dando clic derecho sobre GRAPHICS DESIGNER, se abrirá una nueva ventana en la cual se encuentran todas las herramientas necesarias para crear el proceso deseado. Cuando se crea la nueva imagen esta trae como nombre Newpdl01.pdl, se hará clic derecho sobre el nombre de la nueva imagen y se selecciona cambiar nombre, renombrando la imagen como Intercambiador.pdl.

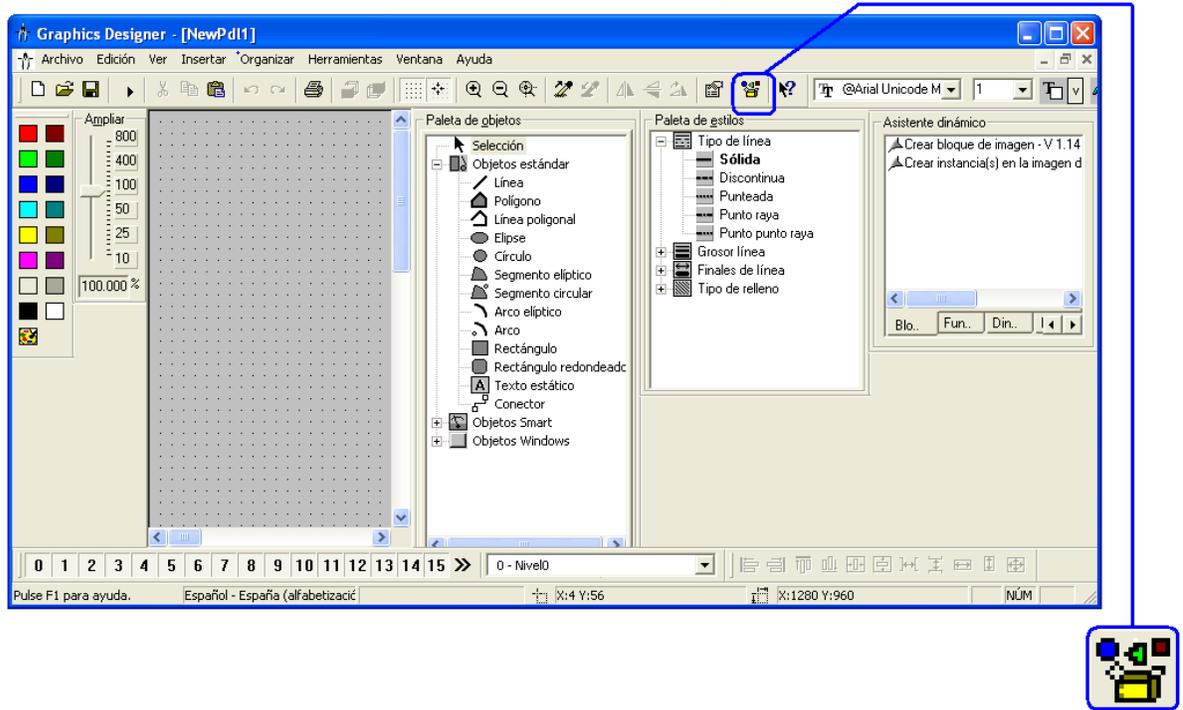
Figura 95. Pantalla inicial del editor grafico



Abierta la ventana de la nueva imagen se da clic en cerrar en el cuadro de dialogo que esta presente en la pantalla inicial, luego se ingresa a la librería del editor y se da inicio a la confección del pantallazo del proceso, hay una gran variedad de objetos en esta librería lo que facilita el diseño de la imagen del proceso.

Se comienza con el diseño del proceso de la planta piloto intercambiador de calor, para lo cual se da clic en el icono de la librería del editor grafico, el cual se encuentra en la parte superior de la barra de herramientas y se identifica por el siguiente logo:

Figura 96. Icono de la librería del editor grafico



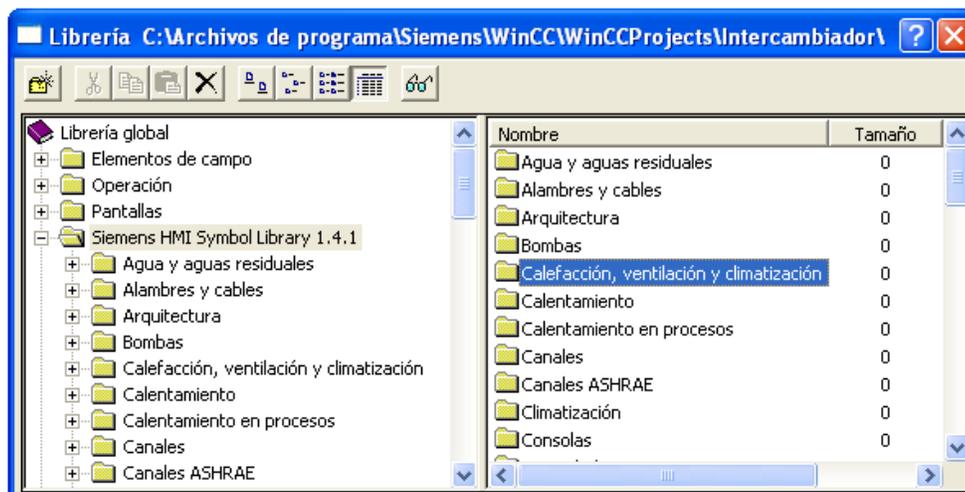
El proceso del intercambiador de calor está compuesto por los siguientes objetos, los cuales se insertaran por medio de la librería del editor grafico:

- Bombas
- Calentador de agua
- Electroválvulas
- Intercambiador de calor
- Manómetro
- Tanque de almacenamiento
- Transmisor de caudal
- Transmisores de temperatura
- Tuberías
- Unidad condensadora
- Válvulas

Abierta la ventana de la librería, se sigue la siguiente ruta para iniciar el diseño del proceso:

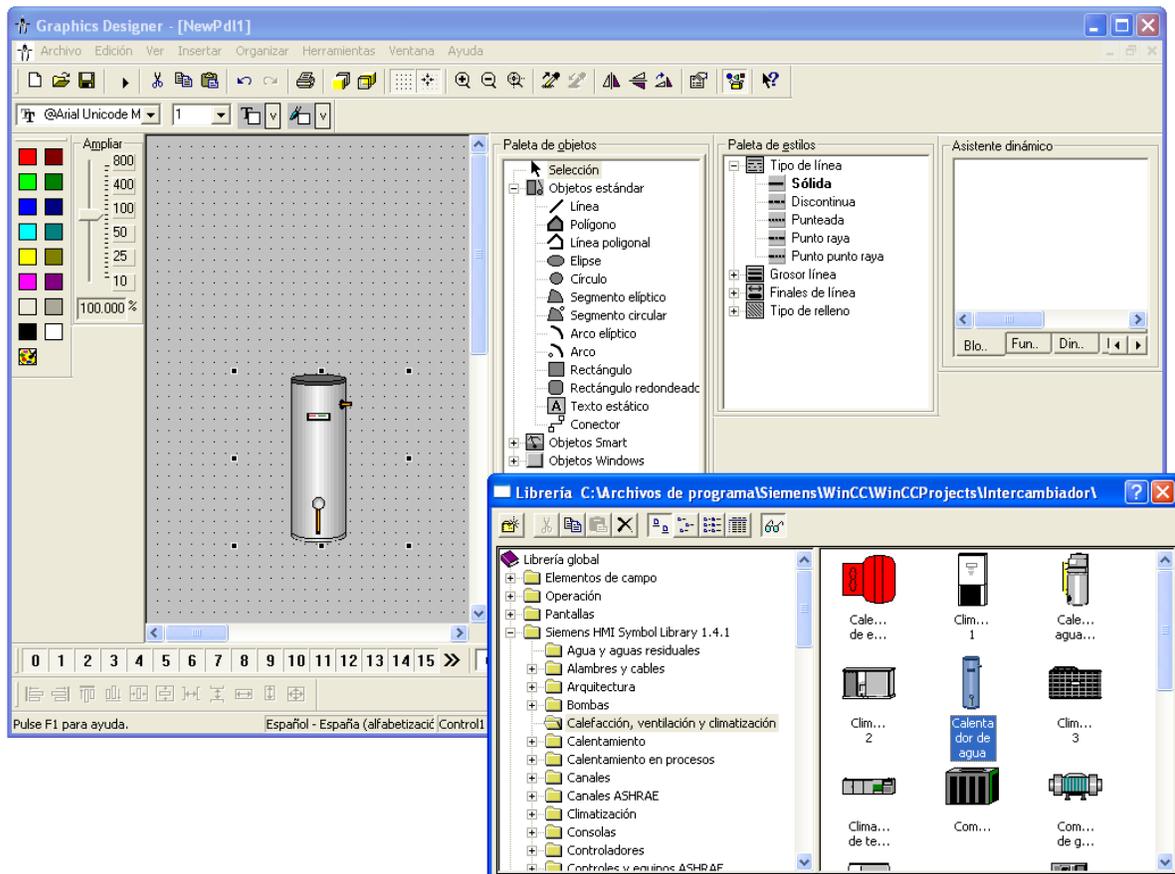
Icono librería → *Carpeta Siemens HMI* → *Calefacción / ventilación y climatización*, lo cual desplegara una variedad de imágenes de procesos de calentamiento.

Figura 97. Selección de objetos del proceso intercambiador de calor



Abierta la ventana de imágenes de objetos de procesos de calentamiento, se selecciona el objeto que actuara como calentador de agua haciendo clic sobre el y arrastrándolo hacia la ventana del editor grafico, quedando de la siguiente manera:

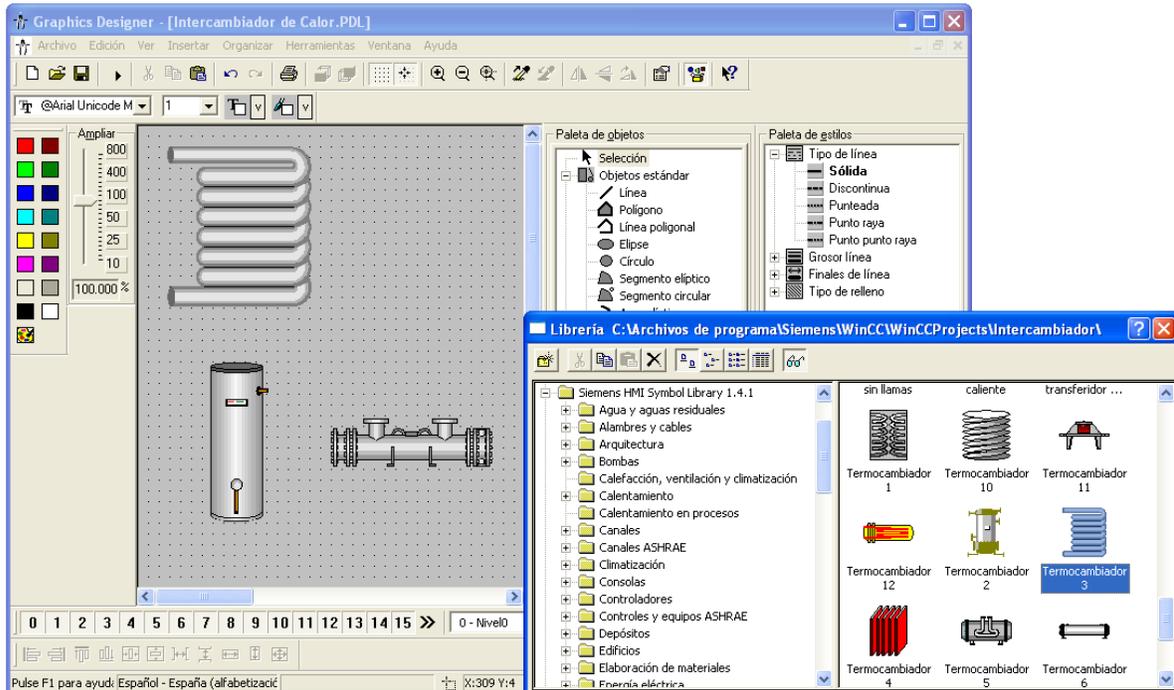
Figura 98. Insertar calentador de agua al proceso



De la misma manera que se inserta el calentador de agua se procede a insertar el intercambiador de calor y la unidad condensadora, los cuales se encuentran en la carpeta calentamiento de procesos y su ruta es:

Icono librería → Carpeta Siemens HMI → Calentamiento de procesos → Termo cambiador.

Figura 99. Insertar unidad condensadora e intercambiador de calor



Insertados los objetos de calentamiento, se procede a insertar el tanque de almacenamiento, la ruta es la siguiente:

Icono librería → Carpeta Siemens HMI → Depósitos → Deposito a cielo abierto.

El siguiente paso es insertar las bombas siguiendo la ruta:

Icono librería → Carpeta Siemens HMI → Bombas → Bomba Horizontal.

Siguiendo el procedimiento de pasos anteriores se arrastra el objeto hasta la pantalla principal.

