



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA,
UTILIZANDO REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PARA
EL CONTROL DISTRIBUTIVO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS Y
NEUMÁTICOS EN EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y
NEUTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA.**

**AUTORES: ANA GABRIELA AMORES MORENO
OSCAR DANILO QUINGATUÑA SINCHIGUANO**

DIRECTOR: ING. WILSON SÁNCHEZ

LATACUNGA

2017



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA, UTILIZANDO REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PARA EL CONTROL DISTRIBUTIVO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS EN EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEURÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA**” fue revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlos y autorizar a los señores **ANA GABRIELA AMORES MORENO Y OSCAR DANILO QUINGATUÑA SINCHIGUANO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Marzo del 2017.



.....
Ing. Wilson Sánchez Ocaña

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **ANA GABRIELA AMORES MORENO Y OSCAR DANILO QUINGATUÑA SINCHIGUANO**, declaramos que este trabajo de titulación ,
“**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA, UTILIZANDO REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PARA EL CONTROL DISTRIBUTIVO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS EN EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEUTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA**”, se desarrolló considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Marzo del 2017.

.....
Ana Gabriela Amores Moreno

C.C.: 0503249617

.....
Oscar Danilo Quingatuña Sinchiguano

C.C.: 0503776635



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **ANA GABRIELA AMORES MORENO Y OSCAR DANILO QUINGATUÑA SINCHIGUANO**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA, UTILIZANDO REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PARA EL CONTROL DISTRIBUTIVO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS EN EL LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEUTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, Marzo del 2017.

.....
Ana Gabriela Amores Moreno

C.C.: 0503249617

.....
Oscar Danilo Quingatuña Sinchiguano

C.C.: 0503776635

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Miguel y Lidia mis padres por ser mi orgullo, la fuerza y motivación para la realización de mis sueños, quienes a diario me inculcaron los valores que poseo, brindándome su apoyo incondicional que fue lo primordial para lograr mis objetivos y culminar esta etapa de mi vida.

A Miguel Ángel mi hermano que ha compartido los buenos y malos momentos de mi etapa académica.

A Edison por motivarme a diario con sus palabras de aliento y estar junto a mí en cada paso que doy.

Ana Gabriela

Este trabajo va dedicado a mis padres Patricio y María por el apoyo brindado tanto moral como económicamente para poder culminar mi carrera y ser un profesional de excelencia de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe-L.

Oscar Danilo

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermano que han estado en los buenos y malos momentos durante mi vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, por darme la oportunidad de estudiar esta maravillosa carrera, al Ingeniero Wilson Sánchez por el apoyo incondicional durante el desarrollo del proyecto y por qué no decir en el transcurso de la carrera.

A toda mi familia que siempre ha aportado su granito de arena en mi proceso de formación académica.

Ana Gabriela

Quiero agradecer a mi familia especialmente a mis padres Patricio y María que me han sabido guiar en mi camino y en mi vida profesional con sus enseñanzas y su apoyo moral para que no decayera y siguiera adelante en mi camino.

Oscar Danilo

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación e importancia.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Antecedentes.....	3

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO	5
2.1 Comunicaciones Industriales.....	5
2.1.1 Sistemas de Control Distributivo	5
2.2 Buses de campo.....	6
2.2.1 Ventajas	7
2.2.2 Desventajas	7

2.2.3	Clasificación de los Buses de Campo	8
a.	Buses de alta velocidad y baja funcionalidad	8
b.	Buses de alta velocidad y funcionalidad media	8
c.	Buses de altas prestaciones	8
d.	Buses para área de seguridad intrínseca	8
2.3	Pirámide de Automatización (CIM).....	9
2.3.1	Nivel de Gestión.....	10
2.3.2	Nivel de Célula	10
2.3.3	Nivel de Campo	10
2.3.4	Nivel de Sensores y Actuadores	10
2.4	Sistemas SCADA.....	11
2.4.1	Funciones de un sistema SCADA.....	12
2.5	Redes de Comunicación PROFIBUS.....	12
2.5.1	Funcionamiento de Profibus	14
2.5.2	Profibus DP (Periferia Descentralizada).....	14
2.5.3	Topología	15
2.5.4	Transmisión de datos.....	16
2.5.5	Equipos participantes en una red Profibus DP.....	18
a.	Maestros del Profibus	18
b.	Esclavos del Profibus	19
c.	Cable Profibus DP	20
d.	Conectores Profibus DP	22
2.6	Redes de Comunicación PROFINET.....	23
2.6.1	Interconexión	24
a.	Alámbrico.....	24
b.	Inalámbrico	24
2.6.2	Comunicación en tiempo real.....	24
2.6.3	Topologías de red	25
2.6.4	Cable de Comunicación	26
2.6.5	Conector Profinet	27
2.7	Controladores Lógicos Programables (PLC).....	28

2.7.1	Estructura de un PLC.....	29
2.7.2	Descripción de los componentes de la estructura básica de un PLC.....	29
a.	Procesador	29
b.	Memoria.....	30
c.	Entradas y Salidas.....	30
2.7.3	PLC S7-1200.	31
a.	Módulos de señales.....	33
b.	Módulos de Comunicación.....	33
2.7.4	PLC S7-1500.	35
a.	Módulos de alimentación	37
b.	CPU	38
c.	Módulos de Periferia.....	38
d.	Conector U.....	39
2.7.5	Paneles del Operador (HMI).....	40
2.8	Tía Portal.....	41

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO Y SELECCIÓN	43
3.1	Red PROFIBUS.....	43
3.1.1	Topología Red PROFIBUS.....	43
a.	Topología Bus DP.....	43
3.1.2	Dispositivos de Red PROFIBUS.....	44
b.	Master S7-1500 CP 1542-5	44
c.	Esclavo S7-1200 CM 1242-5.....	50
d.	Conector PROFIBUS RS-485.....	54
e.	Cable de bus PROFIBUS	55

CAPÍTULO IV

4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA.....	58
-----------	--	-----------

4.1	Instalación del sistema de control.....	58
4.1.1	Cableado de la red PROFIBUS DP	59
4.1.2	Conexión de dispositivos	59
4.2	Configuración del TIA PORTAL.....	60
4.2.1	Configuración de dispositivos	61
4.2.2	Configuración de la red PROFIBUS DP.....	63
4.2.3	Configuración del SIMATIC HMI WINCC RT ADVANCED	69
a.	Configuración del Computador para el reconocimiento sistema PC WINCC RT Advanced.....	69
b.	Configuración del TIA V13 para el reconocimiento sistema PC WINCC RT Advanced	72
4.3	Programación en TIA PORTAL para aplicación en hidráulica proporcional.....	74
4.3.1	Envío de datos Booleanos hacia los esclavos 1 y 2 por la red PROFIBUS DP.....	74
4.3.2	Envío de datos enteros (INT) y reales (REAL) hacia los esclavos 1 y 2 S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC por la red PROFIBUS DP.....	77
4.4	Programación del SCADA en WINCC RT Advanced para el control, monitoreo y adquisición de datos aplicado a hidráulica proporcional.....	80
4.4.1	Imágenes para el control de posición y presión mediante hidráulica proporcional.....	80
4.4.2	Ficheros para la generación de archivos de adquisición de datos para el monitoreo d las variables de posición y presión.	81
4.4.3	Avisos para la generación de alarmas de errores para el monitoreo de las variables de posición y presión.....	84
a.	Avisos de bit por activación de variables booleanas en el sistema PC WINCC RT ADVANCED.	84
b.	Avisos analógicos en el sistema PC WINCC RT ADVANCED.	89
c.	Configuración de la ventana de avisos en el sistema PC	

	WINCC RT ADVANCED.	90
d.	Informe de alarmas en el sistema PC WINCC RT ADVANCE.	92

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... 94

5.1	Encendido del módulo Profibus DP.....	94
5.2	Pruebas de comunicación de WinCC RT Advanced con los controladores S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC mediante PROFIBUS DP.....	95
5.2.1	Pruebas de comunicación de WinCC RT Advanced con los controladores S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC para la activación de salidas digitales	95
5.2.2	Pruebas de comunicación de WinCC RT Advanced con los controladores S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC para el envío de set point en el control de posición y presión.	96
5.3	Pruebas de generación ficheros para el monitoreo de variables mediante WinCC RT Advance.....	99
5.4	Pruebas de avisos de bit y avisos analógicos en wincc RT Advanced y desplegar un informe de avisos.....	101

CONCLUSIONES 104

RECOMENDACIONES..... 106

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 108

ANEXOS.....111

ANEXO A: DATOS DEL FABRICANTE DE LOS EQUIPOS PARA LA RED PROFIBUS DP

ANEXO B: DIAGRAMA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS

ANEXO C: DIAGRAMAS DE CONEXIONES PARA EL CONTROL HIDRÁULICO PROPORCIONAL DE PRESIÓN Y POSICIÓN

ANEXO D: PROFRAMACIÓN EN TÍA PORTAL

ANEXO E: GUÍA DE PRÁCTICA DEL LABORATORIO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Pirámide de Automatización CIM.....	6
Figura 2	Pirámide de Automatización CIM.....	9
Figura 3	Estructura y perfiles de tipo Profibus.....	14
Figura 4	Topología lineal de Profibus DP.....	15
Figura 5	Topología árbol de Profibus DP.....	16
Figura 6	Equipos participantes en una red Profibus.....	18
Figura 7	MaestroS7-1500 Profibus DP.....	19
Figura 8	Esclavos de una red Profibus-DP.....	20
Figura 9	Cable RS 485 Profibus-DP.....	21
Figura 10	Cable Híbrido Profibus-DP.....	21
Figura 11	Cable de fibra óptica.....	22
Figura 12	Conectores RS-485.....	22
Figura 13	Cable Profinet.....	27
Figura 14	Conector Profinet.....	28
Figura 15	Estructura básica de los elementos de un PLC.....	29
Figura 16	PLC S7-1200 siemens.....	31
Figura 17	Módulo de señales siemens.....	33
Figura 18	Módulo de Comunicaciones siemens.....	34
Figura 19	Módulo de señales siemens.....	36
Figura 20	Módulo de alimentación PLC S7-1500.....	37
Figura 21	CPU PLC S7-1500.....	38
Figura 22	Módulos de Periferia S7-1500.....	39
Figura 23	Conector U.....	40
Figura 24	SIMATIC HMI Comfort Panel.....	41
Figura 25	Comunicación con TIA Portal.....	42
Figura 26	Topología Bus.....	43
Figura 27	Master S7-1500, CP 1542-5.....	44
Figura 28	Montaje del Master S7-1500, CP 1542-5.....	47
Figura 29	Indicadores LED del CP 1542-5.....	50
Figura 30	Esclavo S7-1200 CM 1242-5.....	51

Figura 31	Dimensiones de montaje del Esclavo S7-1200 CM 1242-5	52
Figura 32	Conector PROFIBUS RS-485	55
Figura 33	Montaje del cable de bus	56
Figura 34	Montaje de los módulos de comunicación	58
Figura 35	Ensamble del cable para conexión PROFIBUS DP	59
Figura 36	Conexión de red PROFIBUS DP a módulos de comunicación	60
Figura 37	Cableado de la red PROFIBUS DP	60
Figura 38	Abrir o Crear un proyecto	61
Figura 39	Ventana para añadir dispositivos.	61
Figura 40	Ventana con dispositivos conectados a la PC.	62
Figura 41	Detección del PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN.	62
Figura 42	PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN con módulo de comunicación.....	63
Figura 43	Vista topológica de los dispositivos detectados.	63
Figura 44	Configuración de la interfaz PROFIBUS del módulo S7-1500 CP 1542- 5.....	64
Figura 45	Dirección PROFIBUS del módulo S7-1500 CP 1542-5.....	64
Figura 46	Módulo de operación del módulo S7-1500 CP 1542-5.....	65
Figura 47	Módulo de operación del módulo S7-1500 CP 1542-5.....	65
Figura 48	Dirección PROFIBUS del módulo S7-1200 CM 1242-5.	66
Figura 49	Área de transferencia entre el maestro y esclavo.	66
Figura 50	Configuración del área de transferencia.	67
Figura 51	Configuración del área de transferencia.	67
Figura 52	Área de transferencia configurada para el esclavo 2.	68
Figura 53	Configuración del HMI TP 700.	68
Figura 54	Direcciones IP y PROFIBUS de los dispositivos.....	69
Figura 55	Centro de redes y recursos compartidos.	70
Figura 56	Configuración de la dirección IP del computador.....	71
Figura 57	Selección de la interface PG/PC.....	71
Figura 58	Selección del sistema PC WinCC RT Advanced.....	72
Figura 59	Selección del módulo de comunicación IE general.....	73
Figura 60	Configuración de la dirección IP del módulo de comunicación	

	Industrial Ethernet general.	73
Figura 61	Red PN/IE entre el sistema PC y el PLC S7-1500 1511-1 PN.....	74
Figura 62	Envío de datos booleanos para el encendido y apagado del grupo hidráulico desde el maestro PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214DC/DC/DC.	75
Figura 63	Recepción de datos booleanos para el encendido y apagado del grupo hidráulico desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC.	76
Figura 64	Envío del dato real para el control de posición desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC.	77
Figura 65	Recepción del dato real para el control de posición enviado desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC.....	78
Figura 66	Imágenes para el control de posición y presión mediante hidráulica proporcional.	81
Figura 67	Imágenes para el control de posición y presión mediante hidráulica proporcional.	82
Figura 68	Creación y configuración de variables de fichero para almacenar datos de posición.	82
Figura 69	Creación y configuración de variables de fichero para almacenar datos de presión.....	83
Figura 70	Creación y configuración de variables de fichero para datos de presión.....	84
Figura 71	Creación de un bloque de datos para avisos de bit.	85
Figura 72	Datos booleano para avisos de bit.	85
Figura 73	Selección de la alarma en el bloque de datos creado.....	86
Figura 74	Acceso a direcciones absolutas del bloque de datos de alarmas.	86
Figura 75	Dirección absoluta de la variable creada en paros de emergencia.	87

Figura 76	Agregar un aviso de bit para un paro de emergencia.	87
Figura 77	Configuración de la variable agregada para avisos de bit.....	88
Figura 78	Configuración de la variable agregada para avisos de bit.....	89
Figura 79	Selección de la dirección de disparo de la variable creada en el bloque de datos para avisos de bit.....	89
Figura 80	Configuración de avisos analógicos para el monitoreo de presión.	90
Figura 81	Configuración de la ventana de avisos y el indicador de avisos.....	91
Figura 82	Selección de la categoría de avis que desplegara el botón aviso.....	91
Figura 83	Función al hacer clic el indicador de avisos.	92
Figura 84	Creación de un informe de alarmas.	92
Figura 85	Botón para imprimir el informe de alarmas.	93
Figura 86	Módulo de configuración S7-1500 CP 1542-5 en estado operativo RUN.....	94
Figura 87	Módulo de configuración S7-1200 CM 1242-5 en estado operativo RUN.....	95
Figura 88	Panel de control para el encendido y apagado del grupo hidráulico.....	95
Figura 89	Transmisión de datos booleanos desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.	96
Figura 90	Envío del Set Point para el control de la variable de posición desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo CPU 1214C DC/DC/DC.	97
Figura 91	Envío del Set Point para el control de la variable de presión el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.	97
Figura 92	Envío del set point para el control de posición desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200	

	CPU 1214C DC/DC/DC.	98
Figura 93	Envío del set point para el control de presión desde el maestro S71500 1511-1 PN hacia el esclavo S7 1200 1214C DC/DC/DC.	99
Figura 94	Gráfica del sensor de presión en WinCC RT Advanced.	100
Figura 95	Gráfica del sensor de presión de datos almacenados en archivo EXCEL.....	100
Figura 96	Aviso de bit de paro de emergencia activado	101
Figura 97	Aviso analógico tipo Warnings de presión baja.....	101
Figura 98	Aviso analógico tipo Error de presión muy baja.	102
Figura 99	Aviso analógico tipo Warnings de presión alta.....	102
Figura 100	Aviso analógico tipo Error de presión muy alta.	103
Figura 101	Informe de avisos de HMI creado.	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características principales de transmisión de datos.....	17
Tabla 2.	Características técnicas de la red Profinet.	23
Tabla 3.	Características de la interfaz DP.	46
Tabla 4.	Puesta en servicio del CP 1542-5.	48
Tabla 5.	Asignación de pines para la interfaz PROFIBUS.....	49
Tabla 6.	Características del Esclavo S7-1200 CM 1242-5	51
Tabla 7.	Procedimiento de montaje y conexión	53
Tabla 8.	Asignación de contactos del conector hembra Sub-D	54
Tabla 9.	Datos técnicos del Conector PROFIBUS RS-485	55
Tabla 10.	Transmisión de datos booleanos.....	76
Tabla 11.	Transmisión de datos enteros y reales	79

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se centra principalmente en la implementación de un sistema SCADA que permite controlar , supervisar y adquirir datos de procesos industriales neumáticos e hidráulicos de control distributivo a través de redes de comunicación industrial PROFIBUS DP utilizando dispositivos correspondientes al módulo FESTO TP-702, propios del laboratorio de hidrónica y neutrónica. Procediendo de la siguiente manera para el diseño e implementación de la red PROFIBUS DP se aplica una topología de comunicación lineal, aplicando una configuración maestro-esclavo, la misma que facilita la comunicación entre los PLC's, módulos de comunicación SIEMENS y el sistema SCADA. Por lo que se utiliza como maestro al módulo de comunicación MASTER S7-1500 CP 1542-5, dos esclavos a los módulos de comunicación SLAVE S7- 1200 CM 1242-5, seis conectores SIEMENS 90° RS-485 y Cable Bus Profibus. La configuración de la red y programación de los equipos se elabora en el software TIA PORTAL V13 Professional, empleando cada uno de sus paquetes computacionales como es el caso de WINCC RT Advanced facilitando el diseño del HMI. El sistema SCADA provee información que se crea en el proceso como generación de históricos, control del proceso, supervisión y alarmas que detectan los posibles fallos del proceso en curso. Por lo que a la vez se visualiza en una interface hombre máquina (HMI) de dicho proceso. Para finalizar se realizó pruebas de funcionamiento de los procesos, las mismas que fueron registradas en un manual de guías para Prácticas de Laboratorio de Hidrónica – Neutrónica, así como para Redes Industriales.