Figura 100. Insertar tanque de almacenamiento de agua

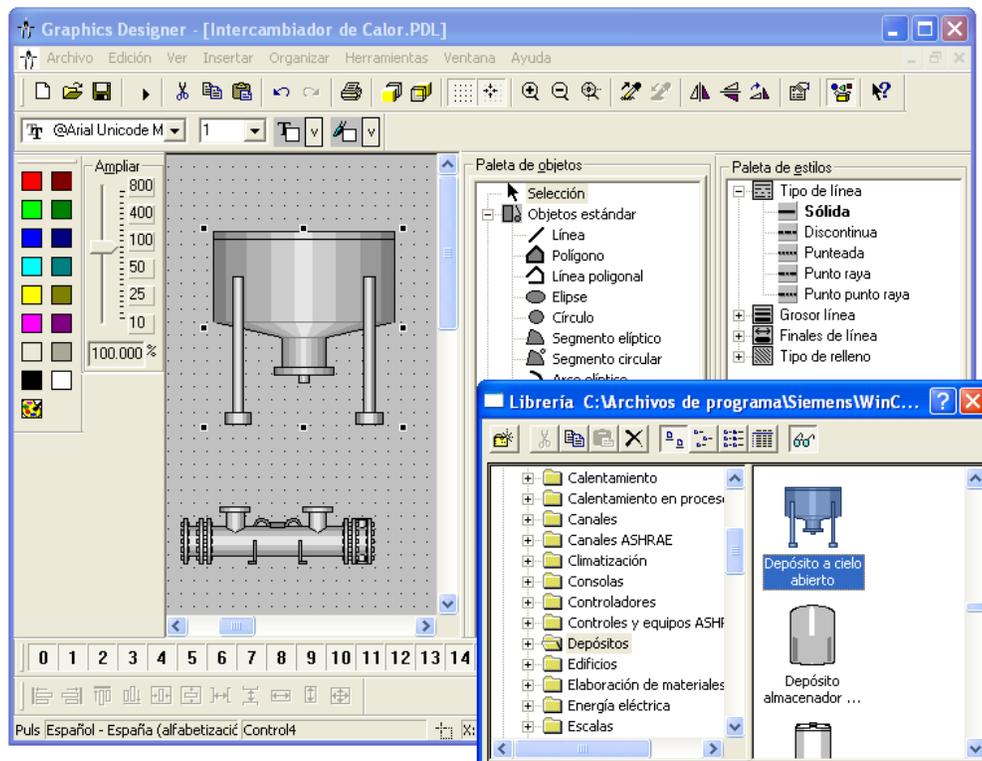
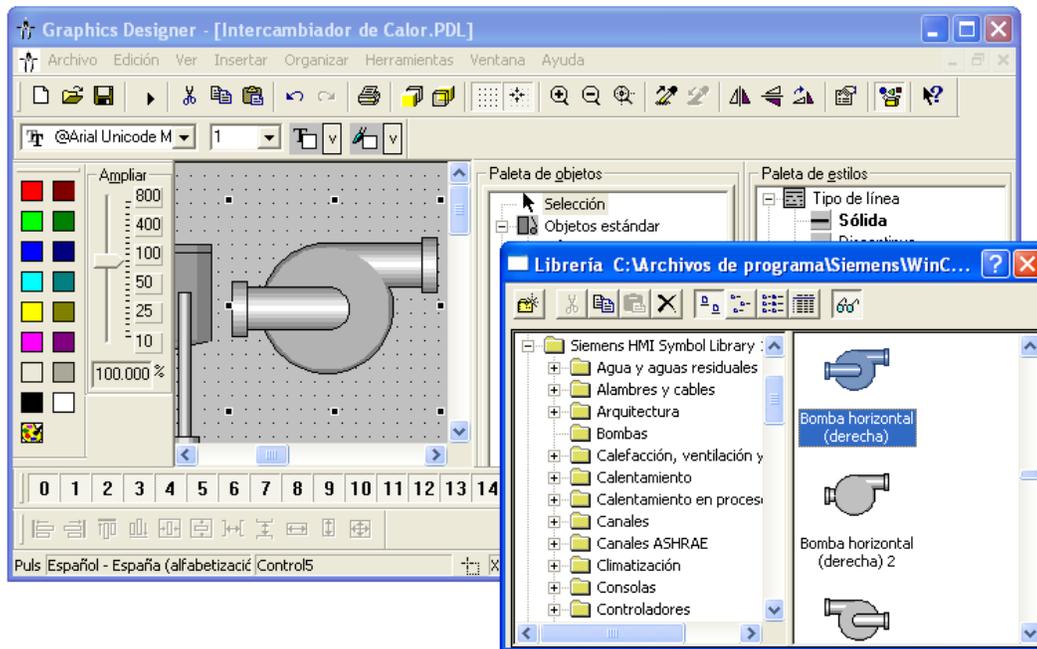


Figura 101. Insertar bombas del proceso



Continuando con el diseño del pantallazo principal del proceso se procede a insertar la instrumentación, la cual como se menciona en la descripción de los objetos que componen el proceso en la Pág. 31 está compuesta por:

- Electroválvulas
- Manómetro
- Transmisor de caudal
- Transmisores de temperatura

Siguiendo el orden anterior las rutas a seguir para insertar estos instrumentos en la pantalla principal del proceso son las siguientes:

Icono librería → Carpeta Siemens HMI → Válvulas → Válvula de solenoide.

Icono librería → Carpeta Siemens HMI → Sensores → Manómetro.

Icono librería → Carpeta Siemens HMI → Flujómetro → Totalizador de caudal.

Icono librería → Carpeta Siemens HMI → Sensores → Emisor de temperatura.

Cabe recordar que cada vez se vaya insertar uno de estos objetos en el pantallazo principal, estos se deben arrastrar desde la ventana de la librería del editor grafico hasta la pantalla principal.

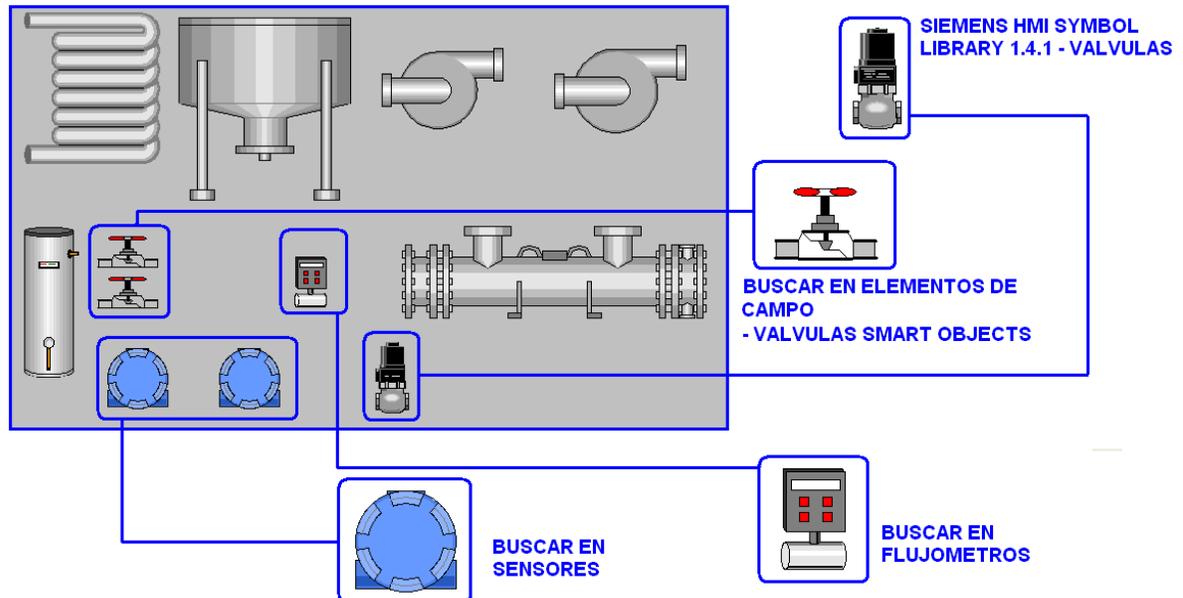
A continuación se insertaran las válvulas del proceso siguiendo la ruta:

Icono librería → Elementos de Campo → Válvulas Smart-Objects → Válvula 4.

El siguiente paso es insertar la tubería que acoplara los objetos y la instrumentación del proceso la ruta a seguir es:

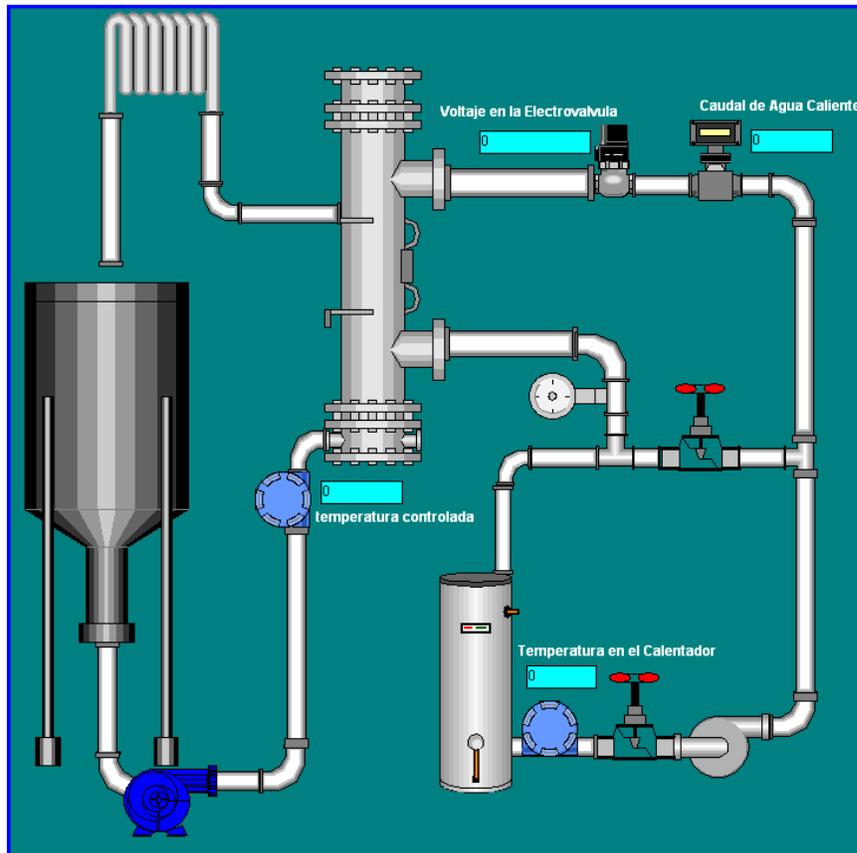
Icono librería → Carpeta Elementos de Campo → Tuberías Smart-Objects.

Figura 102. Imagen de la pantalla principal con los objetos insertados



Cuando se inserta la tubería del proceso, esta se acopla a los objetos quedando una imagen parcial del proceso de la siguiente manera:

Figura 103. Objetos acoplados por medio de la tubería



Insertados los objetos que componen el proceso, se continúa con la configuración de la pantalla principal, insertando campos de E/S para así visualizar las mediciones que se realizan en el proceso. Además de esto se insertan botones que permiten realizar acciones, como desplazarse de una imagen a otra, imprimir gráficos de tendencias del proceso, finalizar el WINCC Explorer y otras aplicaciones mas las cuales se configuran según la necesidad del proceso que se vaya a diseñar.

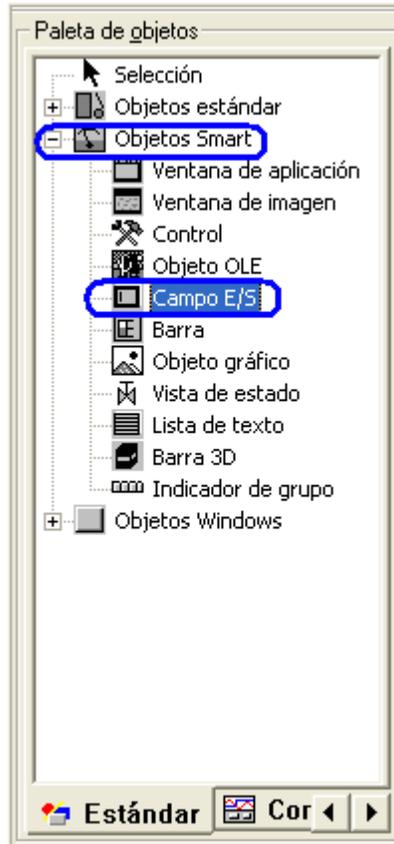
Antes de insertar los campos de E/S y los botones, deben estar creadas todas las variables que intervendrán en el proceso, como son:

- Caudal del agua caliente
- On/Off bomba agua caliente
- On/Off bomba agua fría
- Setpoint
- Temperatura agua caliente
- Temperatura agua fría

Ahora se procederá a insertar los campos de E/S los cuales están asociados a variables del proceso, la ruta es la siguiente

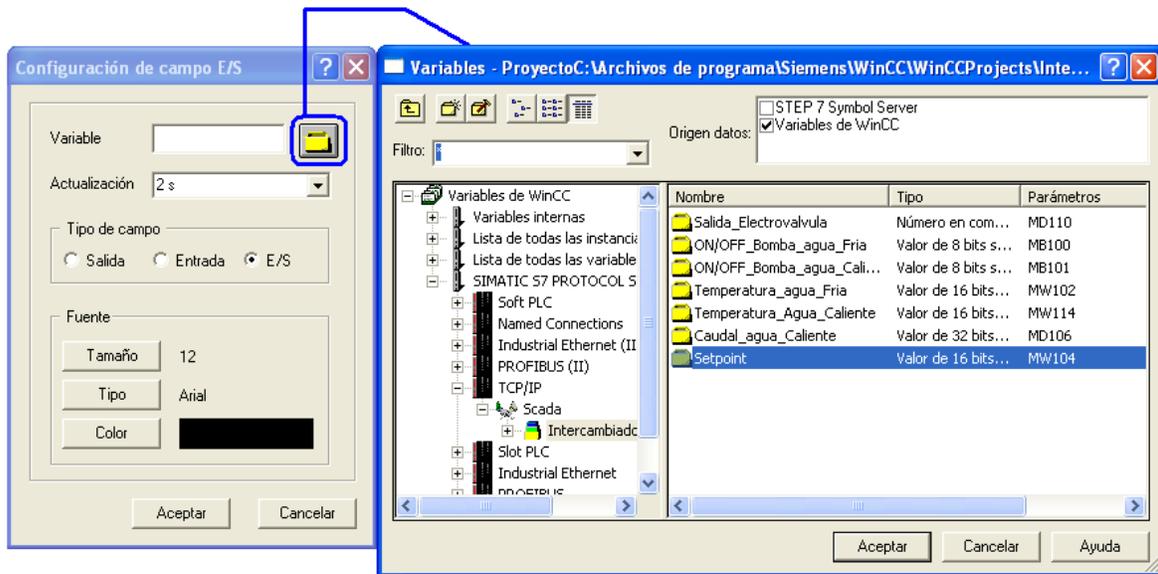
Paleta de objetos → Objetos Smart → Campos E/S.