PALABRAS CLAVE:

- **SISTEMAS DE COMUNICACIÓN**
- **PROFIBUS DP**
- **SCADA**
- **REDES DE COMUNICACIÓN**
- **LABORATORIO DE HIDRÓNICA Y NEUTRÓNICA**

ABSTRACT

The present research work focuses mainly on the implementation of a SCADA system that allows controlling, monitoring and acquiring data of pneumatic and hydraulic industrial processes of distributive control through PROFIBUS DP industrial communication networks using devices corresponding to the FESTO TP-702 module, Typical of the hydronic and neutronic lab. Proceeding as follows for the design and implementation of the PROFIBUS DP network, a linear communication topology is applied, using a master-slave configuration, which facilitates communication between the PLC's, SIEMENS communication modules and the SCADA system. The MASTER S7-1500 CP 1542-5 communication module is used as the master, two slaves to the SLAVE communication modules S7- 1200 CM 1242-5, six SIEMENS 90 ° RS-485 connectors and the PROFIBUS cable bus. The configuration of the network and programming of the equipment is elaborated in the software TIA PORTAL V13 Professional, using each one of its computational packages as it is the case of WINCC RT Advanced facilitating the design of the HMI. The SCADA system provides information that is created in the process such as history generation, process control, monitoring and alarms that detect possible failures of the process in progress. At the same time, a human machine interface (HMI) is displayed at the same time. In order to finish, tests were carried out on the operation of the processes, which were recorded in a guidebook for Hydronic - Neutronic Lab Practices, as well as for Industrial Networks.

KEYWORDS:

- **COMUNICATION SYSTEM**
- **PROFIBUS DP**
- **SCADA**
- **COMMUNICATION NETWORKS**
- **HYDRONIC AND NEUTRONIC LAB**

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Debido al avance tecnológico que se está desarrollando en estos momentos, varias instituciones, fábricas que se desempeñan en el área industrial, tratan de aprovechar al máximo las bondades de la tecnología, por lo que ahora se habla de empresas con redes de comunicación industriales, edificios inteligentes, sistemas integrados de monitoreo, etc. Esta nueva tendencia obliga a los encargados de la seguridad a integrar todos los equipos a un solo sistema para supervisarlos, controlarlos y obtener datos de los procesos realizados.

El proyecto nace por la necesidad de contar con una comunicación entre los instrumentos de proceso, debido al amplio número de dispositivos auxiliares tales como PLC's, actuadores, sensores, transductores, entre otros, empleados para el control y automatización de procesos. Esto conlleva a encontrar una amplia diversidad de protocolos de comunicación que dificultan la interacción con algunos dispositivos de control y sobre todo existe la acumulación de conductores utilizados en las instalaciones y conexiones realizadas.

Es por ello que al realizar una red de comunicación industrial se pretende evitar la acumulación de conductores y lo más importante integrar en los paneles de control la supervisión y monitoreo de los procesos hidráulicos y neumáticos, y a la vez la adquisición de datos en tiempo real de los procesos que se realizan en el laboratorio de hidrónica y neutrónica, ya que dichos procesos no tienen estas características, por lo que se tiene que integrar tecnología que resulta de gran utilidad para el aprendizaje de los estudiantes.

1.2 Justificación e importancia

La tecnología se encuentra en constante cambio simplificando estructuras y mejorando procesos exigentes, lo que exige actuar en forma rápida ante los cambios que aquella produce, obligando a las industrias a modernizar los procesos productivos con equipos y sistemas de última tecnología para obtener productos y servicios de calidad a precios competitivos.

Los Sistemas de Control y Adquisición de Datos (SCADA), en la actualidad constituyen la herramienta tecnológica más utilizada en las grandes industrias a nivel mundial, para llevar información en tiempo real del estado y funcionamiento de equipos y/o sistemas instalados en la planta y así optimizar las respuestas del proceso.

Por tal razón se propone realizar un sistema SCADA para la generación de paneles de alarmas y generación de datos históricos en los sistemas hidráulicos y neumáticos para el laboratorio de hidrónica y neutrónica para las carreras de Ingeniería: Electromecánica, Electrónica, Mecatrónica y Automotriz.

Su implementación será un aporte tecnológico en beneficio de los estudiantes y de la Universidad, siendo una herramienta que les permitirá realizar sus propias aplicaciones de supervisión y control, ya que las nuevas generaciones deben estar capacitadas en diversos aspectos que complementen su información académica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema Scada, utilizando redes de comunicación industrial para el control distributivo de sistemas hidráulicos y neumáticos en el laboratorio de hidrónica y neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe extensión Latacunga.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar y seleccionar una Red Industrial Profibus DP.
- Implementar la Red Industrial Profibus DP en un sistema Hidráulico y Neumático.
- Diseñar Paneles de Alarmas para los sistemas Hidráulicos y Neumáticos.
- Generar históricos para los sistemas Hidráulicos y Neumáticos.
- Implementar el sistema SCADA en los sistemas hidráulicos y Neumáticos.
- Elaborar las guías de usuario del sistema SCADA para el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes.

1.4 Antecedentes

En procesos industriales la automatización es indispensable para la calidad de productos, abarca instrumentación industrial, sistemas de control y supervisión, sistemas de transmisión y recolección de datos para supervisar y controlar los procesos en plantas industriales. Dado que el Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga cuenta con un laboratorio de Hidrónica y Neutrónica donde no se encuentra un sistema que facilite la obtención de datos eléctricos que informe como está trabajando un proceso neumático e hidráulico, pero la capacidad de obtención de estos datos están reducido a pocos parámetros, es por eso que el hombre con la ayuda de la tecnología ha desarrollado equipos que le permita obtener una alta gama de datos eléctricos para monitorear los procesos industriales. Las redes industriales han sido de gran ayuda en los procesos industriales dando una reducción de coste en la producción y mejorando la calidad del producto, también mejora la efectividad de los sistemas que están enlazados en la red reduciendo los costes al momento de realizar mantenimiento a los equipos.

El hombre ha creado las redes industriales para monitorear los procesos con un sistema de control y adquisición de datos (SCADA) lo que permite llevar a ejecución grandes y eficaces sistemas de uso racional y ahorro de energía. Las nuevas tecnologías han conducido a la optimización y mejoramiento en los sistemas de monitoreo de energía, a través de redes industriales. También han beneficiado a los grandes cambios en el sector eléctrico especialmente en el control, supervisión y adquisición de datos que ayudan a realizar un estudio más versátil de procesos industriales.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Comunicaciones Industriales

Desde la primera máquina automatizada a base de componentes electromecánicos hasta las grandes instalaciones compuestas por multitud de máquinas trabajando coordinadamente, existe un denominador común que, en mayor o menor medida, siempre estaba presente: la relación de la máquina con su entorno. (Rodríguez A. , Comunicaciones Industriales, 2008, pág. 3).

La aparición de los autómatas programables (PLC, Programmable Logic Controllers) permitió reducir en gran medida la cantidad de material necesario para conseguir controlar una máquina; los controles se programan en su interior y las modificaciones de funcionamiento no significan necesariamente cambios físicos, además, el tiempo necesario para el mantenimiento se reduce. (Rodríguez A. , Comunicaciones Industriales, 2008, pág. 3).

2.1.1 Sistemas de Control Distributivo

El sistema de control distributivo es un sistema de control que desempeña el control de funciones por medio de una sucesión de equipos de control automático y a la vez son autómatas, que se encuentran distribuidos en un proceso industrial. (Corrales, 2016).

Tiene como objetivo evitar que el control de toda una planta de trabajo esté centralizado en una unidad, que es lo que se pretende al aplicar un sistema SCADA; si existe fallo en una unidad, las demás unidades podrán seguir funcionando con normalidad. (Corrales, 2016).

Los sistemas de control distributivo se despliegan tras la base de dispositivos de control, como son los controladores lógicos programables llamados PLC's, a los que se les da vida mediante la programación donde un programa de control

puede tomar propiedades dependiendo de los datos que adoptan en sus entradas. La orden es enviada hasta un actuador el mismo que se ocupa de mantener las variables del proceso ante un control de valores apropiados como se puede ver en la Figura 1. (Corrales, 2016).

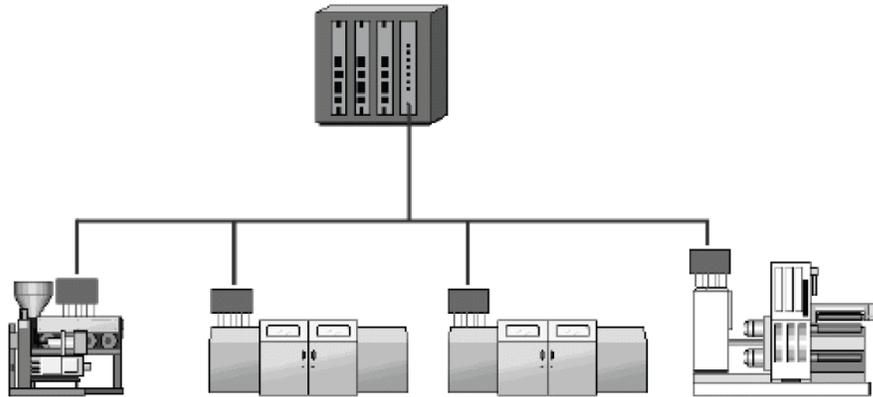


Figura 1 Pirámide de Automatización CIM.

Fuente: (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

2.2 Buses de Campo

Los buses de campo son redes digitales, bidireccionales, multipunto, se encuentran ajustadas sobre un bus serie que cumple la función de interconectar dispositivos de los niveles Actuador/ Sensor y nivel de campo. Los dispositivos reúnen varias destrezas en un proceso, que hace al dispositivo inteligente, los elementos tienen la capacidad de establecer estrictas funciones de autodiagnóstico, control o mantenimiento, a la vez logran comunicarse en forma bidireccional mediante un bus. (Universidad de Oviedo, 2016).

Tienen por objetivo sustituir los sistemas de control centralizado por redes de control distribuido con la finalidad de optimizar la calidad del producto final, reducir costos y mejorar la eficiencia. Por otro lado la información de campo en forma digital que envían o reciben los dispositivos es más exacta que al emplear un sistema analógico. De tal manera que, cada nodo de la red puede informar en

caso de fallo del dispositivo asociado, y en general sobre cualquier anomalía vinculada al dispositivo. (Universidad de Oviedo, 2016).

2.2.1 Ventajas

Las principales ventajas de los buses de campo son:

- Reducir los costos en la instalación, mantenimiento y progresos del funcionamiento del sistema.
- Reducir cables para realizar una instalación.
- Detectar con facilidad los fallos y errores en la planta.
- Flexibilidad al usuario en el diseño del sistema.
- Simplificación de procesos para obtener información de la planta desde los distintos sensores.
- Permite la comunicación bidireccional entre los dispositivos de campo y los sistemas de control.
- Disminución del tiempo de parada de la planta debido a la obtención más simple de fallas y datos por medio del operador. (Universidad de Oviedo, 2016)

2.2.2 Desventajas

Entre las desventajas de los buses de campo se expresan:

- Son sistemas complejos, exigen un valor mayor de los usuarios.
- Los elementos de un bus de campo al ser más sofisticados, son más costosos.
- Los dispositivos designados a la valoración y al mantenimiento son también complejos y de alto costo. (Universidad de Oviedo, 2016).

2.2.3 Clasificación de los Buses de Campo

Los buses de campo se clasifican de acuerdo a su capacidad funcional en los siguientes subgrupos:

a. Buses de alta velocidad y baja funcionalidad

Los buses de alta velocidad y baja funcionalidad están diseñados para formar dispositivos asequibles como: finales de carrera, fotocélulas, relés y actuadores simples que se desempeñen en aplicaciones de tiempo real asociados en una reducida zona de la planta. (Universidad de Oviedo, 2016).

b. Buses de alta velocidad y funcionalidad media

Se basan en el diseño de una capa de enlace para el envío eficiente de bloques de datos de tamaño medio. Estos mensajes posibilitan que el dispositivo estime una alta funcionalidad de forma que admita incorporar aspectos como la configuración, calibración o programación del dispositivo. Son buses capaces de inspeccionar dispositivos de campo complejos, de forma eficiente y a bajo costo. (Universidad de Oviedo, 2016).

c. Buses de altas prestaciones

Soportan comunicaciones a nivel de toda la industria, en muy diversos tipos de aplicaciones. Aunque se basan en buses de alta velocidad, algunos presentan problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exigen. (Universidad de Oviedo, 2016).

d. Buses para área de seguridad intrínseca

Incorporan cambios en la capa física para efectuar los requisitos específicos de seguridad intrínseca en ambientes con atmósferas explosivas. La seguridad intrínseca es un tipo de protección por la que el aparato en cuestión no tiene

probabilidad de causar una explosión en la atmósfera circundante. (Universidad de Oviedo, 2016).

2.3 Pirámide de Automatización (CIM)

La pirámide de la automatización, CIM (por sus siglas en inglés de Computer Integrated Manufacturing) es una estructura gráfica estandarizada que se utiliza para estructurar sistemas de control distribuido de un entorno productivo. La estructura de la pirámide se muestra en la Figura 2. (Rodríguez A. , Comunicaciones Industriales, 2008)

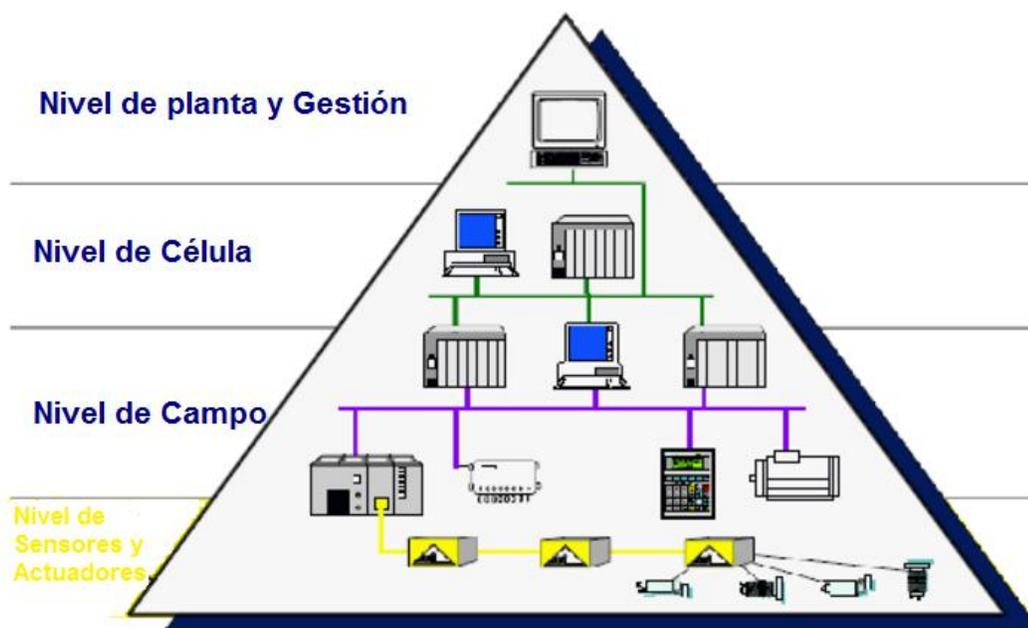


Figura 2 Pirámide de Automatización CIM.

Fuente: (Barragan, 2016)

Es visible en la Figura 3, la estructura se encuentra dividida en cuatro niveles los mismo que se diferencian por su funcionalidad, el tipo de información que intercambian entre si y las tecnologías de comunicación que utilizan. A

continuación se detalla cada uno de los niveles. (Rodríguez A. , Comunicaciones Industriales, 2008).:

2.3.1 Nivel de Gestión

Es el nivel más alto, en el que se procesan tareas de tipo corporativo, tiene como función gestionar la producción completa de la empresa, comunicar distintas plantas, mantener las relaciones con los proveedores y clientes, proporcionar las consignas básicas para el diseño y la producción de la empresa, aquí se emplean PCs, estaciones de trabajo y servidores de distinta índole. (Mecatron, 2016).

2.3.2 Nivel de Célula

Este nivel tiene como función la interconexión de todas las células de fabricación entre sí y con los departamentos de diseño y planificación, es decir, enlaza las funciones de ingeniería en control y producción. Es posible identificar los procesos que se están llevando en la planta, y a través de entornos SCADA poseer una imagen virtual de la planta de producción donde se muestren las posibles alarmas, fallos o alteraciones en cualquiera de los procesos que se estén realizando. (Mecatron, 2016).

2.3.3 Nivel de Campo

Su principal función es la interconexión de los equipos de fabricación que operan de manera secuencial, la información que se maneja en este nivel es pequeña pero requiere de grandes velocidades de transmisión en tiempo real, por lo que utilizan buses de campo que brindan seguridad intrínseca para aquellos elementos que funciona en zona de peligro. (Mecatron, 2016)

2.3.4 Nivel de Sensores y Actuadores

Uno de los niveles más bajos de la pirámide del sistema de automatización, llamado también como nivel de instrumentación, cumple la función de controlar directamente las variables del proceso los equipos de esta red son los sensores y actuadores, ya que los actuadores son los encargados de ejecutar las órdenes

de los elementos de control para modificar el proceso productivo y los sensores miden las variables en el proceso de producción. (Mecatron, 2016)

2.4 Sistemas SCADA

Los sistemas SCADA se conocen en español como Control, Supervisión y Adquisición de Datos. Es un sistema software que sirve para supervisar procesos a distancia, como su nombre lo indica, el sistema funciona por adquisición de datos de los procesos remotos. (Rodriguez A. , Sistemas SCADA, 2008).

El sistema adquiere datos de procesos remotos y está diseñado fundamentalmente para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. (Rodriguez A. , Sistemas SCADA, 2008).

Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas como por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. (Rodriguez A. , Sistemas SCADA, 2008).

Es por ello que un sistema SCADA facilita el trabajo de una o varias personas que se desarrollen en el ámbito de procesos industriales con control distribuido mediante una central que este caso es el maestro y sus unidades remotas como esclavos las cuales realizan el control, adquisición de datos desde y hacia el centro de operaciones. (Rodriguez A. , Sistemas SCADA, 2008).

En este tipo de sistemas usualmente existe un ordenador, que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al

operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos. (Rodriguez A. , Sistemas SCADA, 2008).

2.4.1 Funciones de un sistema SCADA

El sistema SCADA debe cumplir con cinco funciones principales:

1. **Adquirir datos:** El sistema tiene la misión de recolectar la información del funcionamiento de un proceso realizado a ser supervisado.
2. **Transmitir datos:** La información compilada debe ser enviada a un lugar específico para su procedimiento.
3. **Presentar datos:** Se debe visualizar no solo el proceso, sino también el comportamiento histórico, eficiencia, errores, etc., es por ello que los datos deben estar plasmados en pantallas, o a la vez en una impresión.
4. **Controlar:** El sistema debe respaldar un funcionamiento cabal del proceso, y ser capaz de producir acciones de control que conserven dicho funcionamiento.
5. **Gestionar alarmas:** Crear alarmas para que el operador desarrolle la labor de control obligatorio para corregir las situaciones irregulares que se presentan. (Castro, 2016).

2.5 Redes de Comunicación PROFIBUS

PROFIBUS “es el bus de campo abierto y exitoso que puede utilizarse en varias aplicaciones para alcanzar una producción rápida y rentable.” (Siemens Industry AG, 2008).

Es un protocolo dinámico que brinda solución a tareas de comunicación Maestro–Esclavo e involucra todos los perfiles de comunicación industrial como automatización de procesos, seguridad y control de datos. En la actualidad PROFIBUS abarca todos los niveles de automatización, desde elementos de

campo (sensores, actuadores) hasta sistemas complejos que gestionan múltiples equipos con toda su información. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009).

Existen tres perfiles distintos de PROFIBUS, como son:

- **PROFIBUS FMS** (Fieldbus Message Specification): Está implementando en el nivel 7 del modelo OSI, su aplicación es la transferencia de gran volumen de datos entre diferentes dispositivos inteligentes conectados en una misma red. El sistema está basado en una estructura Cliente – Servidor. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 111).
- **PROFIBUS DP** (Distributed Peripheral): Su aplicación está basada en el intercambio a gran velocidad de un volumen medio de información entre un controlador, que hace las funciones de maestro, y diferentes controladores o diferentes periféricos, como son autómatas programables, módulos de E/S, convertidores de frecuencia, paneles de visualización, etc., que actúan como dispositivos esclavos, distribuidos por el proceso y conectados a una misma red de comunicación. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 111).
- **PROFIBUS PA** (Process Automation): Es un caso ampliado de Profibus DP, diseñado para trabajar en los ámbitos de control de procesos, es decir, en zonas denominadas “Ex” de seguridad intrínseca. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 111).

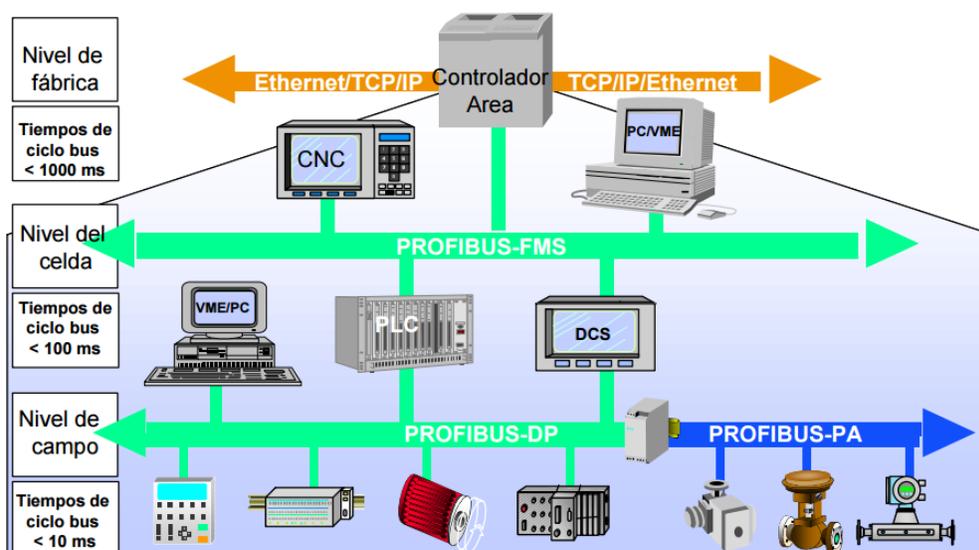


Figura 3 Estructura y perfiles de tipo Profibus.

Fuente: (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

2.5.1 Funcionamiento de Profibus

En el protocolo Profibus se establecen las características de comunicación de un sistema de bus de campo serie. Puede ser un sistema multimaestro que permite la operación conjunta de varios sistemas de automatización. Hay dos tipos de dispositivos que caracterizan a Profibus: Dispositivo Maestro y Dispositivo Esclavo, también llamados dispositivos activos y pasivos. Los dispositivos maestros, pueden enviar y solicitar datos a otras estaciones, siempre que mantengan el derecho de acceso al bus. Los dispositivos esclavos sólo pueden enviar datos cuando un participante maestro solicita. (Célula, 2016).

2.5.2 Profibus DP (Periferia Descentralizada)

Es un bus de campo estándar, abierto e internacional que está registrado en la normativa europea para buses de campo. El registro como una norma internacional garantiza apertura e independencia para los usuarios de Profibus DP. (Universidad de Valencia, 2015).

Profibus DP está optimizado en velocidad, eficiencia y bajo costo de conexión, orientado especialmente para el intercambio rápido de datos entre el sector de periferia descentralizada y el nivel de campo. En el nivel de campo los controladores lógicos programables, computadores, sistemas de control de procesos se comunican con los dispositivos de campo distribuidos, tales como: entradas y salidas, variadores de velocidad, sensores o dispositivos de análisis, sobre una conexión serie rápida. (Universidad de Valencia, 2015).

El método empleado en el control de acceso a la red es el conocido maestro-esclavo, en donde existe un potente controlador, cumpliendo con funciones de maestro de la red y hasta 126 dispositivos conectados a esa misma red que actúan como esclavos. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 112).

2.5.3 Topología

En una red Profibus DP para transmitir datos se emplea cables de cobre o de fibra óptica. Donde la topología cambia dependiendo del medio de transmisión usado.

- **Topología Profibus DP con cables de cobre.**

Al usar cables de cobre sin los componentes activos adicionales dentro de un segmento Profibus tiene una topología lineal pura (Figura 4).

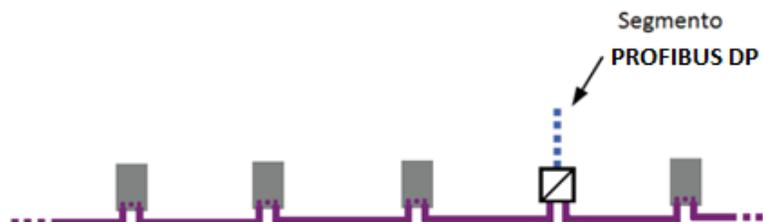


Figura 4 Topología lineal de Profibus DP

Fuente: (Universidad de Oviedo, 2016)

Se puede utilizar repetidores dependiendo de la velocidad requerida los cuales permiten segmentar la red y a la vez realizar una estructura de árbol, usados en puntos de las líneas de transmisión (Figura 5).



Figura 5 Topología árbol de Profibus DP

Fuente: (Universidad de Oviedo, 2016)

No hay limitaciones para poder establecer una estructura con buses anidados esto quiere decir que un esclavo puede ser, a su vez, maestro de otro bus de nivel inferior, pese a que deben considerarse como buses independientes, el protocolo no permite direccionar desde un nivel superior a un nivel inferior. (Universidad Politécnica de Cartagena, 2016).

2.5.4 Transmisión de datos

El protocolo Profibus DP puede estar formado de uno o varios maestros, así como de uno o varios esclavos. Para el control del proceso se usará el sistema:

- Maestro – esclavo

El esquema de comunicación industrial ampliamente difundido para redes de integración de equipos de control es el denominado maestro – esclavo, dicho esquema es utilizado en comunicaciones entre PLC's y sistemas SCADA. El

sistema de comunicación maestro – esclavo consta esencialmente de un equipo que se denomina maestro y uno o varios equipos denominados esclavos; el maestro gobierna los ciclos de comunicación, toda iniciativa de comunicación es llevada a cabo por este equipo, los esclavos solo responden a la petición del maestro, si les corresponde, el proceso de pregunta/ respuesta de un equipo maestro a uno esclavo que se conoce como transacción. (Hernández, 2016). En la Tabla 1. Se encuentran detalladas las características principales de la transmisión de datos.

Tabla 1.

Características principales de transmisión de datos.

Estándar		Profibus según EN 50 170
Modo de acceso		Paso por testigo con maestro-esclavo
Velocidad de transmisión		9,6 kbit/s – 12 Mbit/s
Tiempo de ciclo		Entre 5 y 10 ms
Volumen de datos		Hasta 246 bytes
Medio de transmisión	Eléctrico:	Cables de dos hilos apantallado
	Óptico:	Cables de FO (cristal y plástico)
	Sin hilos:	Infrarrojos
Máx. n° de nodos		32 estaciones por segmento y hasta un total de 127
Tamaño de la red	Eléctrica:	Máx. 9,6 Km(depense de velocidad)
	Óptica:	150Km(depense de velocidad)
Aplicaciones		Comunicación de proceso, campo o datos.

Fuente: (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

2.5.5 Equipos participantes en una red Profibus DP

Los equipos que pueden participar en una red Profibus DP se engloban en diferentes grupos como son:

- Maestros.
- Esclavos inteligentes.
- Esclavos pasivos.
- Cables y conectores.

En la Figura 6 se identifican los equipos participantes en una red Profibus.

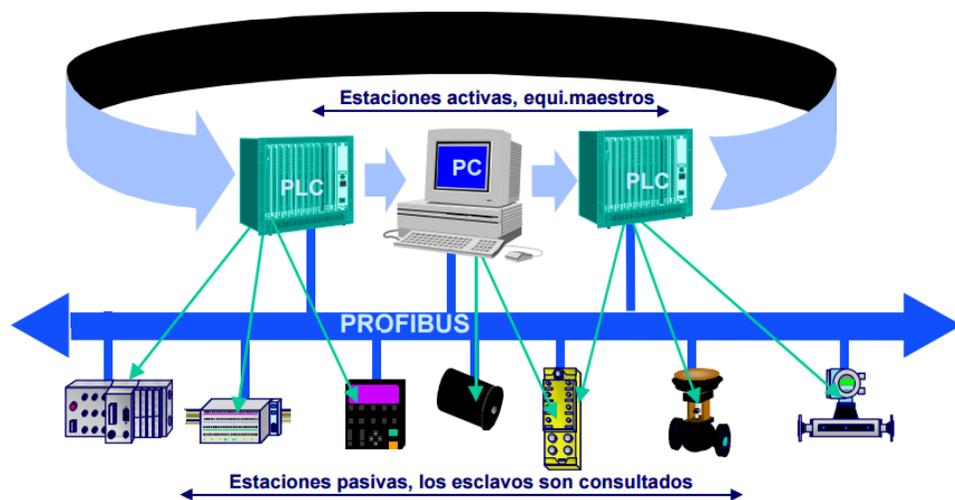


Figura 6 Equipos participantes en una red Profibus

Fuente: (Siemens Industry AG, 2008)

a. Maestros del Profibus

Los dispositivos maestros frecuentan ser equipos inteligentes, como por ejemplo autómatas programables, dentro de estos se puede describir a dos clases de maestros. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 113):

- **Maestro Clase 1:** Es el dispositivo que controla la parte central de un sistema, a la vez intercambia datos con las estaciones descentralizadas

es decir con los esclavos en un ciclo de mensaje concreto (Figura 7). (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 113)

- **Maestro Clase 2:** Corresponde a los programadores, módulos de configuración y operadores (Figura 7). Usualmente son utilizados para personalizar las configuraciones del sistema DP o a la vez para poner en marcha y supervisar las operaciones del sistema. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 113).



Figura 7 MaestroS7-1500 Profibus DP

Fuente: (Industry Siemens, 2016)

b. Esclavos del Profibus

Los dispositivos esclavos (Figura 8) son periféricos, tales como dispositivos entrada/salida, islas de válvula, transductores de medida y en general equipos simples de campo. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 113).

- **Esclavos Inteligentes:** Son equipos que pueden funcionar de forma autómata y además ser parte integrante de una red Profibus-DP como esclavo. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 115).
- **Esclavos Pasivos:** son equipos que únicamente responden a las órdenes del maestro, están inhabilitados para tomar la iniciativa en las

comunicaciones y tan sólo se dejan leer y escribir los datos solicitados por el equipo maestro. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 115).



Figura 8 Esclavos de una red Profibus-DP.

Fuente: (Siemens Industry AG, 2008)

c. Cable Profibus DP

El cable Profibus DP sirve para la interconexión entre el maestro Profibus y los esclavos se necesitan una serie de componentes, como son el cable y los conectores. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 115).

Tipos de cables de bus:

- **Cables de bus de cobre**

Son aptos para el tendido en entornos industriales, esto se debe a su pantalla doble. Uno de los más utilizados es:

- **Cable bus RS-485**

Son cables bifilares trenzados, apantallados, con estructura simétrica radial. El montaje rápido y sencillo de conectores mediante la herramienta peladora. La pantalla exterior del cable de bus y los bornes de tierra del terminal de bus permiten un sistema de puesta a tierra continuo. Las marcas serigrafiadas cada metro facilitan el corte a medida (Figura 9). (Siemens AG 2008, 2016).



Figura 9 Cable RS 485 Profibus-DP.

Fuente: (Siemens AG 2008, 2016)

- **Cables de bus híbridos**

El cable híbrido (Figura 10) sirve para la transmisión de datos y alimentación de energía de una ET 200pro. Cable híbrido con dos conductores de energía (1,5 mm²), por metros, robusto para servicios móviles, resistente a las perlas de soldadura. (Siemens Industry AG, 2008).



Figura 10 Cable Híbrido Profibus-DP.

Fuente: (SAB, 2015)

- **Cables de Fibra óptica**

Los cables de fibra óptica (Figura 11) son la opción para grandes distancias de transmisión o para los ambientes industriales más afectados por las interferencias electromagnéticas, se utilizan para diseñar redes PROFIBUS DP ópticas en interiores y exteriores, el cable tiene protección contra el agua, a la vez posee protección no metálica contra roedores, con posibilidad de tendido enterrado. (Siemens Industry AG, 2008).



Figura 11 Cable de fibra óptica.

Fuente: (Siemens, 2016)

d. Conectores Profibus DP

Los conectores de bus RS-485 para PROFIBUS sirven para conectar una estación PROFIBUS o un componente de red PROFIBUS al cable de bus para PROFIBUS (Figura 12). (Siemens Industry AG, 2008).



Figura 12 Conectores RS-485.

Fuente: (Siemens, 2016)

Características:

- Transmisión asíncrona NRZ según RS 485
- Velocidad desde 9.6 kBit/s hasta 12 MBit/s seleccionable en escalones
- Cable de par trenzado y apantallado (9,6 Km) o FO (aprox. 150 Km)
- 32 estaciones por segmento, máx. 127 estaciones permitidas
- Distancia: 12 MBit/s = 100 m; 1.5 MBit/s = 400m; < 187.5 kBit/s = 1000 m
- Distancia ampliable mediante repetidores hasta 10 km
- Conectores sub-D de 9 pines. (MK4, 2016).

2.6 Redes de Comunicación PROFINET

Profinet es el modelo Industrial Ethernet abierto para la automatización industrial, propone capacidades categóricas que incrementan la competencia de resistencia y la confiabilidad de los procesos, se ocupa de intercambiar considerables cantidades de datos y para salvar grandes distancias. Profinet comprende modelos TI (Tecnologías de la Información) estabilizados, adopta TCP/IP sin limitaciones y posibilita comunicar instrumentos iniciando en el nivel de campo hacia el nivel de gestión, de esta manera garantiza la incorporación horizontal tanto como la vertical. Cuenta con una velocidad de transmisión de datos: 10 Mbit/s, 100 Mbit/s o 100 Mbit/s se selecciona de acuerdo a las exigencias ya que la afinidad tolera la inserción escalonada de la nueva tecnología. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 300). En la tabla 2. Se determinan las características de la red.