Figura 104. Insertar campos de E/S



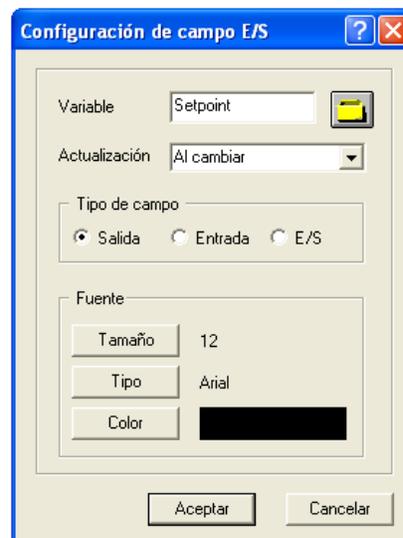
Se da doble clic sobre campo E/S lo cual abre el cuadro de dialogo de configuración del campo E/S, en el ítem variable se da clic en el logo de la carpeta y abre un cuadro de dialogo de variables del proyecto en el cual se selecciona la variable setpoint → aceptar.

Figura 105. Selección de la variable del proceso



Al seleccionar la variable en el cuadro de dialogo configuración de campo E/S en el ítem actualización se selecciona al cambiar.

Figura 106. Configuración del campo E/S



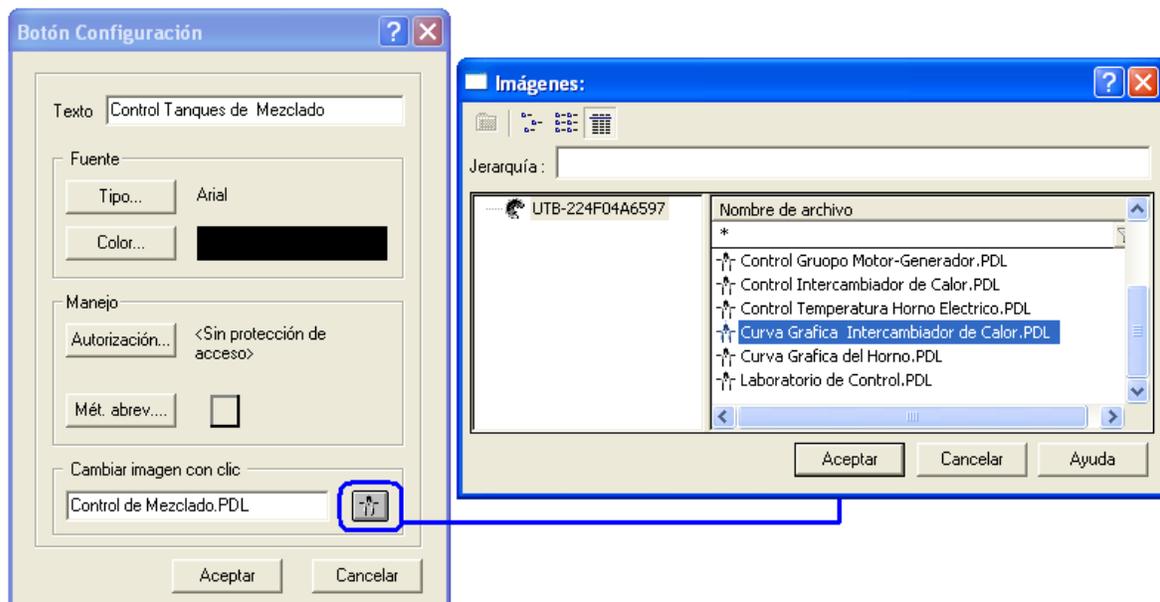
De igual manera se insertan los campos de E/S; se le da nombre en la pantalla principal para identificar cada uno de estos.

Para insertar los botones que permitirán cambiar de una imagen a otra, visualizar los gráficos del proceso y salir del WINCC Explorer se sigue la siguiente ruta:

Paleta de objetos → Objetos Windows → Botón.

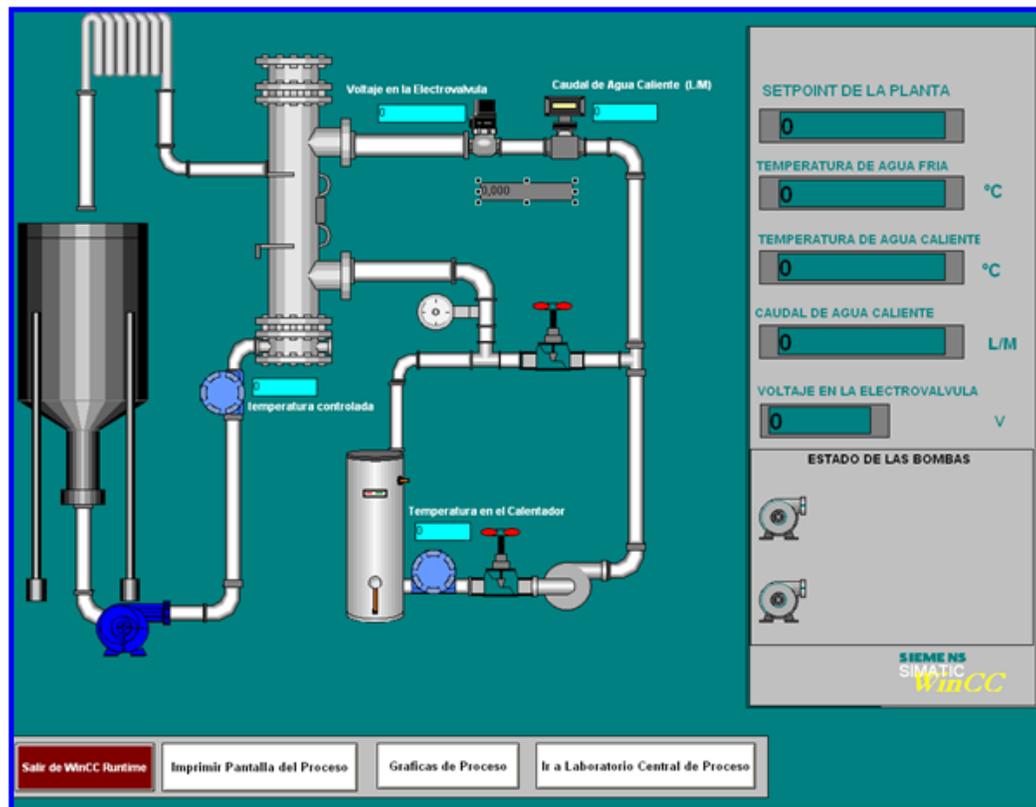
Se da doble clic sobre botón lo cual abre el cuadro de dialogo, configuración del botón al cual se le da como nombre graficas del proceso, y en el ítem cambiar imagen con clic se selecciona la imagen con el nombre graficas del proceso intercambiador de calor → aceptar.

Figura 107. Insertar botones para cambios de imágenes



Insertados los botones que se utilizan para cambiar imágenes o realizar acciones como salir del WINCC Explorer, la imagen del proceso queda de la siguiente manera.

Figura 108. Imagen final del proceso



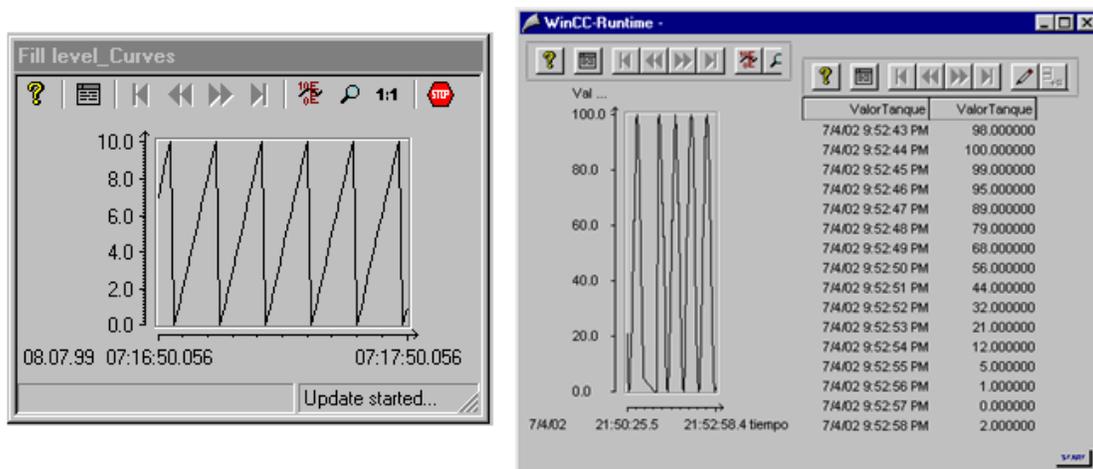
Para que se efectúen los cambios de una imagen a otra es necesario, crear en el editor grafico las imágenes que se estarán intercambiando. En este caso es necesario crear la imagen donde se visualizaran los gráficos del proceso y la imagen del control central de proceso, este procedimiento es muy parecido al anterior donde se creó la imagen del proceso intercambiador de calor.

5.6 Panel de Tendencias.

5.6.1 Gráficos de Tendencias

Las tendencias (gráficos) de valores analógicos sobre el tiempo son muy comunes. Recoger los datos y resumirlos en informes para los operadores y gerencia son características normales de un sistema SCADA que maneje niveles de automatización administrativos.

Figura 109. Gráficos de Tendencias



5.6.2 Características

La grafica incluye elementos tales como diagramas X-Y, la capacidad de re-escalar la tendencia mientras es mostrada, la capacidad de visualizar coordenadas para seleccionar una característica en la tendencia y visualizar los valores asociados a ella, histogramas, múltiples valores independientes en una tendencia, y gráficos de información de estado.

5.7 Paneles HMI terminados

A continuación se muestran las Figuras correspondientes a los paneles HMI ya terminados.

Figura 110. HMI de la planta piloto de control de presión

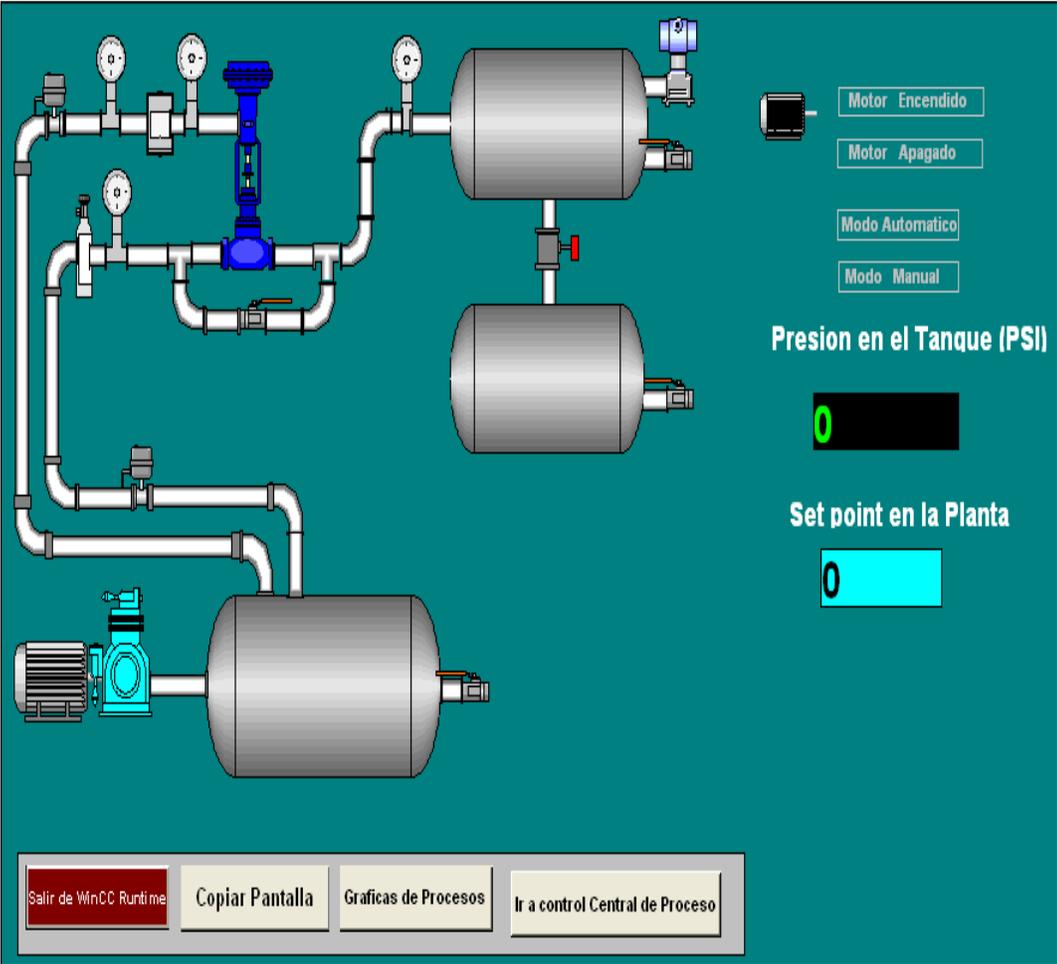


Figura 111. HMI de la planta piloto intercambiadora de calor

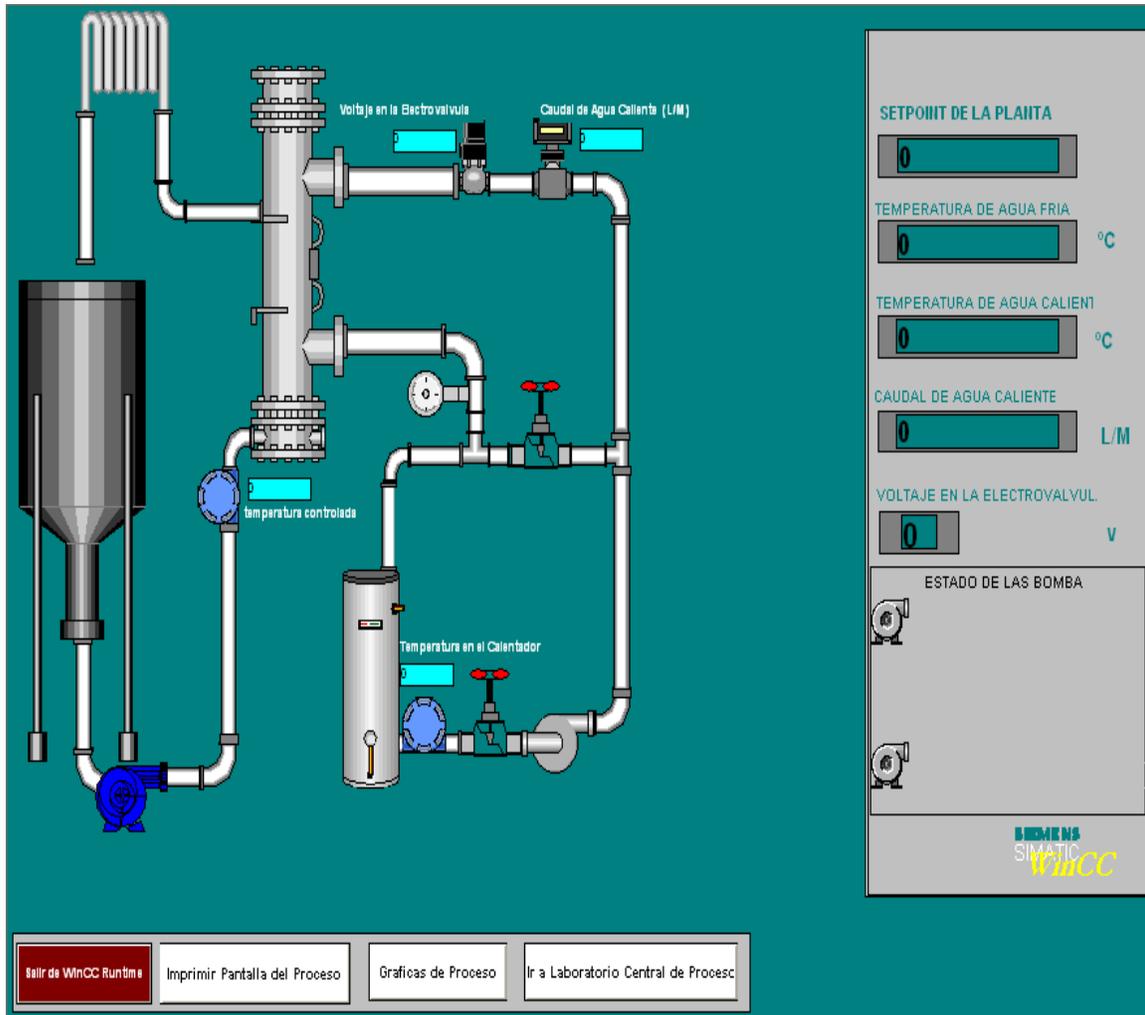


Figura 112. HMI de la planta de control de nivel

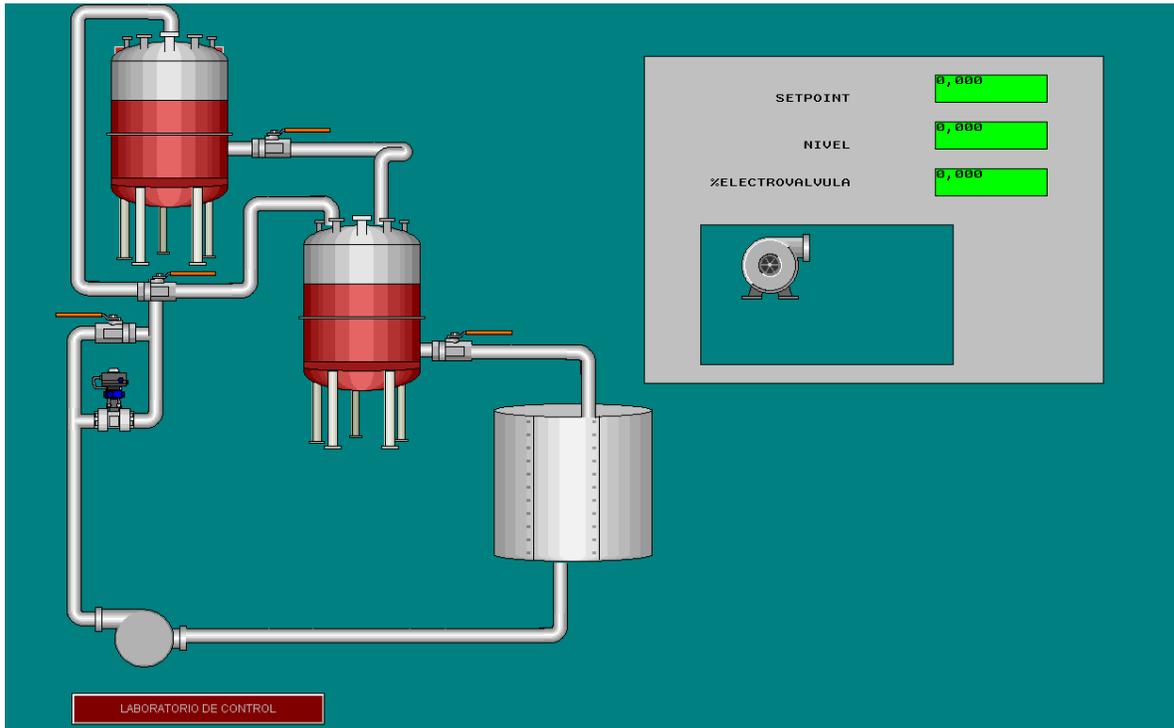


Figura 113. Esquema del HMI de la planta piloto de control de nivel para tanques en paralelo

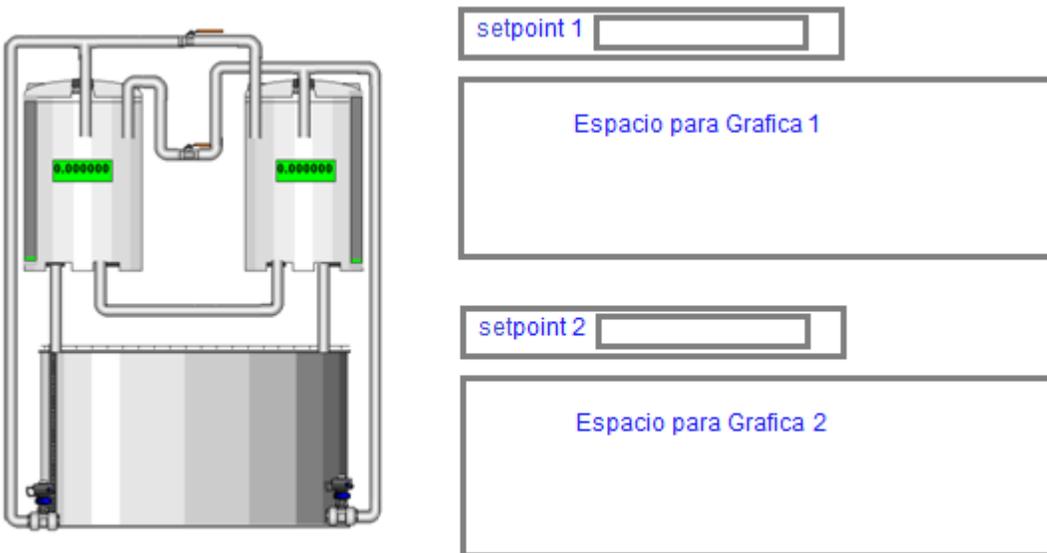
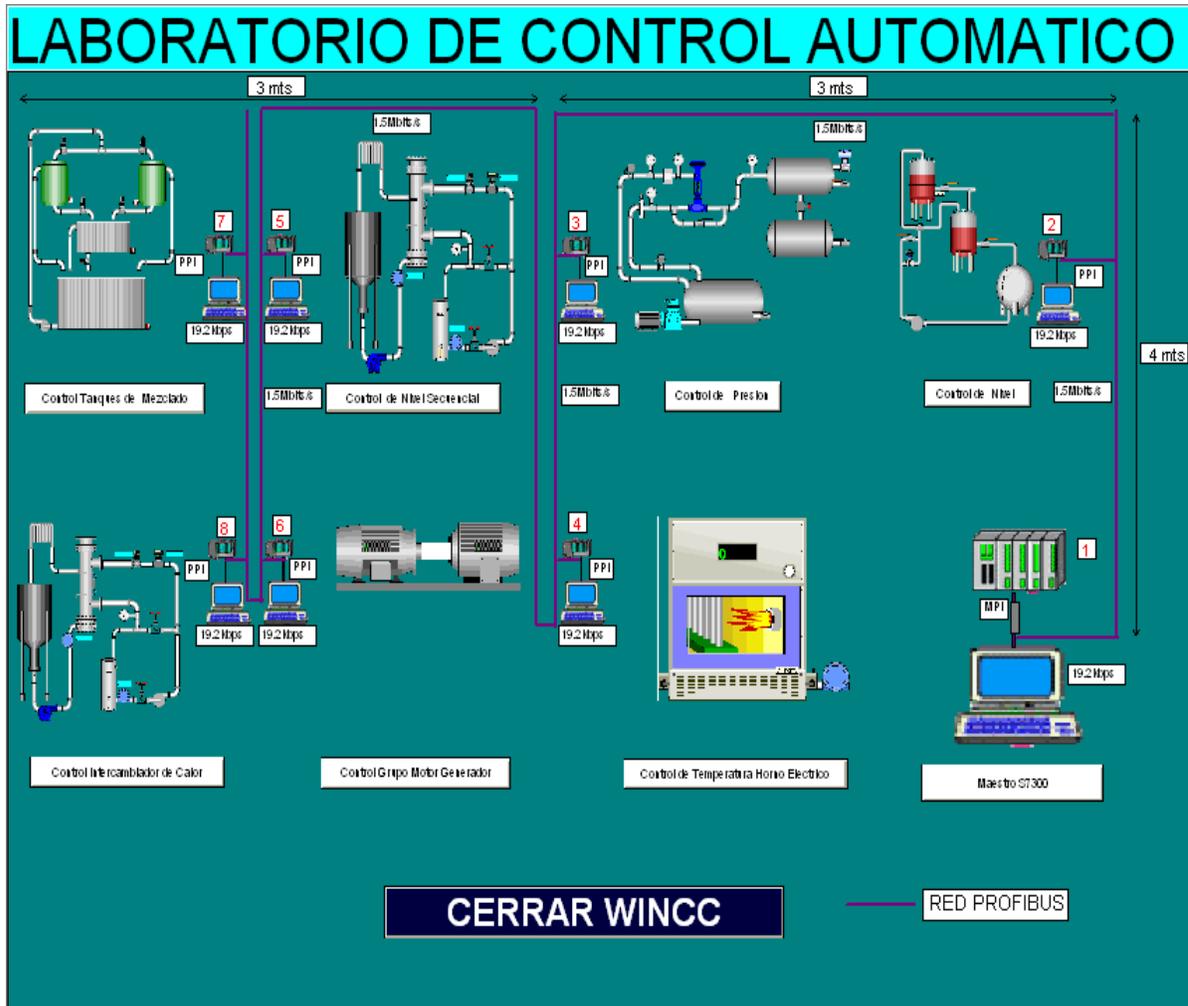