Tabla 2.

Características técnicas de la red Profinet.

Norma	Ethernet según IEEE 802.3, IWLAN según IEEE 802.11
Velocidad de transferencia	10/100/1000 Mbits/s

CONTINÚA



Número de estaciones	Ilimitado
Tamaño de la red	Ilimitado (a partir de 150 Km, observar el Tiempo de propagación de señales)
<ul style="list-style-type: none"> • Switched Network 	
Medio de transmisión	Industrial Twisted Pair y cable de par trenzado.
<ul style="list-style-type: none"> • Red eléctrica • Red óptica • Red inalámbrica 	Cable de fibra óptica (vidrio, PCF, POF)
	Entorno
Topología	Línea, árbol, anillo , estrella

Fuente: (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009)

2.6.1 Interconexión

La interconexión de dispositivos Profinet en plantas industriales se puede realizar básicamente de dos manera físicas diferentes:

a. Alámbrico

- Con señales eléctricas a través de cables de cobre
- Con señales ópticas a través de cables de fibra óptica.

b. Inalámbrico

- Por radiotransmisión a través de ondas electromagnéticas.

2.6.2 Comunicación en tiempo real

Profinet responde a todas las necesidades de tiempo real relevantes de automatización incluso las de tipo isócrono. También resulta ideal para aplicaciones de control de movimiento. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 303).

2.6.3 Topologías de red

Las topologías más utilizadas son: estrella, línea, árbol y anillo. Prácticamente las instalaciones frecuentemente constan de topologías mixtas; estas permiten implementar tanto con cables de cobre como de fibra óptica. Al hablar de distancias cortas se utilizan los cables de fibra óptica de plástico, como el POF (Polymer Optic Fiber), o la fibra de vidrio revestida de plástico, como el PCF (Polymer Cladded Fiber). Para tramos largos se utilizan cables de fibra de vidrio. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, pág. 304).

Para Profinet se dispone de switches Industrial Ethernet y convertidores de medios, así como dispositivos de campo centralizados con interfaces integradas para POF/PCF.

Las actuales tecnologías de Industrial Ethernet utilizándose en forma combinada pueden aumentar el rendimiento de la red en unas 50 veces e incluso más si se compara con la tecnología original de 10 Mbits/s.

Entre estas tecnologías se tiene:

- Fast Ethernet

A 100 Mbit/s, una velocidad considerablemente superior a Ethernet (10 Mbit/s), que ocupa el bus por muy poco tiempo.

- Gigabit Ethernet

A 1 Gbit/s, frente a Fast Ethernet es 10 veces más rápido, reduciendo la ocupación del bus a 1/10 del tiempo

- Full Duplex

Con esta tecnología se puede recibir y transmitir simultáneamente entre dos estaciones excluyendo el riesgo de colisiones, dado que se evitan las repeticiones de telegramas el volumen de transmisión de datos aumenta considerablemente. Con Full Duplex es posible lograr una mayor extensión de la red. Por ejemplo, si se emplean fibra óptica de vidrio de 50/125 μm se puede cubrir distancias de hasta 26 Km.

- Switching

Posibilita la comunicación paralela, la división de la red en varios segmentos mediante un switch permite circular por la red varios telegramas a la vez, en consecuencia existe un aumento del rendimiento de la red debido a la simultaneidad de varios telegramas.

- Autocrossover

Permite el cruce automático de las líneas de recepción y transmisión de par trenzado. Así se puede prescindir de cables de conexión cruzados.

- Autosensing

Describe las características de los nodos de red (equipos terminales y componentes de red) que detectan automáticamente la velocidad de transferencia de una señal y soportan la función de Autonegotiation.

- Autonegotiation

Los dispositivos conectados a la red acuerdan antes de la transferencia de datos de un modo de transferencia, en donde cualquier dispositivo debe dominar (1000Mbit/s, 100 Mbit/s, o 10 Mbit/s, Full Duplex o Half Duplex).

2.6.4 Cable de Comunicación

La conexión del PLC y el panel táctil con el switch se realiza con el cable IE FC TP Estándar Cable GP 2x2, 6XV1 840 – 2AH10, Cat5 Plus. Permite la

configuración del cableado Industrial Ethernet (IE) organizado en condiciones industriales. Debido a que la pantalla es exclusivamente suficiente para las instalaciones en entornos industriales expuestos a interferencias electromagnéticas (Figura 13). (Siemens, 2016).

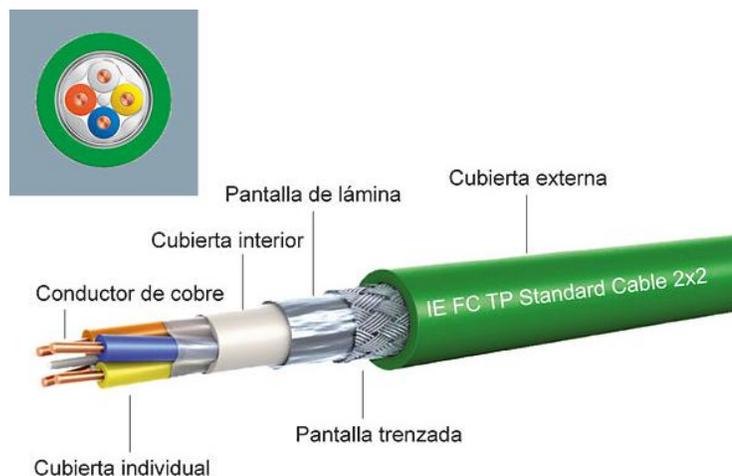


Figura 13 Cable Profinet.

Fuente: (Siemens, 2016)

Características del cable Profinet:

- Conexión elemental sin la necesidad de utilizar herramientas especiales a los contactos de desplazamiento del aislamiento de los FC Plugs.
- Sistema homogéneo de puesta a tierra, fácil de llevar a cabo con la pantalla exterior del cable de bus.
- Red protegida de perturbaciones debido al uso de cables de doble pantalla.
- Sin silicona; muestra eficacia al utilizarlo en la industria del automóvil.

2.6.5 Conector Profinet

Para la red de comunicación Profinet se utiliza los conectores Siemens Simatic NET IE FC RJ45 Plug 180 2x2, 6Gk1 901-1BB10-2AA0 para Industria Ethernet; consta de una caja de metal dura que cubre de una manera eficaz la

transmisión de datos evitando perturbaciones, tiene contactos de desplazamiento con aislamiento integrado para conectar cables industrial Ethernet FC con salida de 180° para componentes de red y CPs/CPU con puerto Industrial Ethernet (Figura 14). (Siemens, 2016).



Figura 14 Conector Profinet.

Fuente: (Siemens, 2016)

2.7 Controladores Lógicos Programables (PLC)

Es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objetivo de controlar máquinas y procesos. (Moreno, 2016).

También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal. Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida, para responder en tiempo real. (Moreno, 2016).

2.7.1 Estructura de un PLC

En la Figura 15 se puede ver la estructura básica de un PLC que está compuesta por:

- La CPU.
- Las interfaces de entradas.
- Las interfaces de salidas.



Figura 15 Estructura básica de los elementos de un PLC.

Fuente: (Alvarez Flores, 2015)

2.7.2 Descripción de los componentes de la estructura básica de un PLC.

a. Procesador

El procesador “es el cerebro del PLC, el responsable de la ejecución del programa desarrollado por el usuario”. **(Moreno, 2016)**.

Tareas Principales:

- Ejecutar el programa realizado por el usuario.
- Administración de la comunicación entre el dispositivo de programación y la memoria, entre el microprocesador y los bornes de entrada / salida.
- Ejecutar los programas de autodiagnósticos. (Moreno, 2016)

b. Memoria

Los PLC tienen que ser capaces de almacenar y retirar información, para ello cuentan con memorias. Las memorias son miles de cientos de localizaciones donde la información puede ser almacenada. Estas localizaciones están muy bien organizadas. (Moreno, 2016).

En las memorias el PLC debe ser capaz de almacenar:

Datos del Proceso:

- Señales de entradas y salidas.
- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de Control:

- Instrucciones de usuario, programa.
- Configuración del autómata.

Existen varios tipos de memorias:

- RAM. Memoria de lectura y escritura.
- ROM. Memoria de solo lectura, no programable.
- EPROM. Memoria de solo lectura, reprogramable con borrado por ultravioletas.
- EEPROM. Memoria de solo lectura, alterables por medios eléctricos.

c. Entradas y Salidas

Las entradas y salidas son elementos del PLC que vinculan al campo. En el caso de las entradas, deben ser adecuadas a las tensiones y corrientes que maneja el procesador para que éste las pueda reconocer. Y en el caso de las salidas, las señales del procesador deben ser modificadas para actuar sobre algún dispositivo del campo. (Perez, 2013, pág. 212).

A continuación se describe una clasificación de las entradas y salidas:

- **Discretas:** También denominadas binarias, lógicas, digitales u on-off. Pueden tomar únicamente dos estados.
- **Analógicas:** Permiten tomar una cantidad de valores intermedios dentro de un rango. Por ejemplo: de 4 a 20 mA, 0 a 5Vcc o 0 a 10 Vcc.
- **Especiales:** Son variantes de las analógicas como ser las entradas de pulsos de alta velocidad, termocuplas, RTD, etc. (Perez, 2013, pág. 212)

2.7.3 PLC S7-1200.

El controlador lógico programable S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Ya que su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014).

En la Figura 16 se enumeran las partes del S7-1200:

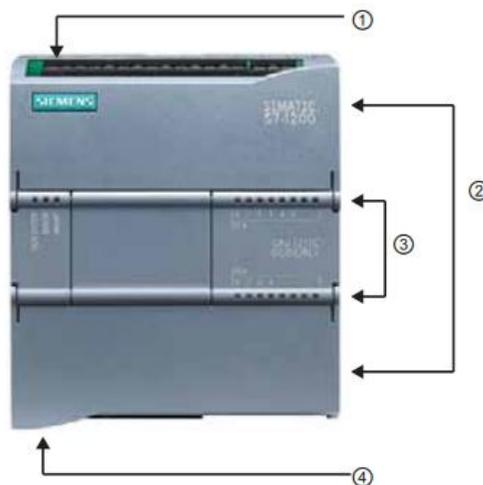


Figura 16 PLC S7-1200 siemens.

Fuente: (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014)

- ① Conector de corriente
- ② Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
- ③ LEDs de estado para las E/S
- ④ Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014).

La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica de programación de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014, pág. 13).

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232. Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación. (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014, pág. 13).

a. Módulos de señales

Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU como se puede ver en la Figura 17. (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014, pág. 13).

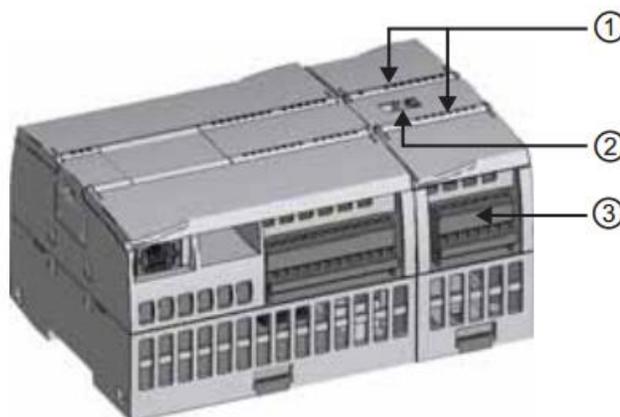


Figura 17 Módulo de señales siemens.

Fuente: (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014)

- ① LEDs de estado para las E/S del módulo de señales
- ② Conector de bus
- ③ Conector extraíble para el cableado de usuario

b. Módulos de Comunicación

Según La gama S7-1200 (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014, pág. 14) provee módulos de comunicación (CMs) (Figura 18) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación, a saber: RS232 y RS485.

- La CPU soporta como máximo 3 módulos de comunicación.

- Todo CM se conecta en el lado izquierdo de la CPU(o en el otro lado izquierdo de otro CM)

En la se identifica las partes del módulo de comunicación:



Figura 18 Módulo de Comunicaciones siemens.

Fuente: (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014)

- ① LEDs de estado del módulo de comunicación
- ② Conector de comunicación.

- **Estados Operativos de la CPU**

La CPU tiene tres estados operativos, a saber: STOP, ARRANQUE y RUN. Los LEDs de estado en el frente de la CPU indican el estado actual. (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014, pág. 44).

- Para cargar un programa en la CPU es necesario que el sistema operativo se encuentre en STOP.
- Los eventos de alarma no se muestran durante el arranque es decir cuando el estado operativo está en RUN, en el ARRANQUE si existen OBs se ejecutan una sola vez.

- El ciclo de trabajo se establece de una forma rápida en estado operativo RUN. Las alarmas pueden aparecer y ejecutarse en el ciclo de trabajo del sistema.

No es posible cargar proyectos en la CPU cuando el sistema se encuentra en estado operativo RUN, ya que la CPU soporta el arranque en caliente para cambiar de estado a RUN. (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014).

La inicialización de la memoria no se encuentra incluida en el arranque en caliente, pero no es el caso de los datos de sistema no remanentes y los datos de usuario. Cuando se realiza un borrado total se elimina la memoria de trabajo, como también las áreas de memoria de trabajo; pero no se elimina el búfer de diagnóstico al igual que todos los valores almacenados de la dirección IP. (Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014).

El color indicador RUN/ STOP muestra el estado operativo actual de la CPU:

- Amarillo indica el estado operativo STOP.
- Verde indica el estado operativo RUN.
- Intermitente indica el estado operativo ARRANQUE.
- Rojo indica que el proceso tiene un ERROR.

2.7.4 PLC S7-1500.

El SIMATIC S7-1500 es el perfeccionamiento de los sistemas de automatización SIMATIC S7-300 y S7-400. Mediante la integración de numerosas características de rendimiento, el sistema de automatización S7-1500 ofrece al usuario una excelente manejabilidad y el máximo rendimiento. (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013, pág. 15).

Las características de rendimiento son:

- Mayor rendimiento del sistema.
- Funcionalidad Motion Control integrada.

- PROFINET IO IRT.
- Pantalla integrada para el manejo y diagnóstico a pie de máquina.
- Innovaciones de lenguaje STEP 7 manteniendo las funciones probadas.

El sistema de automatización S7-1500 ofrece la flexibilidad y el rendimiento necesarios para el elevado ancho de banda de aplicaciones de control de la construcción de instalaciones y máquinas. La estructura permite adaptar el controlador a las exigencias a pie de proceso. El sistema está homologado por el tipo de protección IP20 y para el montaje en un armario eléctrico. El sistema de automatización S7-1500 se monta en un perfil de soporte y puede estar compuesto de un máximo de 32 módulos. Los módulos conectan entre sí mediante conectores U. (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013).

La Figura 19 muestra un ejemplo de configuración de un sistema de automatización S7-1500.

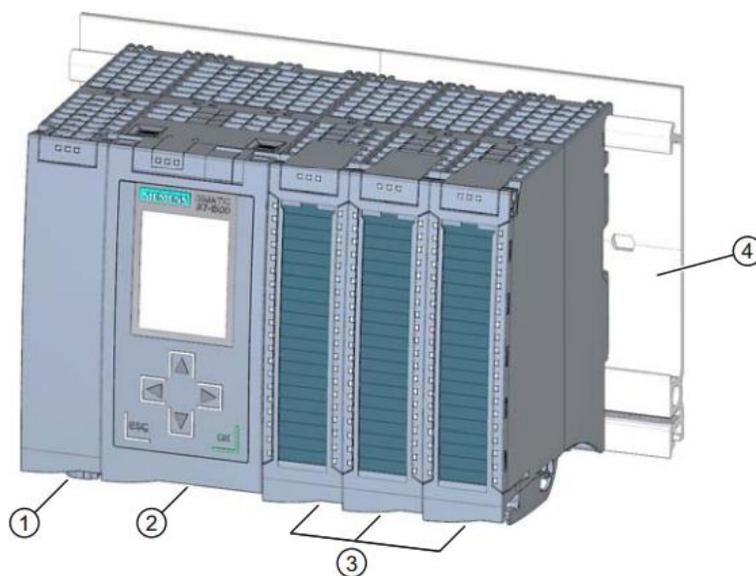


Figura 19 Módulo de señales siemens.

Fuente: (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013)

- ① Módulo de alimentación del sistema
- ② CPU
- ③ Módulos de periferia
- ④ Perfil soporte con perfil DIN integrado

a. Módulos de alimentación

El módulo de alimentación de carga (Figura 20) se encarga de la alimentación del sistema de automatización S7-1500 a través de un conector frontal de la CPU. Para el uso de fuentes de alimentación de carga se recomienda los dispositivos de la serie SIMATIC. Estos dispositivos se pueden montar en el perfil soporte. (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013).

Los módulos de alimentación de carga están en distintas variantes:

- PM 70W 120/230V AC
- PM 190W 120/230V AC

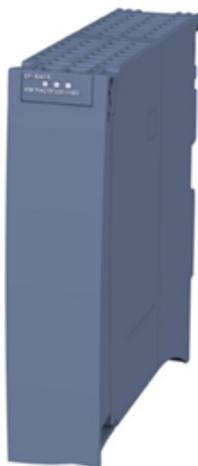


Figura 20 Módulo de alimentación PLC S7-1500

Fuente: (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013)

b. CPU

La Figura 21 desarrolla el programa usuario y, con la fuente de alimentación del sistema integrada, alimenta la electrónica de los módulos agregados a través del bus de fondo (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013).