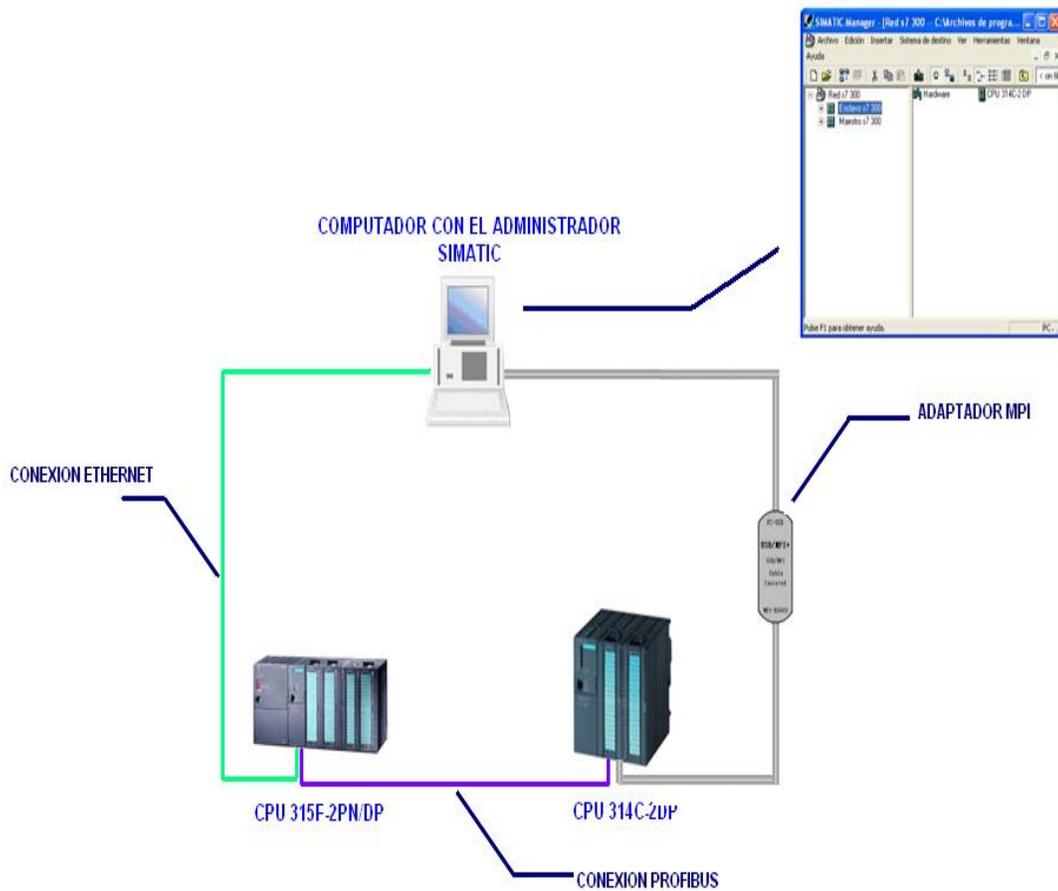
Figura 114. Panel del operador plantas piloto del laboratorio de control



6. PRACTICA DE LABORATORIO

En la siguiente práctica, establecemos la conexión de 2 PLC S7 300, uno como tenemos la siguiente conexión general:

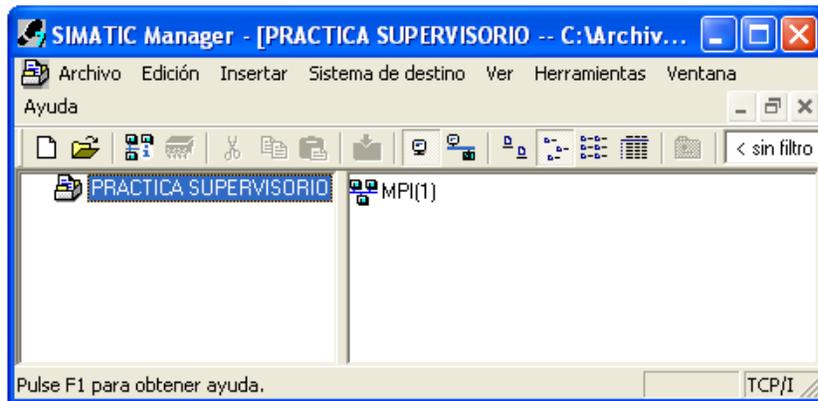
Figura 115. Configuración de la red y elementos hardware.



6.1 Configuración y Programación en STEP7

Luego de abrir el Administrador SIMATIC, se crea el nuevo proyecto. Para este practica se nombrara red S7-300.

Figura 116. Creación del proyecto



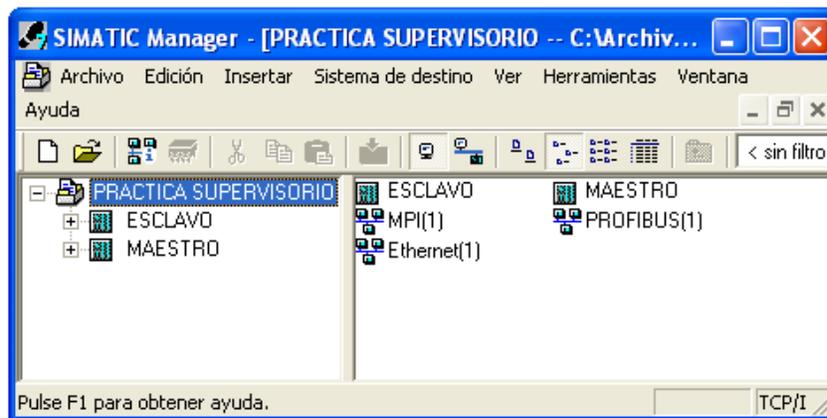
Se ingresa una subred PROFIBUS, al proyecto siguiendo la ruta:

Insertar → Subred → Profibus.

También se inserta una subred Ethernet; que se utiliza para programar la CPU 315F 2PN/DP; la ruta es:

Insertar → Subred → Industrial Ethernet.

Figura 117. Configuración de comunicación de la red



Se insertan los equipos a utilizar; es decir el componente hardware siguiendo la ruta:

Insertar → *Equipo* → *SIMATIC 300*; se le asignan nombres a los equipos de manera que se identifique en la red.

A continuación se configura el hardware de cada uno de los equipos, ya insertados en la red, en la ventana de configuración de hardware,

Para la configuración del esclavo se tiene la siguiente configuración en el bastidor:

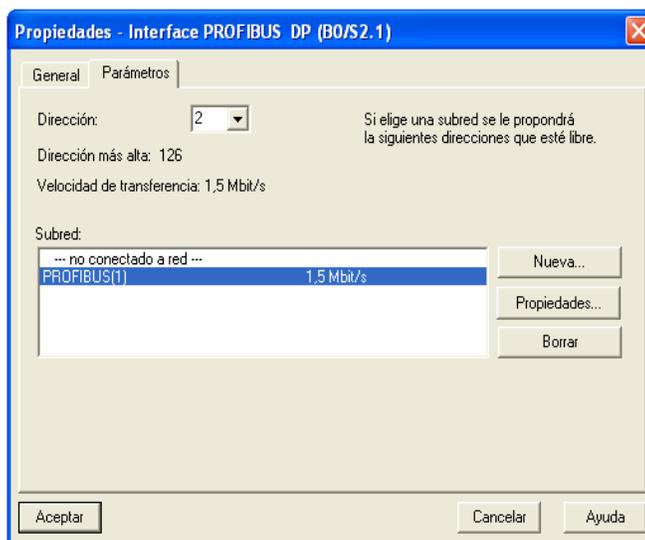
Figura 118. Configuración del PLC esclavo



La CPU que se utiliza como esclava es la del PLC S7-300 (314 C -2 DP), cuyas entradas y salidas digitales como analógicas, ya se encuentran determinadas.

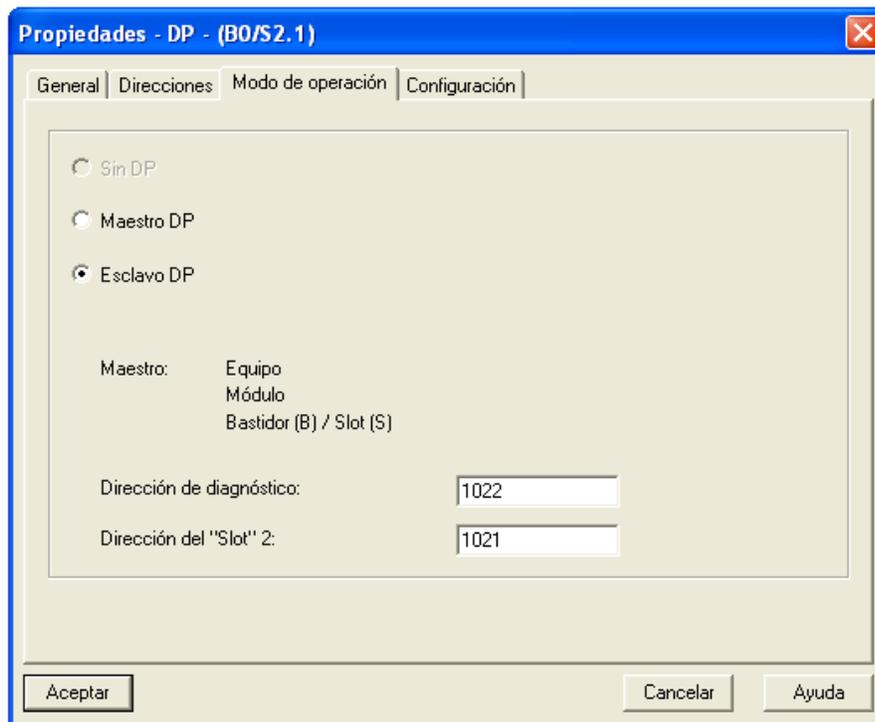
Al especificar el tipo de CPU ya mencionado, el software ofrece la opción de conectar el equipo a la red Profibus antes insertada; a lo que se le da clic en aceptar.

Figura 119. Propiedades de la interfaz



A continuación se configura el modo de operación como esclavo, siguiendo la ruta:
DP → Modo de Operación → Esclavo DP.

Figura 120. Configuración modo esclavo



Se establecen a continuación los parámetros de comunicación, ingresando a la pestaña configuración, a la que se accede desde las propiedades DP.

Se asignan las direcciones lógicas Maestro/Esclavo; correspondiente a la dirección local: Esclavo.

Rango de salidas: A50; Longitud 1 word; Con coherencia unitaria

Rango de entradas: E50; Longitud 1 word; Con coherencia unitaria

Guardar y compilar.

Figura 121. Parámetros de comunicación

Propiedades - DP - (B0/S2.1) - Configuración - Línea 1

Modo: ME (Configuración maestro/esclavo)

Interlocutor DP: maestro		local: esclavo	
Dirección DP:		Dirección DP:	8
Nombre:		Nombre:	DP
Tipo de dirección:		Tipo de dirección:	Salida
Dirección:		Dirección:	50
"Slot":		"Slot":	
Imagen de proceso:		Imagen de proceso:	JP 081
OB de alarma:		Dirección de diagnóstico:	

Asignación mód.:

Dirección mód.:

Nombre mód.:

Longitud: 1 Comentario:

Unidad: Word

Coherencia: Unidad

Aceptar Aplicar Cancelar Ayuda

Propiedades - DP - (B0/S2.1)

General | Direcciones | Modo de operación | Configuración

Línea	Modo	Dir. DP interl.	Dir. interl.	Dir. local	Long.	Coherencia
1	ME	--	--	A 50	1 Word	Unidad
2	ME	--	--	E 50	1 Word	Unidad

Nuevo ... Editar ... Borrar

ME Configuración maestro/esclavo

Maestro:

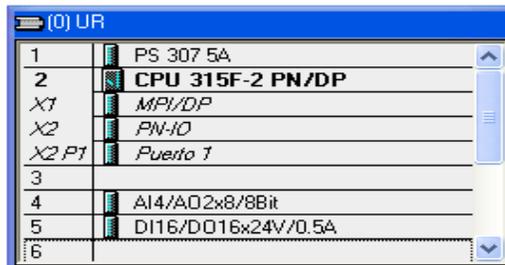
Equipo:

Comentario:

Aceptar Cancelar Ayuda

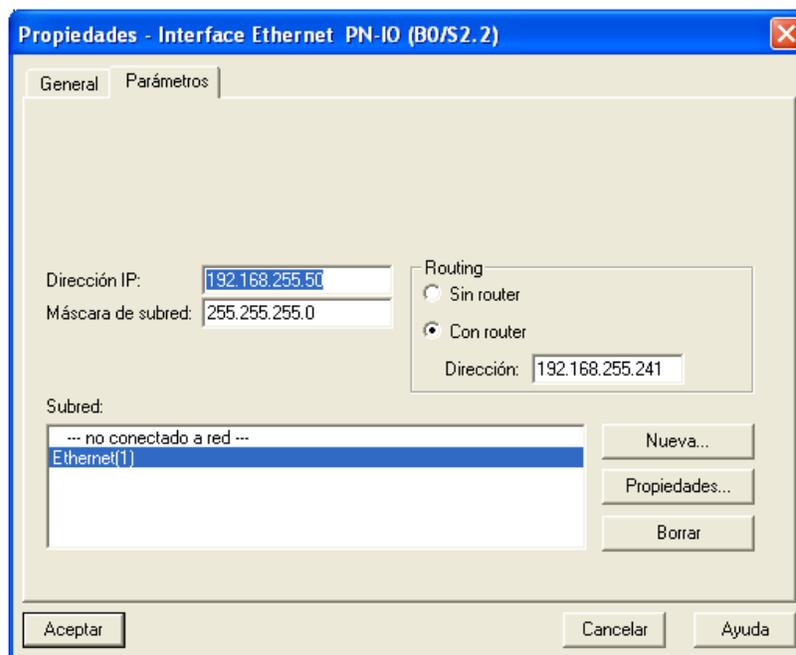
El maestro se configura de la siguiente manera:

Figura 122. Configuración del PLC maestro



Al insertar en el bastidor la CPU correspondiente a la estación maestra, se abre la ventana para configurar la Interfase Ethernet (debido a que esta CPU en particular esta en capacidad de soportar redes Ethernet); detectando además la subred Ethernet antes ingresada.

Figura 123. Configuración de la interfaz del maestro



Configuración de la red PROFIBUS:

Figura 124. Configuración de la red PROFIBUS

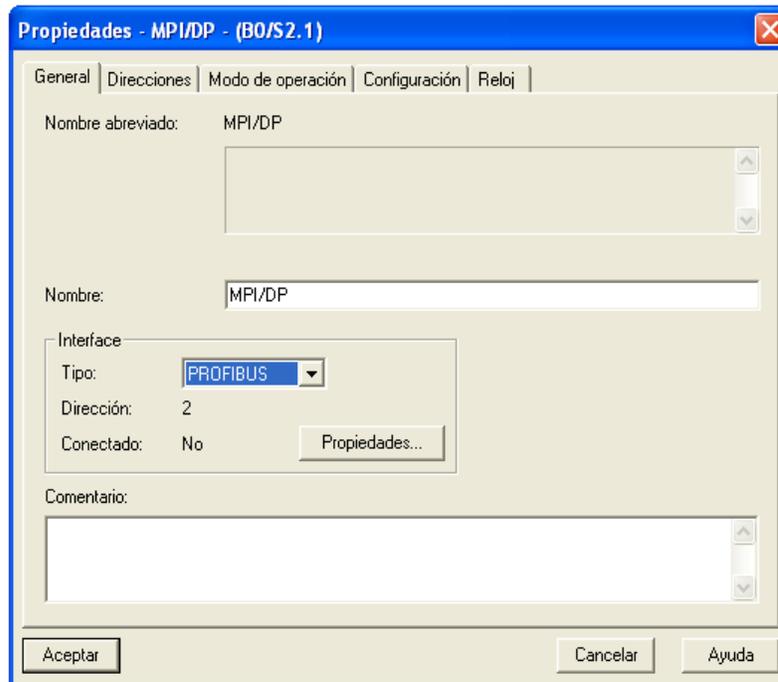
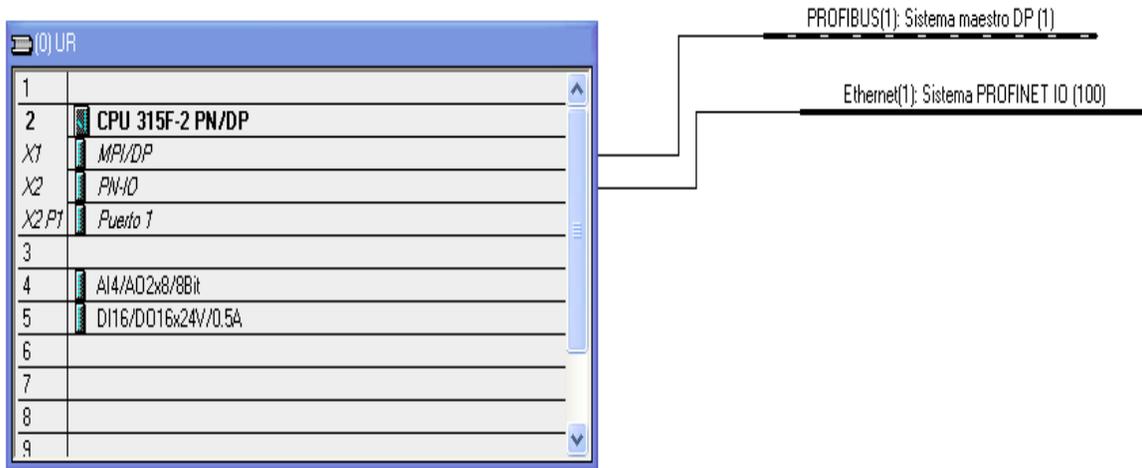


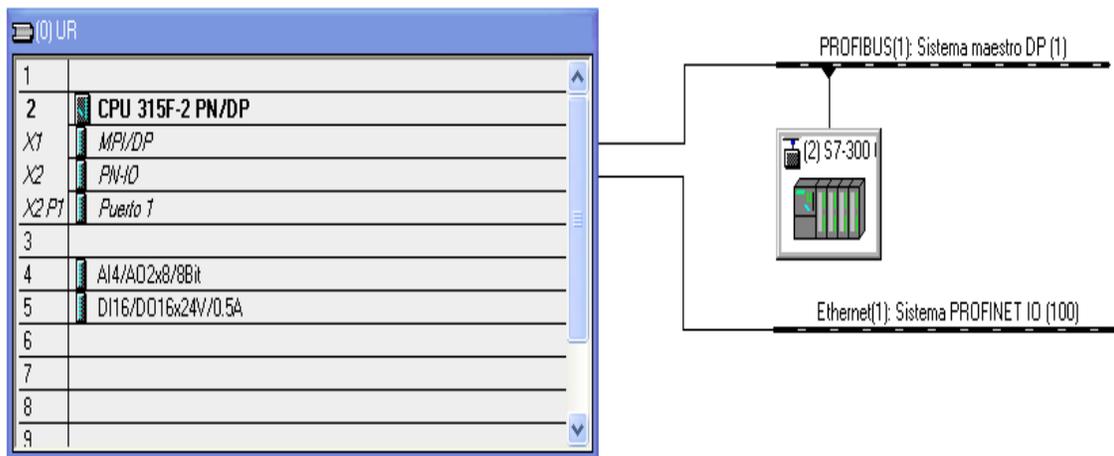
Figura 125. Configuración del hardware y la red



A continuación se agrega la estación esclava a la red profibus, como sigue:

Profibus DP → *Estaciones ya configuradas* → *CPU 31x*; se muestra el equipo esclavo configurado previamente, a lo que se selecciona “Acoplar”.

Figura 126. PLC esclavo en la red



En la ventana siguiente, se ajustan los parámetros de intercambio de comunicación entre las dos CPUs.

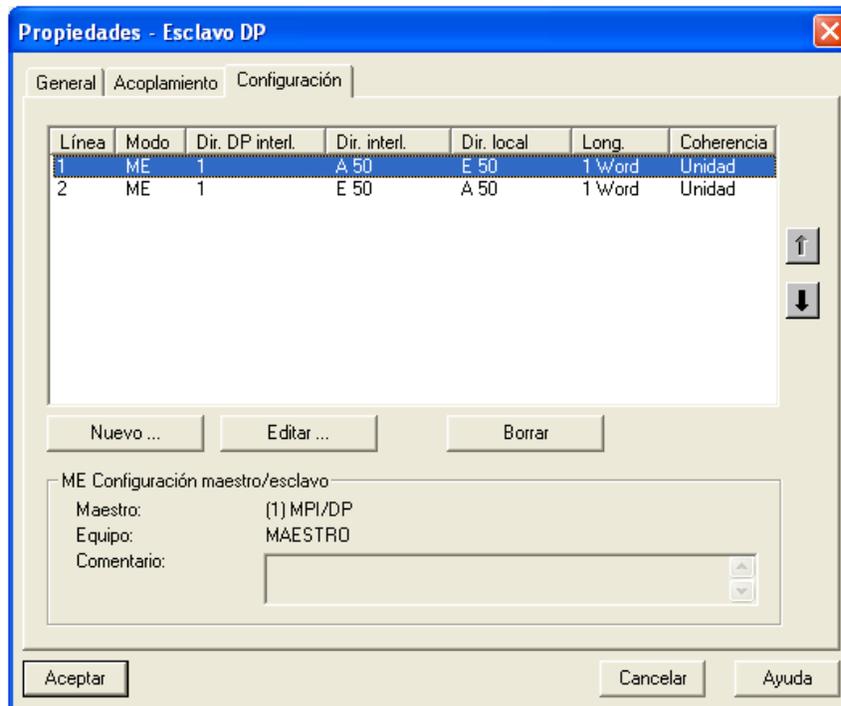
Ingresando a la estación esclava agregada, se da clic en configuración; y establecemos los parámetros de comunicación, para el interlocutor o maestro.

Rango de salidas: A50; Longitud 1 word; Con coherencia unitaria

Rango de entradas: E50; Longitud 1 word; Con coherencia unitaria

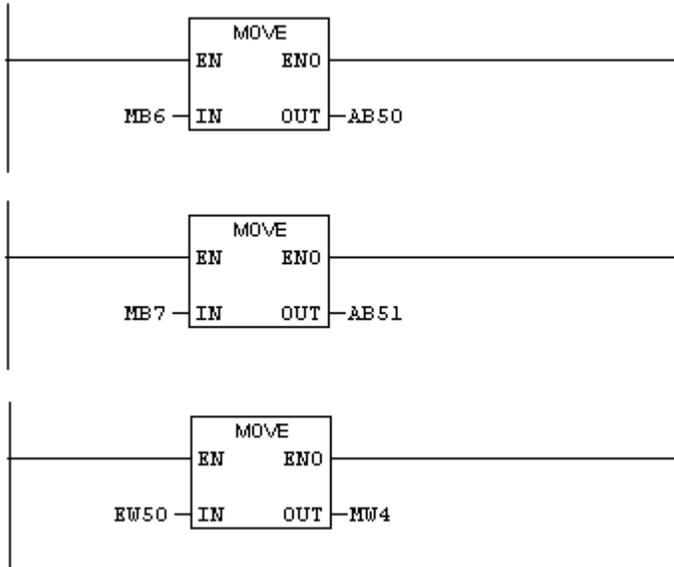
Guardar y compilar.

Figura 127. Parámetros de comunicación



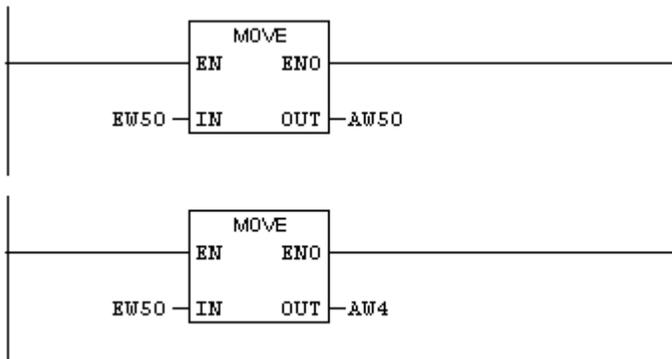
Programa que se cargara en el maestro:

Figura 128. Programa PLC maestro



Programa que se cargara en el esclavo:

Figura 129. Programa PLC esclavo

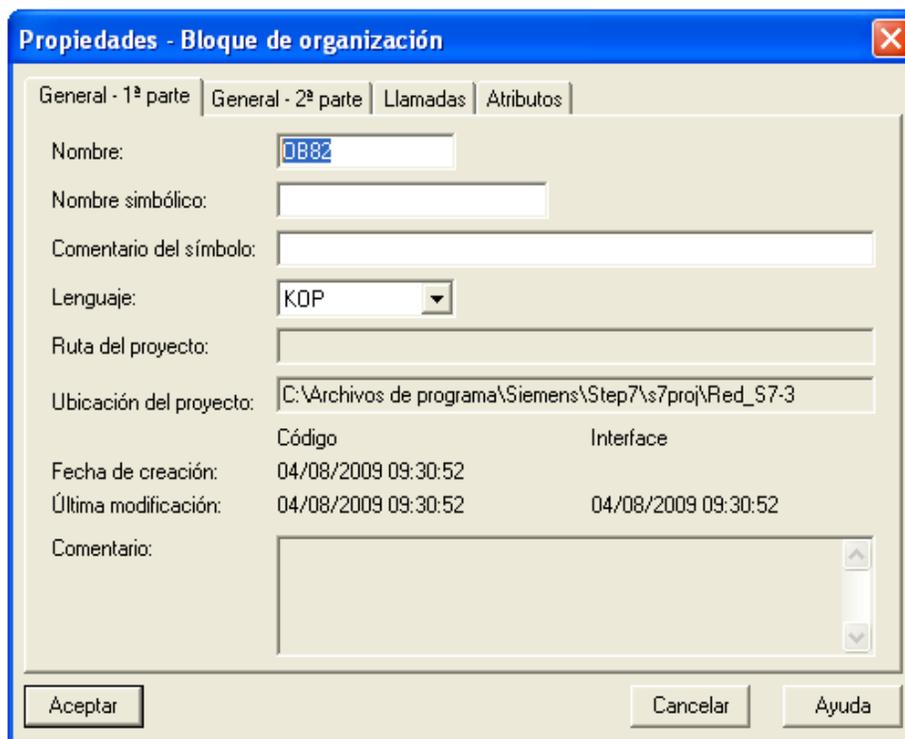


Al activar las CPUs al mismo tiempo, puede generarse un error de sincronización, de forma que ambas CPUs mostrarán este error a través del LED SF (error de sistema), y pasarán a modo STOP. Esto se soluciona generando un OB82 (Alarma de Diagnósis), vacío en cada equipo y cargándolos en las 2 CPUs.