Otras características y funciones de la CPU:

- Comunicación Ethernet.
- Comunicación vía PROFIBUS/PROFINET
- Comunicación HMI.
- Servidor web integrado.
- Tecnología integrada.
- Diagnóstico del sistema integrado.
- Seguridad integrada. (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013)



Figura 21 CPU PLC S7-1500

Fuente: (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013)

c. Módulos de Periferia

Los módulos de periferia (Figura 22) construye la interfaz entre el controlador y el proceso. A través de los sensores y actuadores conectados, el controlador detecta el estado actual del proceso y dispara las reacciones correspondientes. (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013).

Los módulos de periferia se clasifican en los siguientes tipos:

- Entrada digital (DI).
- Salida digital (DQ).
- Entrada analógica (AI).
- Salida analógica (AQ).
- Módulo tecnológico(TM).
- Módulos de comunicación (CM).
- Procesador de comunicación (CP). (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013, pág. 19).

El volumen de suministro de todos los módulos de periferia es un conector U.



Figura 22 Módulos de Periferia S7-1500

Fuente: (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013)

d. Conector U

El conector U como se ve en la (Figura 23) facilita la conexión de los módulos del sistema de automatización S7-1500. El conector U establece la conexión mecánica y eléctrica entre los módulos. (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013, pág. 33).



Figura 23 Conector U.

Fuente: (Industry S. , Info_PLC_S7-1500, 2013)

2.7.5 Paneles del operador (HMI)

La visualización de procesos cada vez más se convierte en un componente estándar de máquinas o sistemas de automatización, por lo que recurre a elementos adicionales para la visualización, que sirve para el control y supervisión de los procesos. Para aplicaciones sencillas bastará el uso de paneles de operador con funciones básicas. (Industry S. , Simatic HMI, 2012).

La familia de pantallas SIMATIC HMI ofrece la solución para la comunicación Hombre- Máquina más completa. (Industry S. , Simatic HMI, 2012)

Con los paneles SIMATIC HMI Comfort Panels (Figura 24) son una línea de productos totalmente renovada, se pueden dominar hasta los procesos más complejos, incrementando la disponibilidad y, por tanto, la productividad de la planta, ofreciendo el máximo grado de transparencia entre el Hombre y la Máquina , a la vez se configuran exclusivamente con el innovador software HMI WinCC. El software está integrado en el Engineering Framework “Totally Integrated Automation Portal”. (Industry S. , Simatic HMI, 2012).



Figura 24 SIMATIC HMI Comfort Panel.

Fuente: (Industry S. , Simatic HMI, 2012)

2.8 Tía Portal

TIA Portal (Figura 25) la clave para liberar todo el potencial de Totally Integrated Automation.

El software optimiza todos sus procedimientos de procesamiento, operación de máquinas y planificación. Con su intuitiva interfaz de usuario, la sencillez de sus funciones y la completa transparencia de datos es increíblemente fácil de utilizar. Los datos y proyectos preexistentes pueden integrarse sin ningún esfuerzo, asegurando su inversión a largo plazo. (Industry S. , SIEMENS, 2014).

TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Convince por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento. (Industry S. , SIEMENS, 2014).

El TIA Portal incorpora las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación. (Industry S. , SIEMENS, 2014).

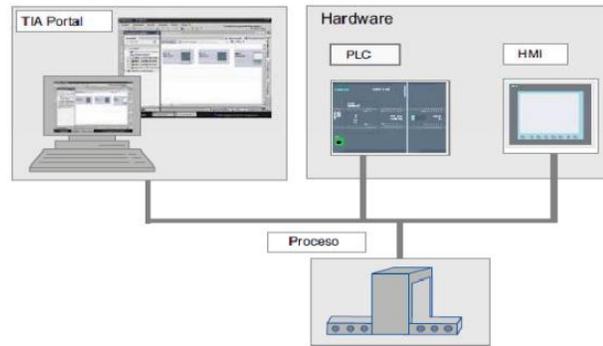


Figura 25 Comunicación con TIA Portal.

Fuente: (SIEMENS, 2009)

Ventajas de TIA Portal

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

Todos los datos se guardan en un proyecto. Para todas las tareas se utilizan una interfaz de usuario común desde la que se acceden en todo momento a todas las funciones de programación y visualización. (Industry S. , Simatic HMI, 2012).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y SELECCIÓN

La selección y análisis de los componentes de la red de comunicación Profibus a implementar se realizaron mediante el estudio de los conceptos teóricos expuestos en el capítulo anterior.

3.1 Red PROFIBUS

PROFIBUS puede adaptarse a las aplicaciones más diversas debido a una solución de sistemas modulares y muestra sus mejores prestaciones en todos los segmentos de la automatización discreta y las industrias de procesos.

3.1.1 Topología Red PROFIBUS

a. Topología Bus DP

Para el diseño de la Red PROFIBUS DP se aplica una configuración en Topología Lineal o a la vez conocida también como Bus, al realizar dicha configuración permite la comunicación maestro – esclavo como es visible en la Figura 26. Con los módulos seleccionados a continuación:

- MAESTRO - Módulo master S7-1500 (CP 1542-5)
- ESCLAVO 01 – Módulo SLAVE S7-1200 (CM 1242-5)
- ESCLAVO 02 – Módulo SLAVE S7-1200 (CM 1242-5)
- HMI_1



Figura 26 Topología Bus.

3.1.2 Dispositivos de Red PROFIBUS

Las unidades que actúan en la red Profibus se determinan a continuación:

- Módulo de comunicación a PROFIBUS DP como DPV1- Master, CP 1542-5.
- Módulo de comunicación a PROFIBUS DP como I-SLAVE, CM 1242-5.
- Conector de bus PROFIBUS FastConnect con conector de PG a 90°.
- Cable de bus PROFIBUS RS-485.

b. Master S7-1500 CP 1542-5

El procesador de comunicaciones CP 1542-5 está diseñado para funcionar en un sistema de automatización S7-1500. El CP 1542-5 permite conectar una estación S7-1500 a un sistema de bus de campo PROFIBUS. En la Figura 27 se muestra la representación del CP 1542-5 con la tapa frontal cerrada (izquierda) y abierta (derecha). (SIEMENS, 2009).



Figura 27 Master S7-1500, CP 1542-5

Fuente: (SIEMENS, 2009)

- ① Indicadores LED
- ② Placa de características
- ③ Interfaz PROFIBUS: 1 conector hembra Sub-D de 9 polos (RS485)

Con el nivel de equipamiento actual, el CP 1542-5 soporta los siguientes servicios de comunicación:

- **Maestro PROFIBUS DP(clase 1)**

- PROFIBUS DP conforme a EN 50170 DPV1, maestro DP
- Modo maestro DP para esclavos DP según la norma PROFIBUS DPV0 y DPV1
- Modo maestro DP para esclavos DP Siemens
- Comunicación directa (esclavo DP a esclavo DP)

Como el DP, el CP 1542-5 es capaz de permitir la comunicación directa entre “sus” esclavos DP. (SIEMENS, 2009).

- **Esclavo PROFIBUS DP**

PROFIBUS DP conforme a EN 50170 DPV1, esclavo DP. El CP 1542-5 solo soporta alternativamente al funcionamiento como maestro DP o como esclavo DP. (SIEMENS, 2009).

- **Comunicación S7**

- Comunicación PG para carga y descarga de configuración S7, diagnóstico y routing.
- Funciones de manejo y visualización (comunicación HMI)
- Intercambio de datos vía conexiones S7

Los servicios mencionados del CP 1542-5 pueden utilizarse simultáneamente con independencia entre sí.

Datos característicos de la interfaz DP

De acuerdo con (SIEMENS, 2009) para el modo DP no se requieren bloques de programa especiales. La periferia descentralizada se integra mediante el acceso directo a periferia o a través de bloques de programa (SFCs/SFBs) de la CPU. En la Tabla 3 se encuentran las características de la interfaz DP.

Tabla 3.

Características de la interfaz DP.

Característica	Valores
Cantidad de esclavos DP operables	32
Tamaño máximo del área de entrada de todos los esclavos DP	2KB
Tamaño máximo del área de salida de todos los esclavos DP	2KB
Tamaño máximo del área de entrada por esclavo DP	244 bytes
Tamaño máximo de área de salida por esclavo DP	244 bytes
Tamaño máximo del área de coherencia por un módulo	128 bytes

Fuente: (SIEMENS, 2009)

Montaje del CP 1542-5

Para el montaje del CP 1542-5 (Figura 28) se definen los siguientes pasos a seguir:

- 1.- Enchufe el conector U en la parte posterior del CP 1542-5.

- 2.- Enganche el CP 1542-5 en el perfil de soporte.
- 3.- Gire el CP 1542-5 hacia atrás.
- 4.- Abra la tapa frontal.
- 5.- Desenchufe el conector de red del CP 1542-5.
- 6.- Atornille el CP42-5 (par de apriete 1,5 Nm)
- 7.- Enchufe el conector de red ya cableado en el CP 1542-5.

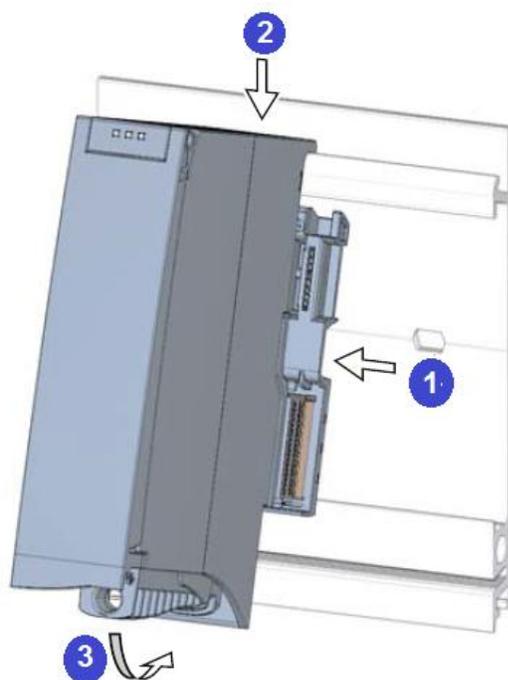


Figura 28 Montaje del Master S7-1500, CP 1542-5

Fuente: (SIEMENS, 2009)

A continuación en la Tabla 4 se indica la puesta en servicio del módulo Master S7-1500 (CP 1542-5)

Tabla 4.**Puesta en servicio del CP 1542-5.**

Paso	Ejecución	Notas
1	Conecte el CP a Profibus por medio del conector hembra RS-485	Parte inferior del CP.
2	Encienda la alimentación eléctrica	
3	Cierre las tapas frontales del módulo y manténgalas cerradas en servicio.	
4	El resto de la puesta en servicio incluye la carga de los datos del proyecto de STEP 7.	Los datos del proyecto de STEP 7 para el CP se transfieren durante la operación de carga de la estación. Para cargar la estación conecte la estación de ingeniería en la que se encuentran los datos del proyecto a la interfaz Ethernet/MPI de la CPU.

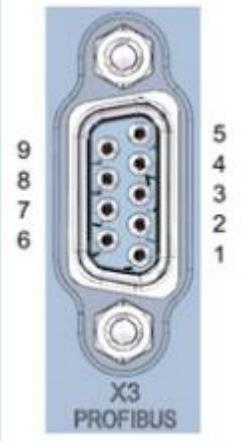
Fuente: (SIEMENS, 2009)

Interfaz PROFIBUS

En la Tabla 5 contiene la asignación de pines para la interfaz PROFIBUS.

Tabla 5.

Asignación de pines para la interfaz PROFIBUS.

Vista	Nombre de la señal	Denominación	
 <p>Diagrama de un conector PROFIBUS X3 con pines numerados del 1 al 9. El conector es un tipo D-sub con 9 pines. Los pines están numerados del 1 al 9, con el 1 en la parte inferior derecha y el 9 en la parte superior izquierda. El conector está etiquetado como 'X3 PROFIBUS'.</p>	1	-	-
	2	-	-
	3	RxD/TxD-P	Circuito de datos B
	4	RTS	Request To Send
	5	M5V2	Potencial de referencia de los datos(de estación)
	6	P5V2	Alimentación positiva(de estación)
	7	-	-
	8	RxD/TxD-N	Circuito de datos A
	9	-	-

Fuente: (Industry Siemens, 2016)

En la interfaz PROFIBUS el CP no ofrece tensión de alimentación de 24 V DC. Por eso, los equipos periféricos no son operativos en la interfaz.

Indicadores de estado y error del CP

La Figura 29 muestra los indicadores LED del CP 1542-5



Figura 29 Indicadores LED del CP 1542-5

Fuente: (SIEMENS, 2009)

- ① LED RUN/STOP
- ② LED ERROR
- ③ LED MAINT

Significado de los indicadores LED

El CP 1542-5 posee tres LED para indicar el estado operativo actual y el estado de diagnóstico. (SIEMENS, 2009).

Dichos LEDs señalizan los significados siguientes:

- LED RUN/STOP (LED monocolor: verde)
- LED ERROR (LED monocolor : rojo)
- LED MAINT (LED monocolor: amarillo)

c. Esclavo S7-1200 CM 1242-5

Para la comunicación Profibus como esclavo se selecciona el módulo Siemens CM 1542-5 que se puede observar en la Figura 30.



Figura 30 Esclavo S7-1200 CM 1242-5

Fuente: (SIEMENS, 2009)

Dentro de las características del SLAVE o conocido como ESCLAVO S7-1200 CM 1242-5. En la Tabla 6. Se describen las prestaciones y los datos característicos de la interfaz DP del CM 1242-5.

Tabla 6.

Características del Esclavo S7-1200 CM 1242-5

PRESTACIONES	
Número de CP/CM enchufables	Máximo 3 CM/CP por estación
Velocidad de transferencia	9,6 kbits/s a 12 Mbits/s
INTERFAZ DP	
Área de entrada por esclavo DP	Máximo 240 bytes
Área de salida por esclavo DP	Máximo 240 bytes

Fuente: (Industry Siemens, 2016)

Conexiones eléctricas

- Alimentación eléctrica

El CM 1242-5 recibe alimentación de tensión a través del bus de fondo. No necesita una alimentación de tensión independiente.

- Conector hembra Sub-D 9 polos (PROFIBUS)

La conexión PROFIBUS se encuentra detrás de la tapa inferior de la carcasa del módulo. La interfaz es un conector hembra Sub-D de 9 polos y funciona según la técnica de transferencia RS485.

Las redes PROFIBUS ópticas se pueden conectar opcionalmente a través de un Optical Bus Terminal OBT o de un Optical Link Module OLM.

Montaje del CM 1242-5

El montaje debe realizarse de manera que las rejillas de ventilación superiores e inferior del módulo no queden cubiertas, garantizando así una buena ventilación. Por encima y por debajo del aparato debe haber un espacio de 25 mm para la circulación de aire, sirve como protección frente al sobrecalentamiento, en la Figura 31 se observa las dimensiones para el montaje del CM 1242-5. (SIEMENS, 2009).

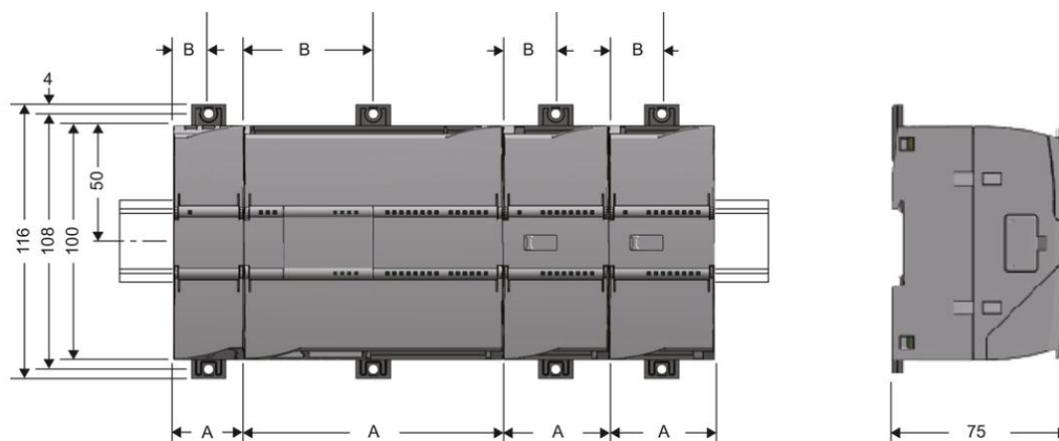


Figura 31 Dimensiones de montaje del Esclavo S7-1200 CM 1242-5

Fuente: (SIEMENS, 2009)

En la Tabla 7. Se establece el procedimiento de montaje y conexión del Módulo Esclavo S7-1200 (CM 1242-5).

Tabla 7.**Procedimiento de montaje y conexión**

Paso	Ejecución	Notas y aclaraciones
1	Inserte el CM en el perfil de sombrero y conéctelo con el módulo de su derecha	Utilice un riel de sombrero DIN de 35 mm se admiten las ranuras de la izquierda junto a la CPU
2	Fije el perfil del sombrero	
3	Conecte el cable PROFIBUS en el conector hembra Sub- D del CM	Parte inferior del CM
4	Encienda la alimentación eléctrica	
5	Cierre las tapas frontales del módulo y manténgalas cerradas en servicio.	