Se selecciona la carpeta de bloques de cada una de las CPU, y se le inserta un bloque de organización para esto se sigue la ruta:

Administrador SIMATIC → “CPU” → *Bloques* → *Insertar* → *Bloque S7* → *Bloque de Organización*. Se le asigna el nombre “OB82”; → aceptar.

Figura 130. Generación alarma de diagnostico



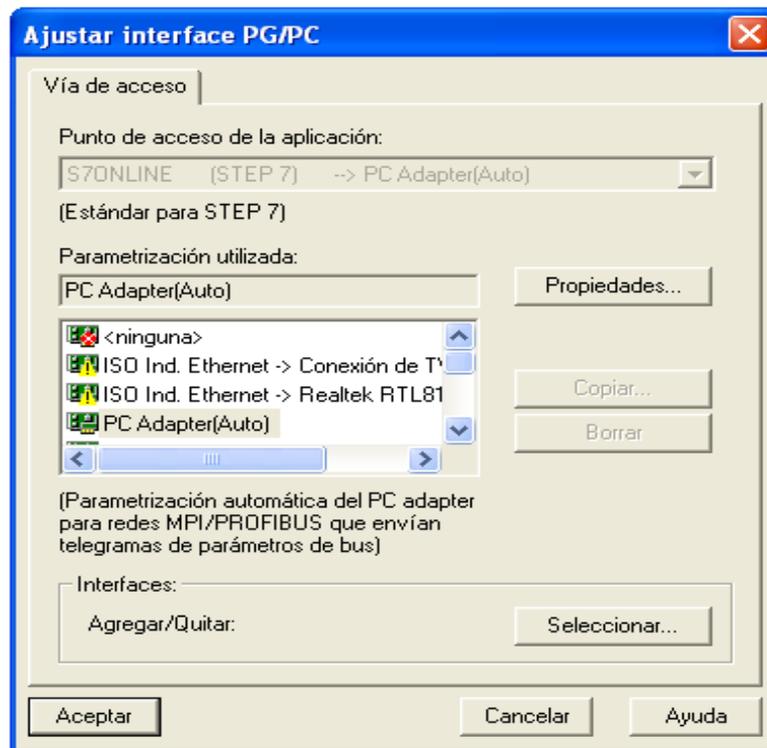
Finalmente se graba la configuración y el programa en los equipos, teniendo en cuenta el tipo de interfaz de cada uno, como sigue:

Herramientas → *Ajustar Interface PG/PC*; donde se muestra una lista del tipo de “Parametrización Utilizada”; para el caso del equipo 315F 2PN/DP, se selecciona la

interface *TCP/IP (Auto)* -> *Realtek RTL8168/8111*; en el caso de la CPU 314C 2DP, se escoge la interface *PC Adapter (Auto)*.

Guardar y compilar.

Figura 131. Ajuste de la interfaz de los PLC esclavos y maestro



6.2 Diseño del HMI en WinCC

Se procede a continuación al diseño de un supervisor en WinCC, en el que el objetivo principal es mostrar de manera didáctica, como configurar imágenes dinámicas, como botones para cambiar el estado de variables, y objetos que cambian físicamente según el estado de la dirección que representan.

6.2.1 Establecer las Variables

Primero que todo, se procede a crear el nuevo proyecto, de la misma forma como fue explicado en el capítulo 5, y agregando las siguientes variables:

Figura 132. Variables utilizadas en la práctica

 Entrada4_0	Variable binaria	M4.0
 Entrada4_1	Variable binaria	M4.1
 Entrada4_2	Variable binaria	M4.2
 Entrada4_3	Variable binaria	M4.3
 Entrada4_4	Variable binaria	M4.4
 Entrada4_5	Variable binaria	M4.5
 Entrada4_6	Variable binaria	M4.6
 Entrada4_7	Variable binaria	M4.7
 Entrada5_0	Variable binaria	M5.0
 Entrada5_1	Variable binaria	M5.1
 Entrada5_2	Variable binaria	M5.2
 Entrada5_3	Variable binaria	M5.3
 Entrada5_4	Variable binaria	M5.4
 Entrada5_5	Variable binaria	M5.5
 Entrada5_6	Variable binaria	M5.6
 Entrada5_7	Variable binaria	M5.7
 Salida_M6	Valor de 8 bits sin signo	MB6
 Salida_M7	Valor de 8 bits sin signo	MB7

6.2.2 Diseñar y Configurar los Leds

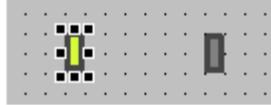
Como fue antes mencionado, en esta aplicación se desea mostrar el comportamiento de las entradas (Marcas) del programa maestro a la salida del esclavo inteligente; de manera que se podrán activar las marcas del maestro desde el HMI, y observar esto tanto en las salidas físicas del esclavo inteligente, como en el Panel.

Para ver este comportamiento, es necesario configurar “los leds correspondientes a las salidas físicas del Esclavo Inteligente” es decir; las marcas (entradas) del maestro.

Para el diseño de estas imagines se puede optar por las imagines ya existentes en la librería de WinCC, o tomar imágenes de diseño propio, para lograr un HMI personalizado.

En el ejemplo trabajado la idea consistió dibujar imágenes propias en forma de Led para simular de manera muy similar el comportamiento del Esclavo Inteligente.

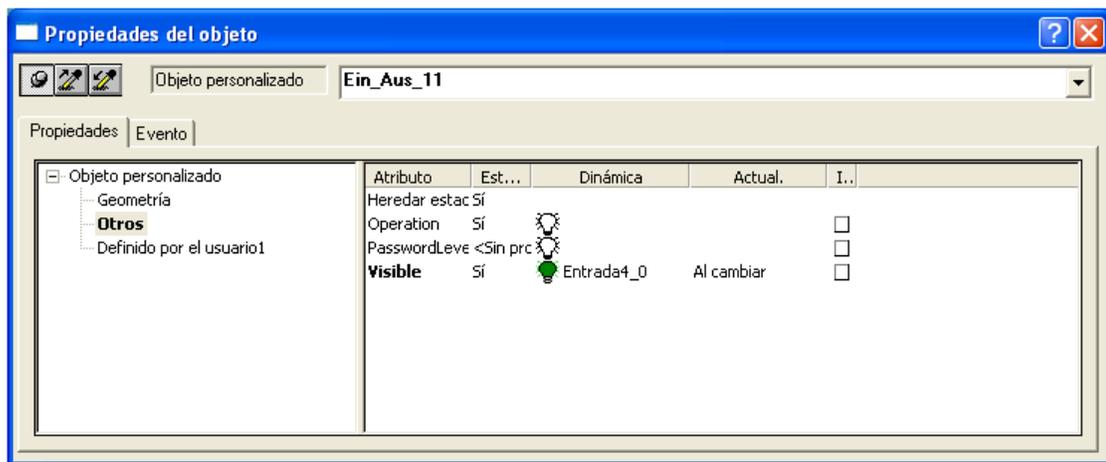
Figura 133. Leds de diseño propio



Como se muestra en la figura 133, se dibuja tanto el led en su estado apagado, como en su estado de encendido.

Por un lado el Led apagado no es necesario configurar; solo es suficiente cambiar las propiedades del Led que muestra el estado de encendido, como sigue:

Figura 134. Configuración de las Propiedades de la Imagen



Es necesario agregar la propiedad “Visible” al objeto y establecer la variable respectiva, como son cada una de las entradas. En caso de que la figura creada no muestre esta propiedad, siempre es posible tomar un objeto de la librería que si la tenga, y luego cambiar la imagen por la de diseño propio.

Luego se coloca el led de encendido por encima del apagado en el editor.

6.2.3 Configuración de Botones

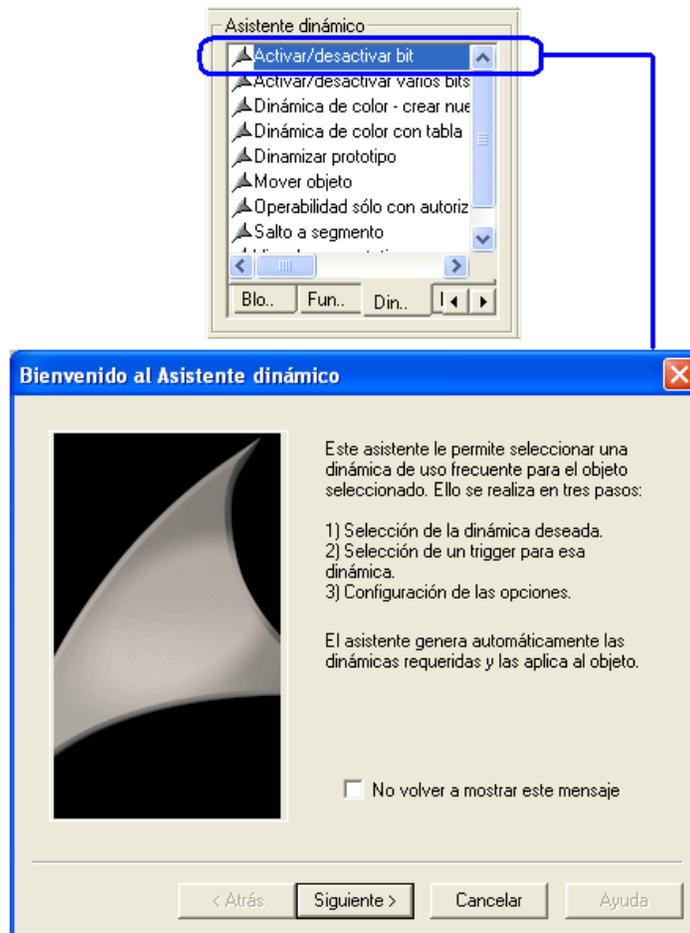
Para los botones se utilizan los mostrados en la figura 135.

Figura 135. Imágenes a Configurar como Botones



- 1) Para configurar las imágenes anteriormente mostradas, es necesario utilizar la barra de Herramientas “Asistente Dinámico”, con la opción “Activar/Desactivar bit”.

Figura 136. Asistente Dinámico

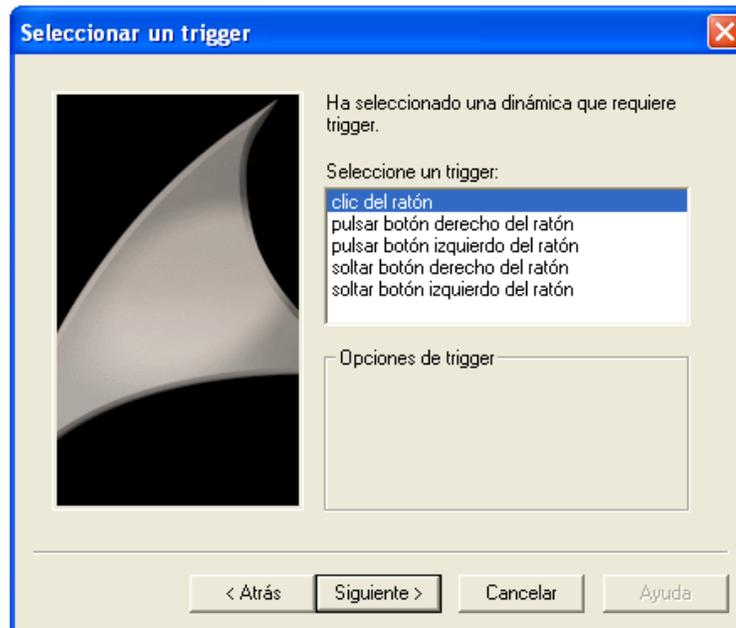


2) Entonces el asistente solicita escoger entre varias opciones de disparo, o el tipo de evento que activa la propiedad de activar o desactivar un bit; como son:

- Clic del Ratón
- Pulsar Botón Derecho del Ratón
- Pulsar Botón Izquierdo del Ratón
- Soltar Botón Derecho del Ratón
- Soltar Botón Izquierdo del Ratón

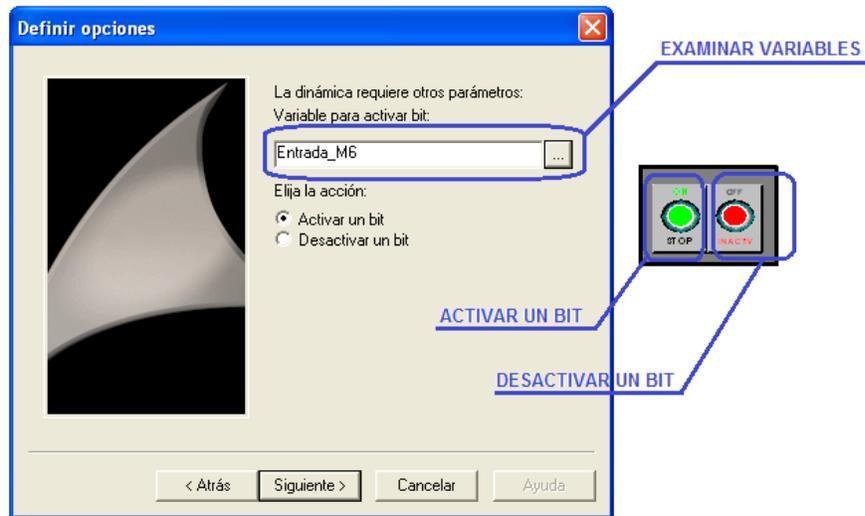
En el caso de la práctica de ejemplo, se selecciona “*clic del ratón*”, como se muestra en la grafica 137 y luego “*aceptar*”.

Figura 137. Seleccionar Trigger (Disparador)



3) Aparece la ventana “Definir Opciones” , donde se selecciona entre “Activar un bit” y “Desactivar un bit”, dependiendo de la característica que se quiera para determinado objeto; al examinar las variables del proyecto, el asistente solo mostrara variables de tamaño igual o mayor a un byte.

Figura 138. Definir Opciones

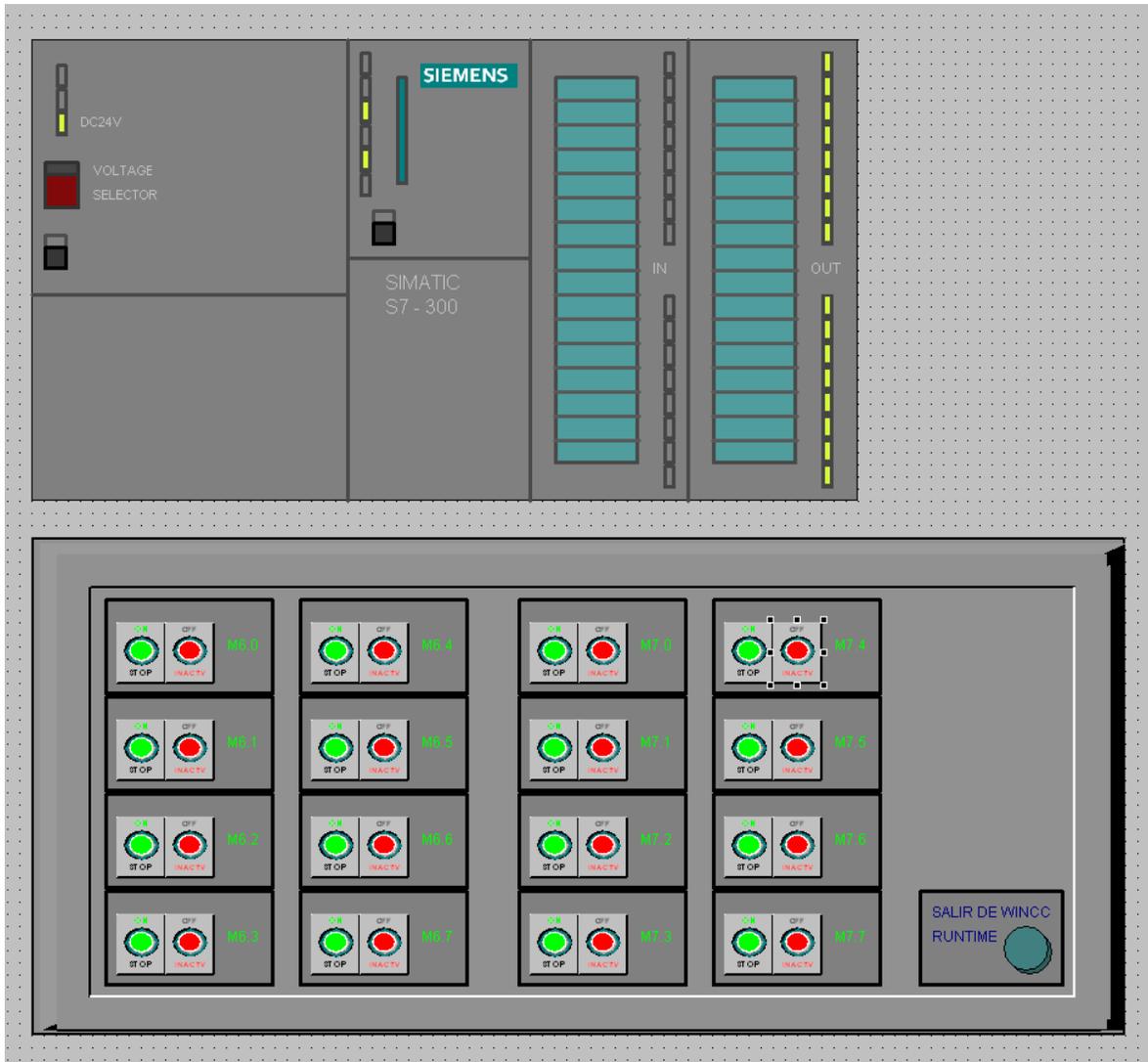


4) Se selecciona el bit al que se esté haciendo referencia, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 139. Selección de Bit



Figura 140. HMI Terminado



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para concluir con el presente trabajo, se puede hacer referencia a las grandes ventajas que ofrecen los sistemas SCADA; ya que podemos comprobar con el sistema implementado en el laboratorio de control automático de la UTB, lo útiles que pueden llegar a ser al facilitar en gran medida la toma de datos en tiempo real, superando limitaciones como la distancia y los riesgos del entorno.

La aplicación SCADA, utilizada para la supervisión de las variables de cada una de la plantas pilotos, se diseñó e implementó satisfactoriamente logrando así monitorear las señales enviadas por los diferentes transmisores debido a la configuración que se le realizó a los campos de E/S para registrar los datos de las variables que intervienen en cada proceso.

Con el cumplimiento de los objetivos en el proyecto, hemos dejado las bases para una futura ampliación y modernización de la pirámide de automatización en el Laboratorio de Control Automático; siendo posible la adición de nuevas plantas automatizadas, a demás de nuevas características en el sistema, sin afectar de alguna manera el trabajo ya realizado.

Se entrega con este trabajo, un manual con algunas de las más importantes características en cuanto al manejo del programa SIMATIC STEP7; mostrándose, como utilizar una gran cantidad de herramientas de configuración y programación, como son las capacidades de visualización del comportamiento del programa en línea, diagnóstico de fallas, implementación de redes Ethernet, MPI y Profibus.

Con la práctica de laboratorio, se deja al estudiante una herramienta para dar los primeros pasos con el programa WinCC V6.2; mostrando además la versatilidad de este programa al permitir al usuario el manejo de propiedades y eventos sobre objetos para que sean ajustados según la conveniencia que exija una aplicación HMI.

En el desarrollo de este proyecto siempre fue determinante enseñarle al lector, facilitando el aprendizaje; de tal manera que la explicación de las distintas configuraciones y programas realizados en el software trabajado, se da en pasos secuenciales.

Para la realización de este proyecto, se recurrió a manuales de Siemens, publicaciones electrónicas, consejos y recomendaciones de personal calificado; de tal manera que se siguiese en todo momento un régimen de buenas prácticas, permitiendo un trabajo veraz y pertinente.

Para verificar que el sistema se comporte bien es recomendable tener muy presente los siguientes puntos:

Interface de comunicación entre el PLC maestro y las Aplicaciones del Servidor

Las interfaces o puntos de acceso a las aplicaciones del servidor constituye uno de los factores de gran importancia a la hora de garantizar el funcionamiento del sistema; de manera que para el caso del trabajo principal (Supervisor de plantas), hay que asegurarse que la aplicación en WinCC y la configuración en STEP7, cuenten con la misma interface de comunicación “TCP/IP (Auto) -> Realtek RTL8168/8111”. Para el caso de la práctica realizada, con el esclavo inteligente, esta unidad no cuenta con un modulo de comunicaciones Ethernet; en cambio solo dispone de un modulo CP para Profibus DP y MPI, por lo que su programación se deberá efectuar con la interface de comunicación **PC** “Adapter (Auto)” o “PC Adapter (MPI)”.

Estado de la resistencia de los conectores Profibus

El conector debe funcionar con la clavija en “OFF” si el bus entrante (A1, B1) y el bus saliente (A2, B2) se van a interconectar. El conector de la última estación del segmento hay que colocarlos en “ON”. En este caso, las resistencias en el bus entrante serán conectadas y en el bus saliente desconectadas.

Dirección IP del computador

Para la comunicación del Step 7 y el WinCC, con el PLC maestro, no solo es importante configurar la interface de comunicación, sino también la dirección IP del PLC, que se establece en la configuración de hardware de STEP7; esta, también se tiene en cuenta en la aplicación SCADA de WinCC. La dirección IP establecida se determina teniendo en cuenta la dirección IP del computador.

Nombre del computador en que se realizo la aplicación WinCC

La aplicación diseñada en WinCC, tomará el nombre del computador donde se desarrollo, y solo funcionara en un computador con el mismo nombre, por lo que es de esperarse que solo funcione en otra PC luego de que se actualicen los datos en la aplicación.

Tamaño de la información leída por parte del maestro

La configuración del tamaño de datos de los esclavos en el STEP7, se debe corresponder con la realidad. Es un descuido común además, establecer rangos de direcciones que se superponen con otras, por ejemplo; la dirección VD1016 y la dirección VW1018 usados en un mismo esclavo presentan este problema, ya que la palabra VW1018 incluye los bytes 1018 y 1019 usados ya por la doble palabra VD1016 que incluye 1016,1017, **1018 y 1019**.

ANEXO

PROBLEMAS ENCONTRADOS A LO LARGO DEL PROYECTO Y SOLUCIONES IMPLEMENTADAS

A lo largo del proyecto, se presento con cierta frecuencia un problema en particular; al iniciar el runtime no se obtienen los valores de las variables solicitadas.

Inicialmente, lo más sencillo que se puede hacer en este caso para descartar posibles problemas en la red, es asegurarse de que los led de diagnostico del PLC maestro no muestren error; si esto ocurre lo más recomendable es irse al STEP7, *Sistema de destino* → *Diagnostico/Configuración* → *Diagnosticar hardware*, y ver cuál es la causa del problema.

En caso, de que el problema no radique en la red, será necesario revisar la configuración de la aplicación en WinCC.

WinCC cuenta con una herramienta para poder visualizar el estado actual del runtime; se accede a esta, por medio del menú *Herramientas* y luego en estado de conexiones.

Se despliega una ventana con 7 columnas; entre las que se pueden observar:

Nombre: Nombre de la conexión Lógica

Estado: Estado de la conexión Lógica que puede ser *conectado/desconectado*.

Error: Numero de errores que hayan ocurrido en la conexión lógica.

Lectura de Tags: Número total de Tags leído en la conexión lógica desde el inicio del runtime del proyecto.

A lo largo del desarrollo de este proyecto el problema más común, fue encontrar el estado de la conexión como *desconectado*, lo que ocurre por problemas de configuración más que por errores del programa, por lo que no se observa ninguno en la columna correspondiente. Se hace necesario para solucionar este problema, revisar las propiedades del enlace TCP/IP, y asegurar que la dirección IP establecida sea la correcta.

También se puede presentar el caso, que no se muestre el valor de alguna variable en particular, a pesar de que el estado de la conexión aparezca como conectado.

En este caso es muy probable que el problema se deba a que el tipo de dato configurado para la variable no es correcto.

Para esto se hace necesario corregir la configuración de la variable. A continuación se muestran los tipos de datos más importantes para el proyecto que WinCC da para escoger.

Binary Tag: Acepta los estados Falso/Verdadero.

Signed 8-Bit Value: 1 byte con signo (+ o -); el rango del numero está entre -128 a +127.

Unsigned 8-Bit Value: 1 byte sin signo; el rango del numero va de 0 a 255.

Signed 16-Bit Value: 2 bytes con signo; rango de -32768 a +32767.

Unsigned 16-Bit Value: 2 bytes sin signo; rango de 0 a 65535.

Signed 32-Bit Value: Valor de 4 bytes con signo; con un rango que va de -2147483647 a +2147483647.

Unsigned 32-Bit Value: Valor de 4 bytes sin signo; rango de 0 a 4294967295.

Floating-Point Number 32-Bit IEEE 754: Valor de 4 bytes con signo; rango de -3.402823e+38 a +3.402823e+38.

Floating-Point Number 64-Bit IEEE 754: Valor de 8 bytes con signo; rango de -1.79769313486231e+308 a +1.79769313486231e+308.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Duque Pardo Jorge Eliécer. Módulo de Redes Industriales. Cartagena, 2008, Minor en automatización Industrial.

Villa Ramírez José Luís. Módulo de SCADA. Cartagena, 2008, Minor en automatización Industrial.

Henry Mendiburu Díaz. SISTEMAS SCADA.

Dr. Joaquín López Fernández. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática - Universidad de Vigo URL: <http://www.aisa.uvigo.es/joaquin>.

WinCC. Manual de Uso e Iniciación. Laboratorio de Sistemas Industriales Distribuidos. 3º ITTSE. Dpto. Ing. Electrónica. ETSE. Universidad de Valencia.

Realización práctica de red de comunicación basada en PROFIBUS DP (Escuela de Ingenierías Industriales). Antonio José Calderón Godoy. Alberto Cebrián Vázquez. Abril de 2004.

Tesis de grado. Diseño de un manual práctico para la programación y configuración del PLC s7-300 de siemens. Javier Jaraba Sierra. Edwin López Florez. Universidad Tecnológica de Bolívar 2003.

Programación elemental WINCC. Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática. Fede Pérez E.T.S. de Ingeniería de Bilbao.

Sistemas Industriales Distribuidos: Una filosofía de automatización. Apuntes Teoría 3º ITT-SE. Universidad de Valencia. Dpto. Ingeniería Electrónica. Alfredo Rosado Muñoz.