Fuente: (Industry Siemens, 2016)

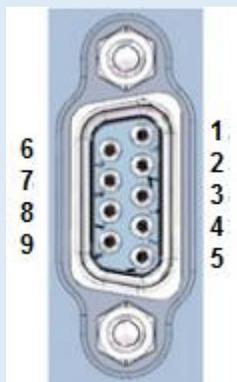
Asignación del conector hembra Sub-D

Según la Tabla 8. Se verifica la descripción de la Interfaz PROFIBUS mediante la asignación de contactos del conector hembra Sub-D.

Tabla 8.

Asignación de contactos del conector hembra Sub-D

Pin	Descripción
1	-
2	-
3	RxD/TxD-P: Conductor de datos B
4	CNTR-P.RTS
5	DGND: masa para señales de datos y VP
6	VP: alimentación de tensión +5 sólo para resistencias de cierre de bus ()
7	-
8	RxD/TxD-N: Conductor de datos A
9	-
Carcasa	Conexión de tierra



Fuente: (Industry Siemens, 2016)

d. Conector PROFIBUS RS-485

Los conectores de bus RS-485 para PROFIBUS sirven para conectar una estación PROFIBUS o un componente de red PROFIBUS al cable de bus para PROFIBUS (Figura 32). (Siemens Industry AG, 2008). En la tabla 9 se describen los datos técnicos del conector PROFIBUS RS-485.



Figura 32 Conector PROFIBUS RS-485

Fuente: (Siemens Industry AG, 2008)

Tabla 9.

Datos técnicos del Conector PROFIBUS RS-485

Datos específicos del módulo		
Interfaz		RS 485
Resistencia terminadora activable		integrada
Tensiones, intensidades, potenciales		
Aislamiento galvánico		
Entre pantalla del cable y sistema electrónico		si
Aislamiento ensayado con		500 V AC
Datos de seguridad		
U_i	=V _{máx}	= 24 V / 150 mA
I_i	= I _{sc}	= 5V / 90 mA
T_A		= -25 bits +60°C

Fuente: (Siemens Industry AG, 2008)

e. Cable de bus PROFIBUS

Es un cable de bus estándar blindado PROFIBUS de 2 núcleos con diseño especial para montaje y armado rápido con instalaciones fijas. La forma de los

cables de bus FastConnect (FC) es radialmente simétrica y permite el uso de una herramienta para pelar el aislamiento. Esto significa que los conectores del bus se pueden ensamblar de forma rápida y fácil. El doble blindaje, se hace especialmente apto para tendido a través de zonas industriales con fuertes campos electromagnéticos. El concepto de puesta en todo el sistema se puede implementar usando el blindaje externo del cable de bus y los terminales de conexión a tierra en el terminal del bus. (Siemens Industry AG, 2008)

- El cable par trenzado apantallado (RS485)
- Color MORADO característico
- Apantallado y la malla
- Dos hilos, uno de color verde y otro de color rojo.
- Voltaje nominal de 100 V.

Montaje del cable de bus

En la Figura 33 se describe el montaje del cable bus.

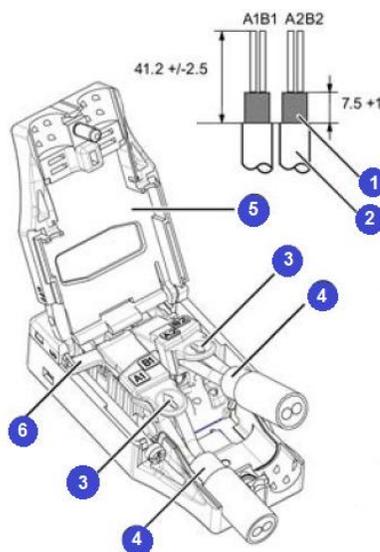


Figura 33 Montaje del cable de bus

Fuente: (Siemens Industry AG, 2008)

- ① Pantalla del cable
- ② Cable de bus (6XV1 830-0EH10)
- ③ Tapa de cierre para conexión por desplazamiento del aislamiento
 - Introducir los hilos verde y rojo hasta el tope por la tapa de contacto abierta
 - Cerrar la tapa de contacto(presionarla hasta el tope)
- ④ Encajar a presión el cable en el hueco (la pantalla del cable se apoya desnuda sobre el elemento de contacto)
- ⑤ Cerrar y atornillar la tapa de la carcasa
- ⑥ Conector de PG

CAPÍTULO IV

4. Implementación del sistema SCADA.

Para la implementación del sistema SCADA y la red PROFIBUS DP está basado en el diseño que se realizó previamente en el capítulo anterior, en el que se seleccionó módulos de comunicación para la red PROFIBUS DP, y el diagrama de bloques para la realización del SCADA para la supervisión de un proceso.

4.1 Instalación del sistema de control

En la implementación de la red PROFIBUS DP, el sistema de control está compuesto de los siguientes elementos:

- Módulo de comunicación a PROFIBUS DP como DPV1-MASTER, CP 1542-5.
- Módulo de comunicación a PROFIBUS DP como I-SLAVE, CM 1242-5.

4.1.1 Instalación de dispositivos

Antes de implementar la red PROFIBUS DP se necesita realizar el montaje de los módulos de comunicación en el riel DIN estándar, como se puede evidenciar en la Figura 34. Se encuentra la disposición de los módulos de comunicación en el tablero de control.

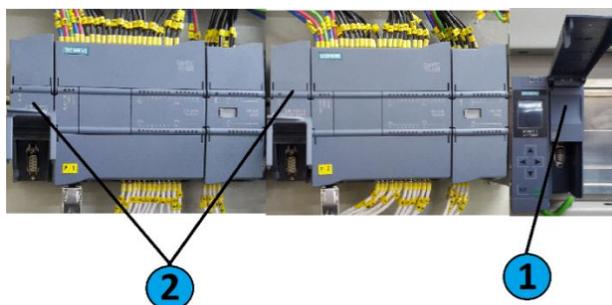


Figura 34 Montaje de los módulos de comunicación

Número	Descripción
1	Módulo de comunicación PROFIBUS DP como DPV1-MASTER, CP 1542-5.
2	Módulo de comunicación PROFIBUS DP como I-SLAVE, CM 1242-5

4.1.1 Cableado de la red PROFIBUS DP

Al realizar el cableado de la red PROFIBUS DP se ensambla el cable BUS estándar de dos hilos apantallado al conector de BUS PROFIBUS FastConnect con conector PG como se encuentra en la Figura 35.

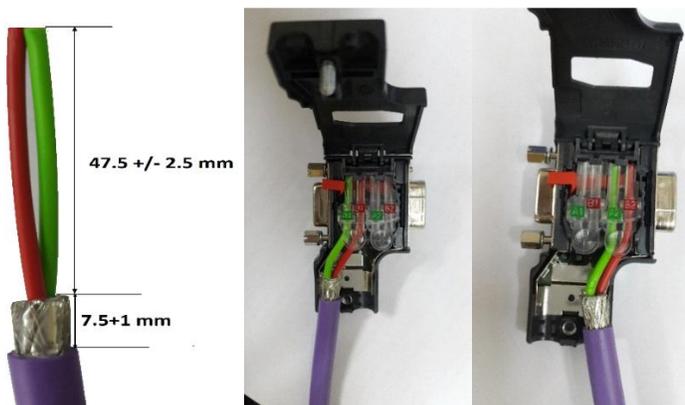


Figura 35 Ensamble del cable para conexión PROFIBUS DP

4.1.2 Conexión de dispositivos

Identificados los puertos para la red PROFIBUS DP de cada uno de los módulos de comunicación se procede a realizar la conexión de los conectores en topología BUS, con las resistencias terminadoras de circuito como se encuentra en la Figura 36.

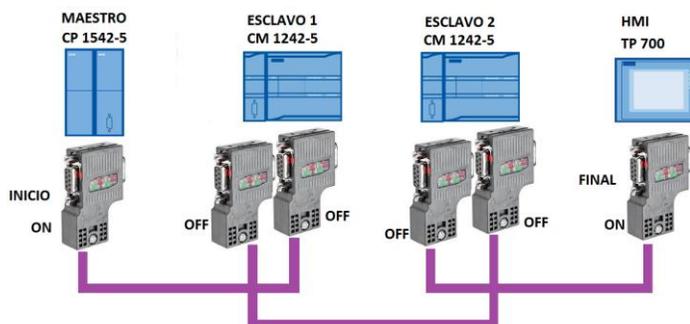


Figura 36 Conexión de red PROFIBUS DP a módulos de comunicación

En la Figura 37. Se encuentra el cableado de la red PROFIBUS DP en los diferentes módulos de comunicación.

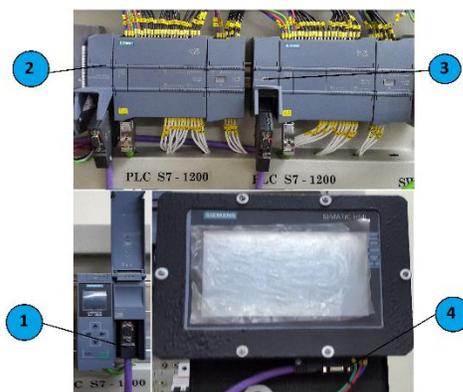


Figura 37 Cableado de la red PROFIBUS DP

Número	Descripción
1	MASTER, CP 1542-5.
2	ESCLAVO 1, CM 1242-5
3	ESCLAVO 2, CM 1242-5
4	HMI CONFORT PANET TP 700

4.2 Configuración del TIA PORTAL

TIA PORTAL V13 contiene varios productos de la marca SIEMENS, tales como controladores SIMATIC S7, visualizadores como HMI's y sistemas PC todos aquellos empleados para la implementación de un sistema SCADA y la supervisión de procesos industriales.

4.2.1 Configuración de dispositivos

La configuración de los dispositivos se crea un proyecto o se abre uno ya existente como se indica en la Figura 38. Se da clic en abrir.

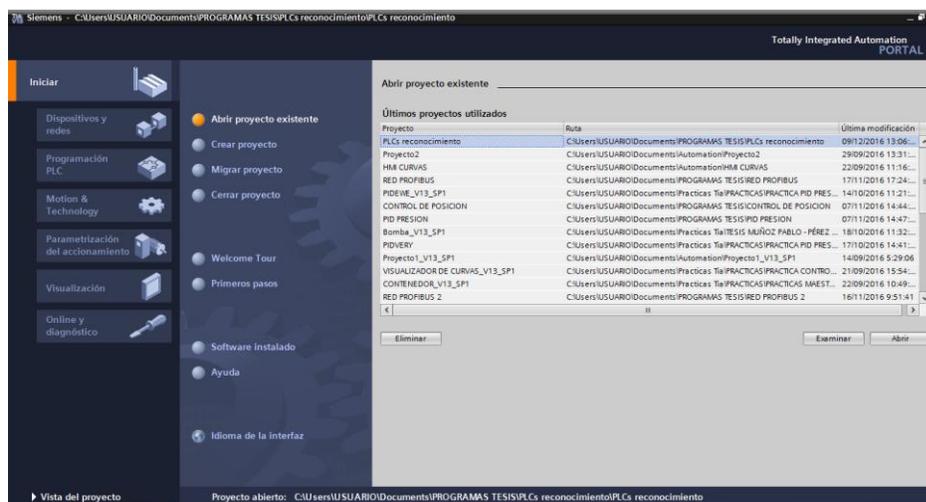


Figura 38 Abrir o Crear un proyecto

Con un clic en dispositivos y redes se añade al programa controladores, HMI's y sistemas PC como se muestra en la Figura 39.

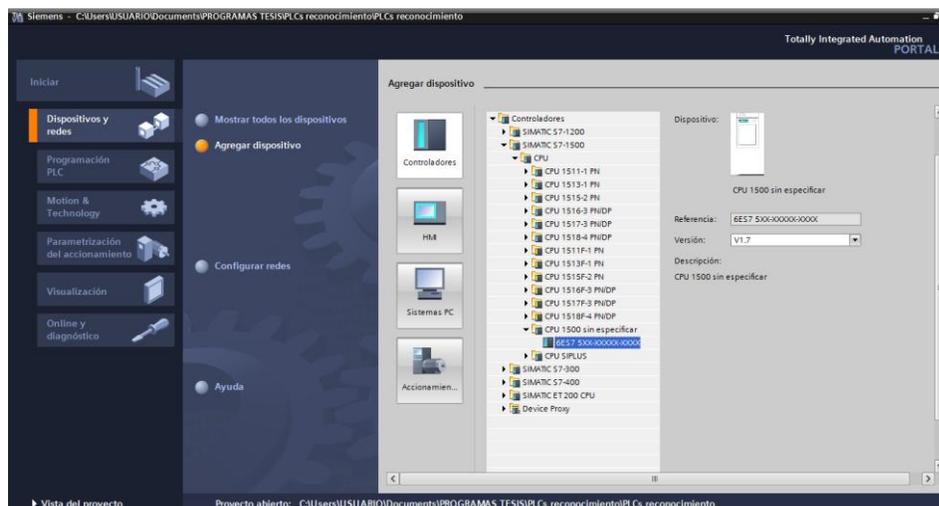


Figura 39 Ventana para añadir dispositivos.

Para determinar los dispositivos que se encuentran conectados a la PC hay que dar clic en determinar como se muestra en la Figura 40.

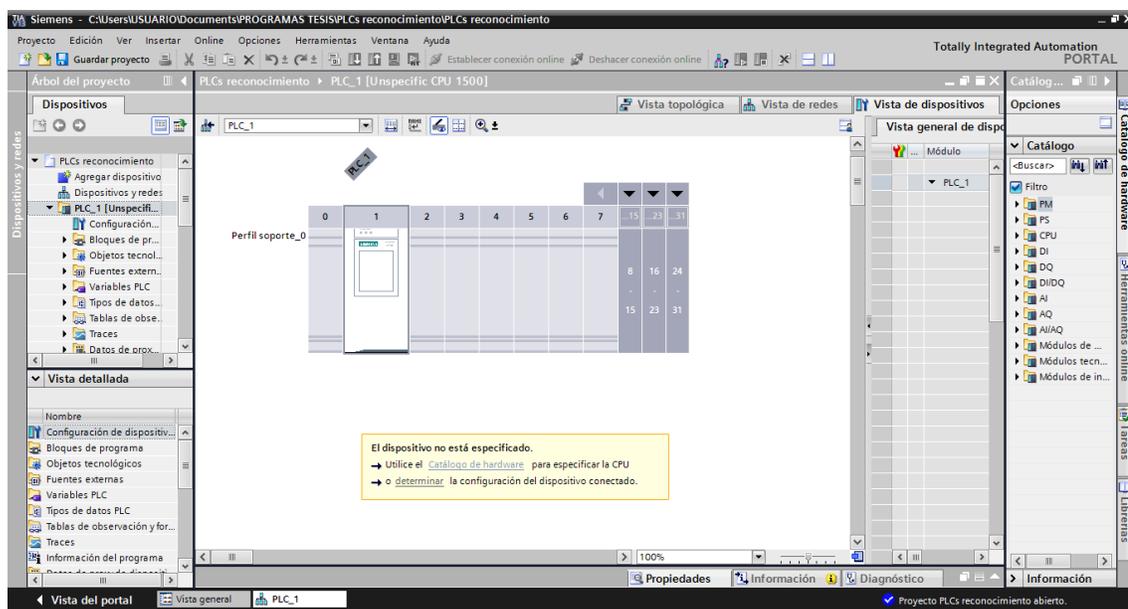


Figura 40 Ventana con dispositivos conectados a la PC.

En la detección de hardware para PLC muestra los dispositivos compatibles para la interfaz seleccionada, es necesario dar clic en iniciar búsqueda y por ultimo clic en detección como se indica en la Figura 41.

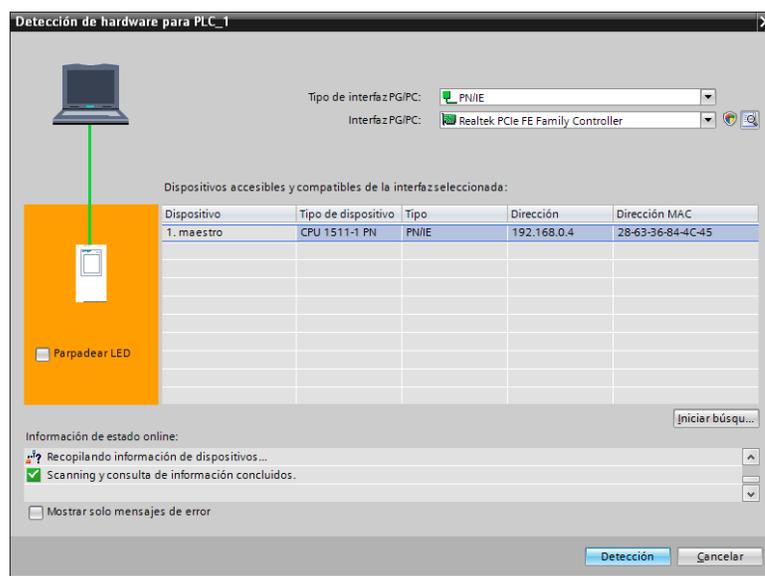


Figura 41 Detección del PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN.

La Figura 42. Muestra el PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN junto al módulo de comunicación PROFIBUS ya instalado con la dirección IP que le corresponde a este dispositivo.

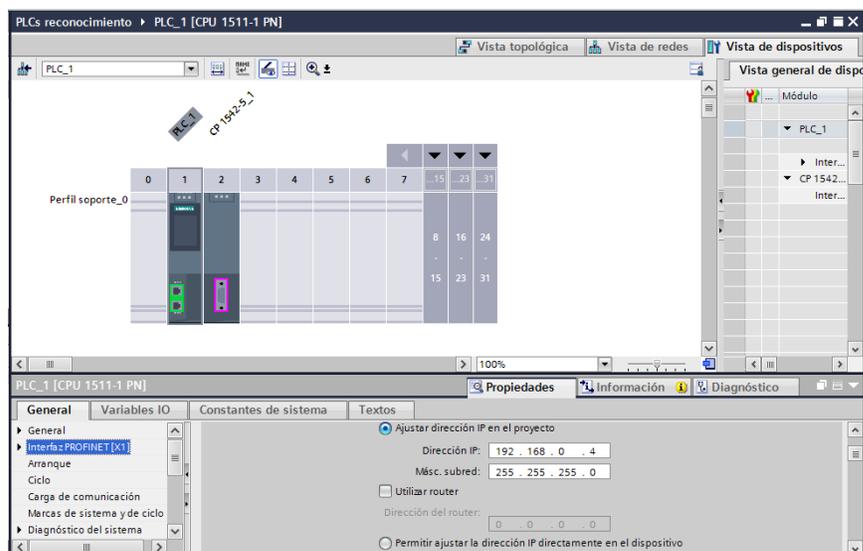


Figura 42 PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN con módulo de comunicación.

Para la localización de los 2 PLC S7-1200 CPU1214C DC/DC/DC y del HMI TP 700 CONFORT se sigue los pasos descritos con anterioridad y así se obtiene la vista topológica de los dispositivos con la dirección IP que se presenta en la Figura 43.



Figura 43 Vista topológica de los dispositivos detectados.

4.2.2 Configuración de la red PROFIBUS DP

Al realizar la configuración de la red PROFIBUS DP principalmente se debe revisar que las conexiones físicas de la red estén correctamente conectadas, para su posterior programación en el software TIA V13.

En la pestaña vista de dispositivos, en el PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN se da clic en el módulo de comunicación S7-1500 CP 1542-5 para la configuración de la interfaz PROFIBUS que se muestra en la Figura 44.

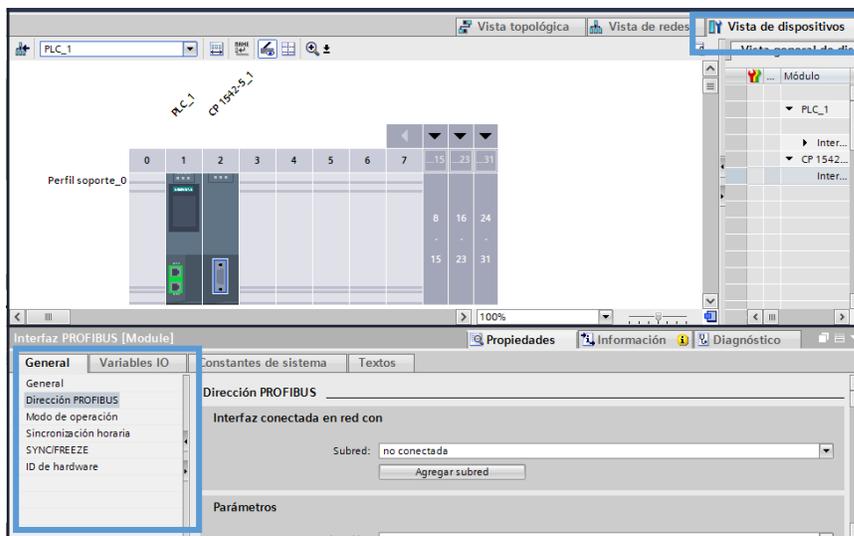


Figura 44 Configuración de la interfaz PROFIBUS del módulo S7-1500 CP 1542-5.

En dirección PROFIBUS se agrega una subred por default , con el nombre "PROFIBUS_1", y en los parámetros la dirección del módulo de comunicación es la numero 2 como se indica en la Figura 45.

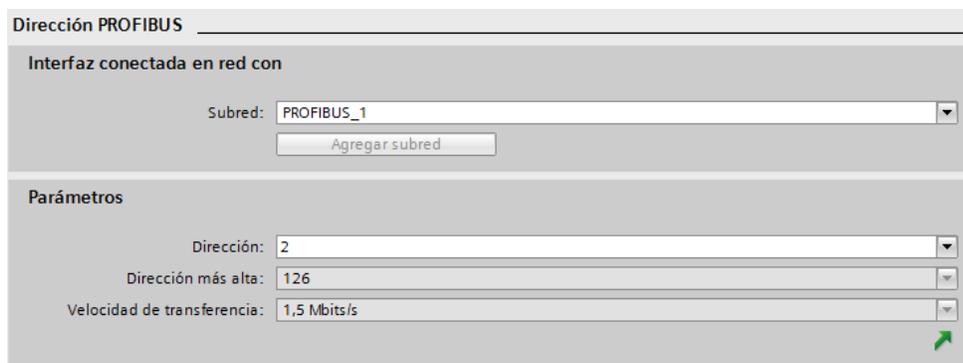


Figura 45 Dirección PROFIBUS del módulo S7-1500 CP 1542-5.

En modo de operación, el módulo trabajara como maestro de la red, se escoge MAESTRO DP como indica en la Figura 46.

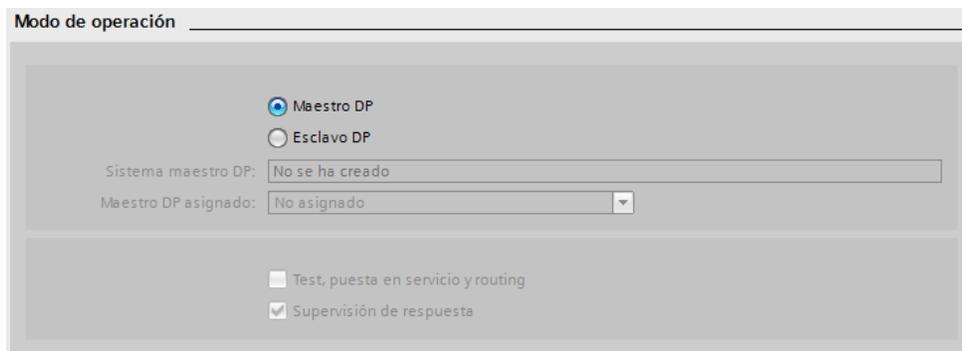


Figura 46 Módulo de operación del módulo S7-1500 CP 1542-5.

Para la comunicación de los esclavos DP se da clic en el módulo de comunicación S7-1200 CM 1242-5, para configurar la interfaz DP como se presenta en la Figura 47.

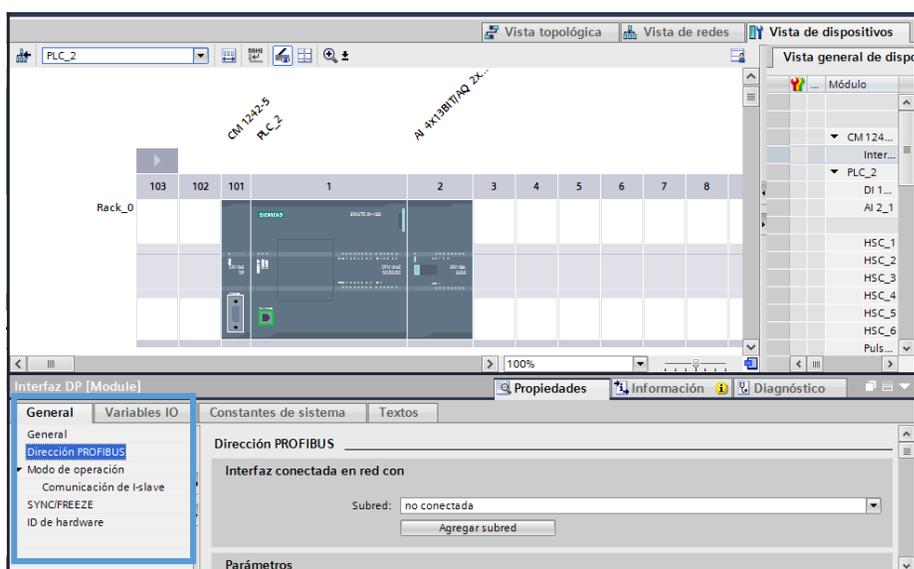


Figura 47 Módulo de operación del módulo S7-1500 CP 1542-5.

Al conectar la red PROFIBUS, en dirección PROFIBUS, se selecciona la subred "PROFIBUS_1" creada por el maestro y con la dirección número 3 que se indica en la Figura 48.

Dirección PROFIBUS

Interfaz conectada en red con

Subred: PROFIBUS_1

Agregar subred

Parámetros

Dirección: 3

Dirección más alta: 126

Velocidad de transferencia: 1,5 Mbits/s

Figura 48 Dirección PROFIBUS del módulo S7-1200 CM 1242-5.

En la comunicación del maestro con el esclavo se crea un área de transferencia para el envío y recepción de datos entre los módulos de comunicación, por default se crea un área de transferencia MS (Mater-Slave), la dirección de envío que se indica en la Figura 49, permite verificar la dirección de emisión desde el maestro y la dirección de recepción del esclavo.

Comunicación de I-slave

Áreas de transferencia

...	Área de transferencia	Tipo	Dirección del maestro	↔	Dirección del es..	Longitud	Coherencia
1	Área de transferenci...	MS	Q 0	→	I 2	1 Byte	Unidad
2	Área de transferenci...	MS	I 0	←	Q 2	1 Byte	Unidad
3	<Agregar nuevo>						

Figura 49 Área de transferencia entre el maestro y esclavo.

Las direcciones del área de transferencia se configuran dependiendo del tipo de datos que se requiere enviar o recibir en los módulos de comunicación, las direcciones 0 y 1 están reservadas por las direcciones propias de entradas y salidas del PLC, por lo que empieza desde la dirección 2, el área de transferencia queda configurada de la manera que indica la Figura 50.

Detalles del área de transferencia

Área de transferencia:

Tipo de área de transferencia:

Interlocutor: y Local:

Intercambio de datos entre: y

Slot: y

Tipo de dirección: y

Dirección inicial: y

Bloque de organización: y

Memoria imagen de proceso: y

Longitud:

Unidad:

Coherencia:

Comentario:

Figura 50 Configuración del área de transferencia.

El área de transferencia quedara configurada de la manera que se indica en la Figura 51 con las direcciones con las que se existe la comunicación entre maestro y esclavo.

Comunicación de I-slave

Áreas de transferencia

...	Área de transferencia	Tipo	Dirección del maestro	↔	Dirección del es..	Longitud	Coherencia
1	Área de transferenci...	MS	Q 2...41	→	I 200...239	20 Pala...	Unidad
2	Área de transferenci...	MS	I 200...239	←	Q 2...41	20 Pala...	Unidad
3	<Agregar nuevo>						

Figura 51 Configuración del área de transferencia.

En la configuración de los demás esclavos se requiere continuar con el procedimiento descrito anteriormente, con la diferencia que se deberá colocar otra dirección PROFIBUS y configurar una nueva área de transferencia como se ve en la Figura 52. Para que no exista errores en la comunicación entre el maestro y el esclavo.

Comunicación de I-slave

Áreas de transferencia

...	Área de transferencia	Tipo	Dirección del maestro	↔	Dirección del es..	Longitud	Coherencia
1	Área de transferenci...	MS	Q 300...339	→	I 400...439	20 Pala...	Unidad
2	Área de transferenci...	MS	I 300...339	←	Q 400...439	20 Pala...	Unidad
3	<Agregar nuevo>						

Figura 52 Área de transferencia configurada para el esclavo 2.

Para la conexión del HMI TP 700 se da clic en la interfaz MPI/DP y en la dirección PROFIBUS conectar el dispositivo a la red PROFIBUS_1 se asigna una dirección diferente a la de los demás esclavos como se indica en la Figura 53.

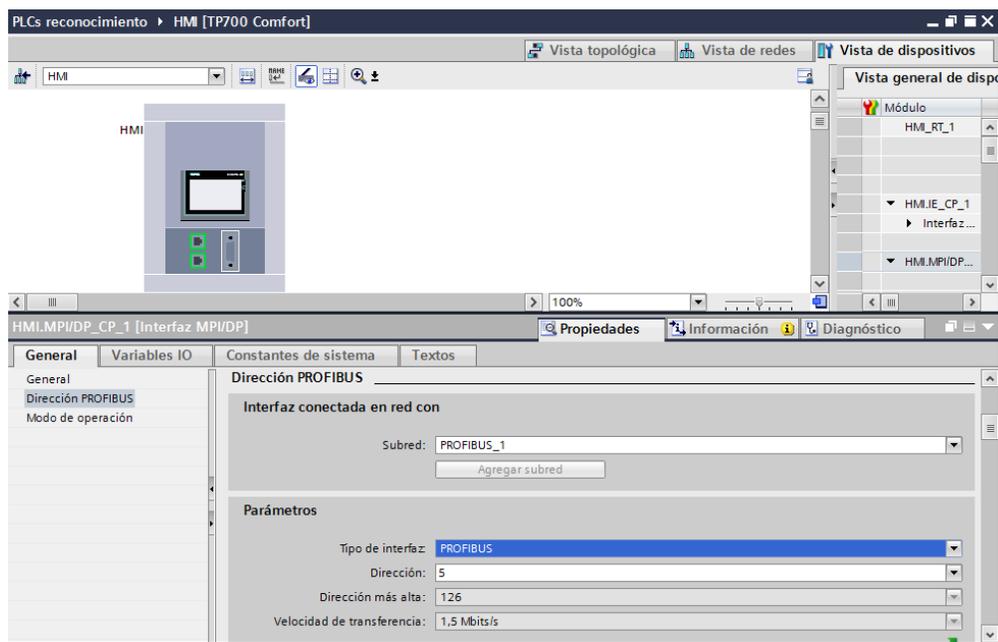


Figura 53 Configuración del HMI TP 700.

La Figura 54. Indica la vista de redes y la conexión de los esclavos a un maestro por la red PROFIBUS DP con las direcciones IP y la dirección PROFIBUS de cada uno de los dispositivos.

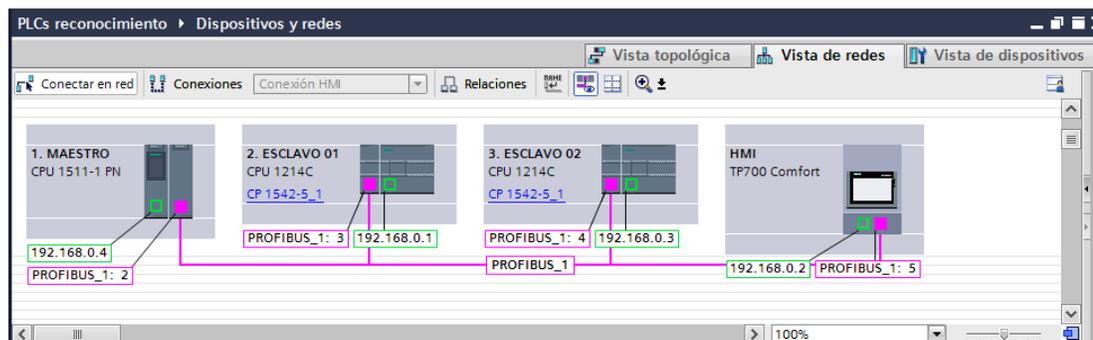


Figura 54 Direcciones IP y PROFIBUS de los dispositivos.

4.2.3 Configuración del SIMATIC HMI WINCC RT ADVANCED

El sistema PC WINCC RT Advanced es utilizado como un SCADA para la supervisión de variables en procesos industriales, esta herramienta del TIA V13 permite visualizar avisos en el HMI ocasionados por la activación de protecciones y otras anomalías. A la vez permite el monitoreo de ficheros o variables que actúan en los procesos y realiza un informe de cada uno de estos.

a. Configuración del Computador para el reconocimiento sistema PC WINCC RT Advanced

Primero es necesario configurar la IP del computador en una dirección diferente a la de los controladores y del HMI agregados en la red PROFIBUS DP y se la realiza dando clic en abrir centro de redes y recursos compartidos y después en cambiar configuración del adaptador como se puede evidenciar en la Figura 55.

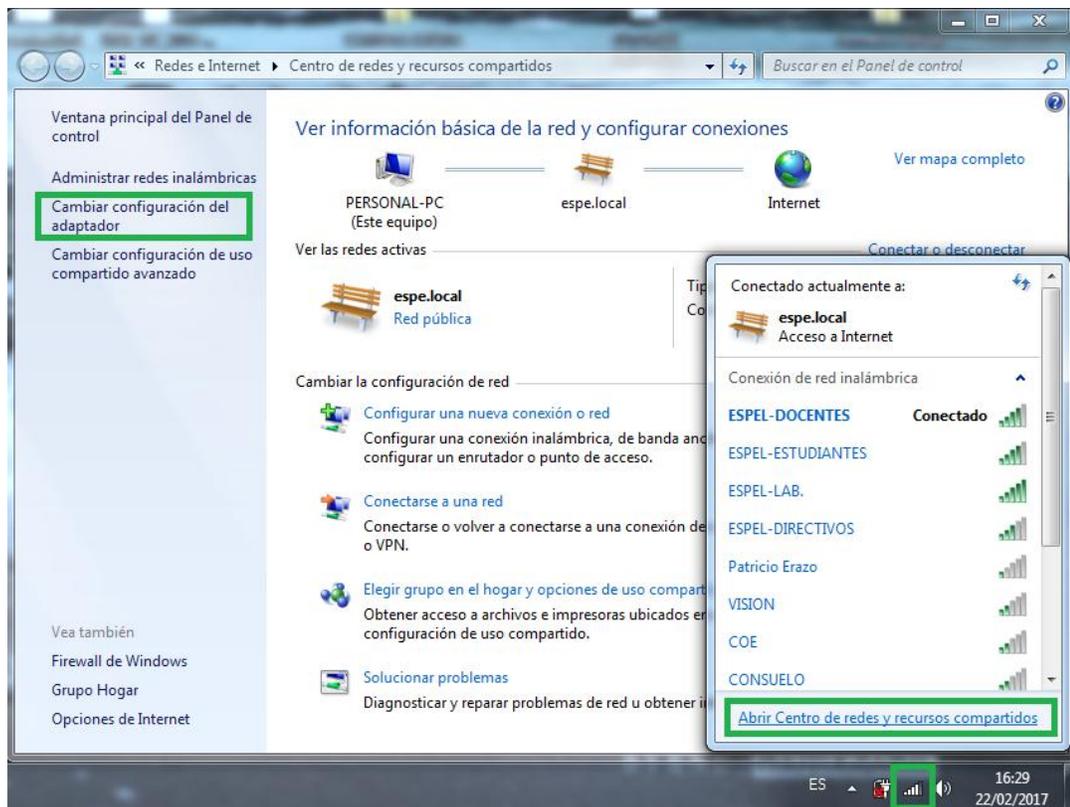


Figura 55 Centro de redes y recursos compartidos.

Se abrirá una ventana donde se podrá configurar las conexiones de red, la misma que corresponde a la conexión de área local, dando clic derecho aparecerá la ventana propiedades de conexión de área local, aquí se busca el protocolo de versión 4(TCP/IPv4) y por ultimo aparece las propiedades de este protocolo y en dirección IP se coloca la dirección que se muestra en la Figura 56, esta dirección IP puede ser de elección libre siempre y cuando no sea igual a otros dispositivos añadidos a la red.

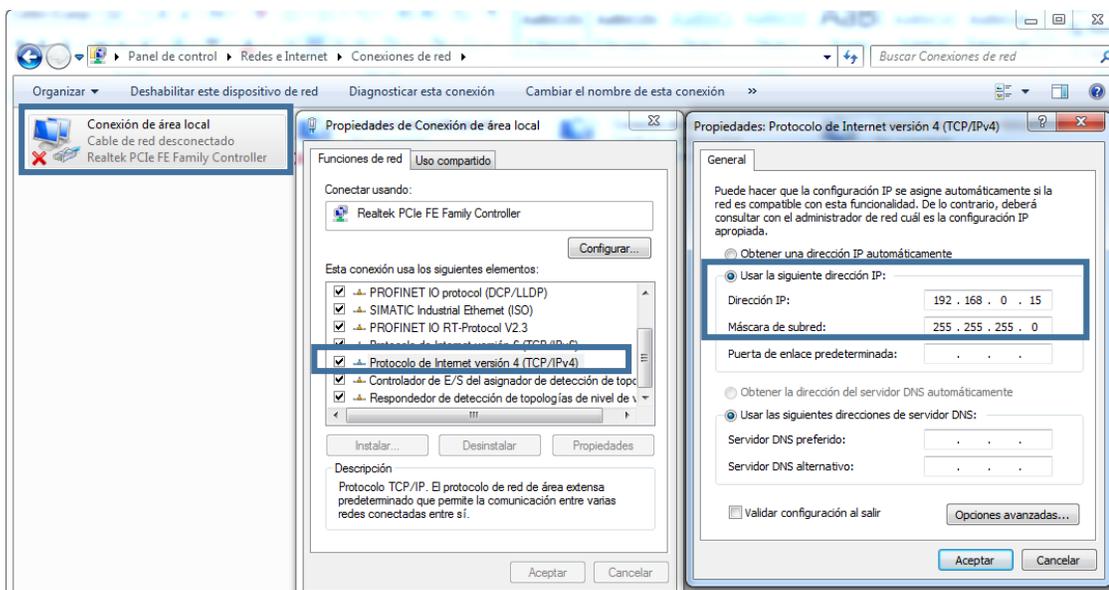


Figura 56 Configuración de la dirección IP del computador.

En la configuración de la interface PG/PC que es la comunicación del computador con los controladores, en el panel de control buscar el icono que se muestra en la Figura 57, y se selecciona la tarjeta Realtek PCIe FE Family Controller.TCPIP.1 que es la que pertenece al computador, para poner en modo S7ONLINE con los diferentes controladores.

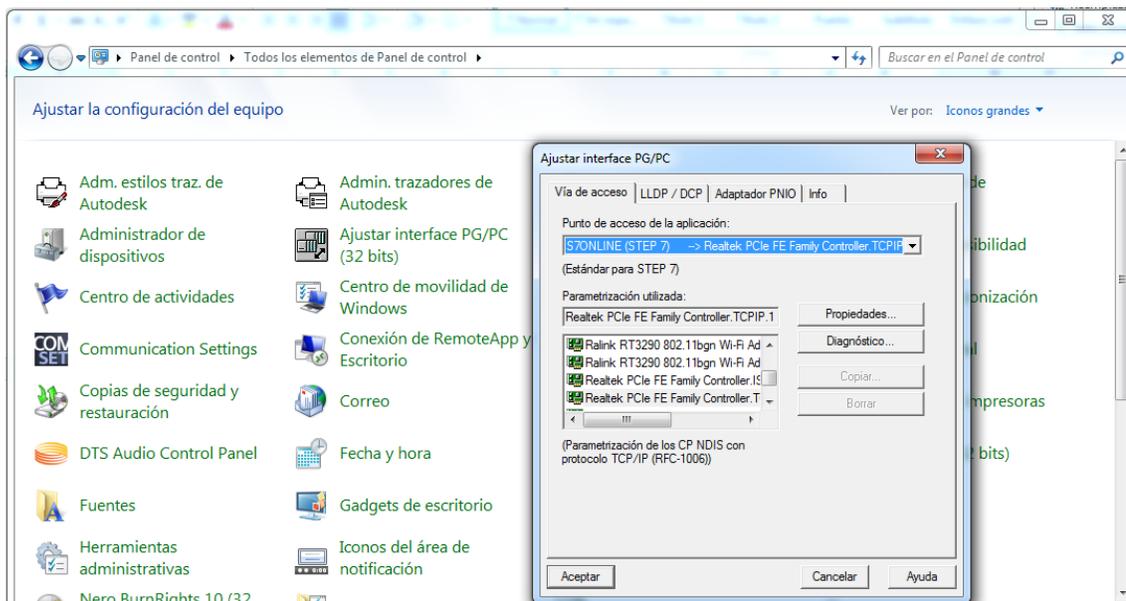


Figura 57 Selección de la interface PG/PC.

b. Configuración del TIA V13 para el reconocimiento sistema PC WinCC RT Advanced

Al agregar el sistema PC WinCC RT Advanced, dar clic en agregar dispositivos, y en la pestaña sistemas PC se selecciona el dispositivo que se conectara con el computador, finalmente aceptar para ver en la pantalla de dispositivos y redes como se indica en la Figura 58.

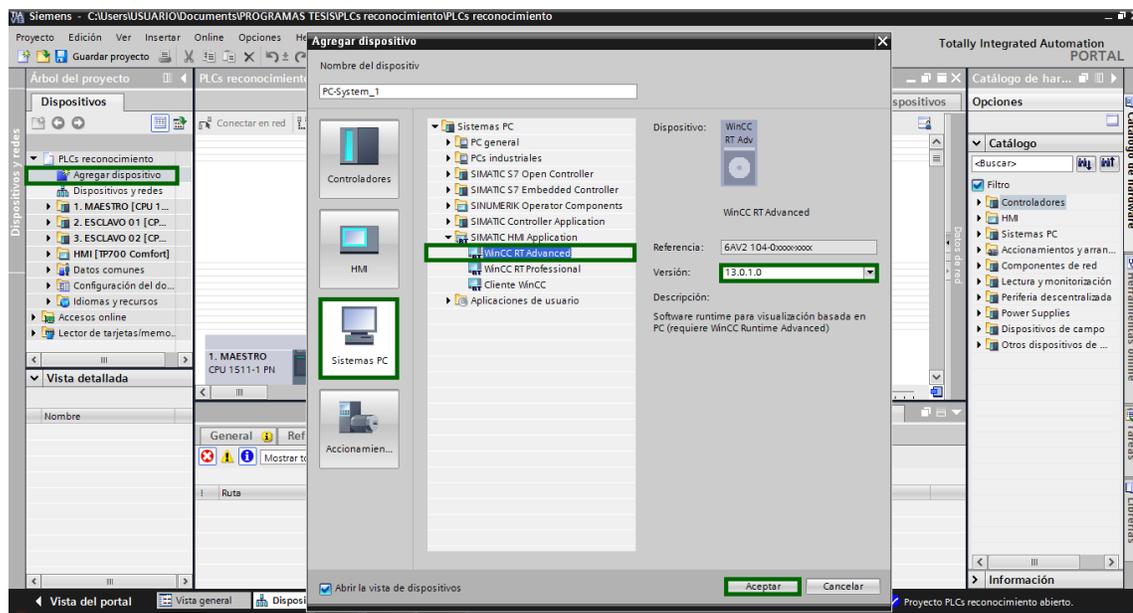


Figura 58 Selección del sistema PC WinCC RT Advanced.

En el reconocimiento de la tarjeta de red conocida como tarjeta Realtek PCIe FE Family Controller.TCPIP.1 del computador es necesario agregar un módulo de comunicación Profinet/Ethernet, se selecciona un módulo IE General, dando clic aparecerá en sistema PC como se muestra en la Figura 59, así podrá comunicarse el sistema PC con el PLC maestro S7 -1500 CPU 1511-1PN.

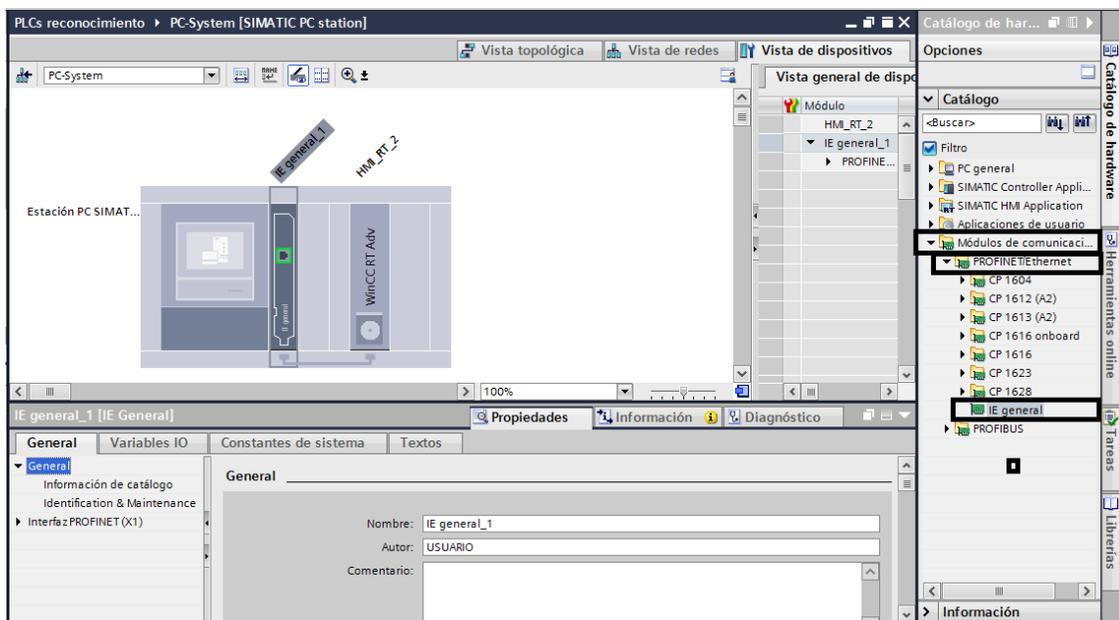


Figura 59 Selección del módulo de comunicación IE general.

Quando se configura el módulo de comunicación, dar clic en el puerto Profinet del módulo luego en dirección Ethernet. Para la dirección IP colocar la dirección que anteriormente se configura en el computador como es visible en la Figura 60.

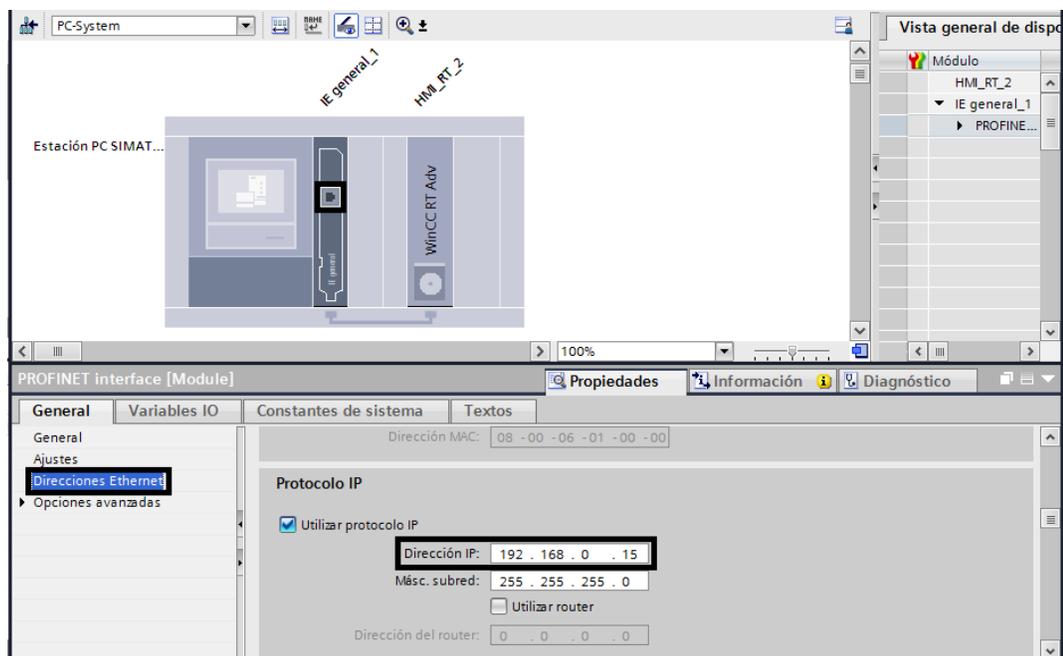


Figura 60 Configuración de la dirección IP del módulo de comunicación Industrial Ethernet general.

Enlazar el sistema PC con el PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN, seguidamente dar clic en dispositivos y redes, para lograr el enlace de los dispositivos dar clic en el puerto Profinet del sistema PC y mediante el mouse se une con el puerto Profinet del controlador y automáticamente se crea una red PN/IE_1 como se enseña en la Figura 61, esto indica que el PC esta enlazado con el controlador y permitirá su control a través se del computador.

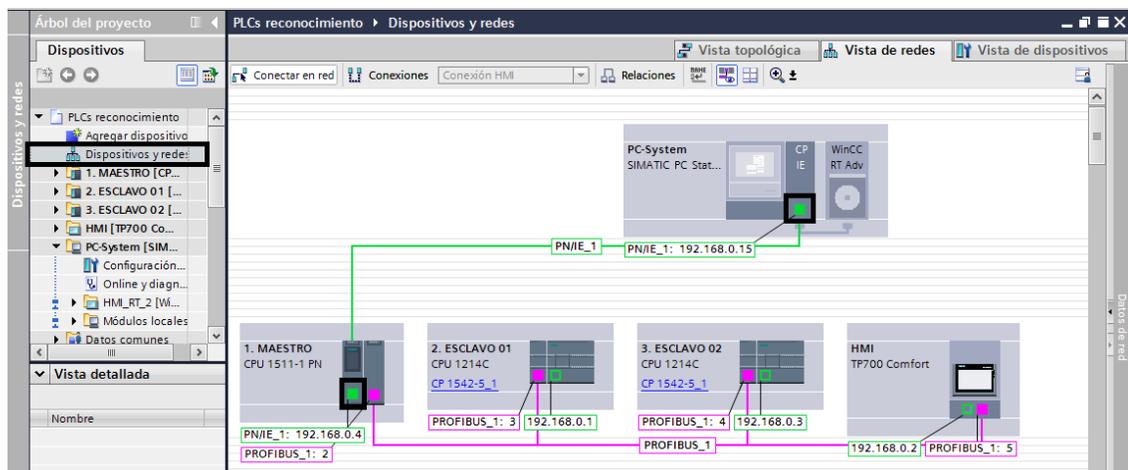


Figura 61 Red PN/IE entre el sistema PC y el PLC S7-1500 1511-1 PN.

4.3 Programación en TIA PORTAL para aplicación en hidráulica proporcional.

Tomar en cuenta para la programación el área de transferencia del maestro (S7-1500 CPU 1511-1 PN) hacia el esclavo número 1 (S7-1200 CPU 1214DC/DC/DC) que esta descrita en la Figura 51, y la del esclavo 2 descrita en la Figura número 52, para que no exista un conflicto con las direcciones al momento de la programación.

4.3.1 Envío de datos Booleanos hacia los esclavos 1 y 2 por la red PROFIBUS DP

Para el envío de datos booleanos del PLC maestro PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214DC/DC/DC es necesario ver el área de transferencia del controlador a la cual se va a enviar los datos, la Figura 62, enseña

el envío de datos booleanos para el encendido y apagado del grupo hidráulico, cuya programación se hace en bloque de programación del Maestro.

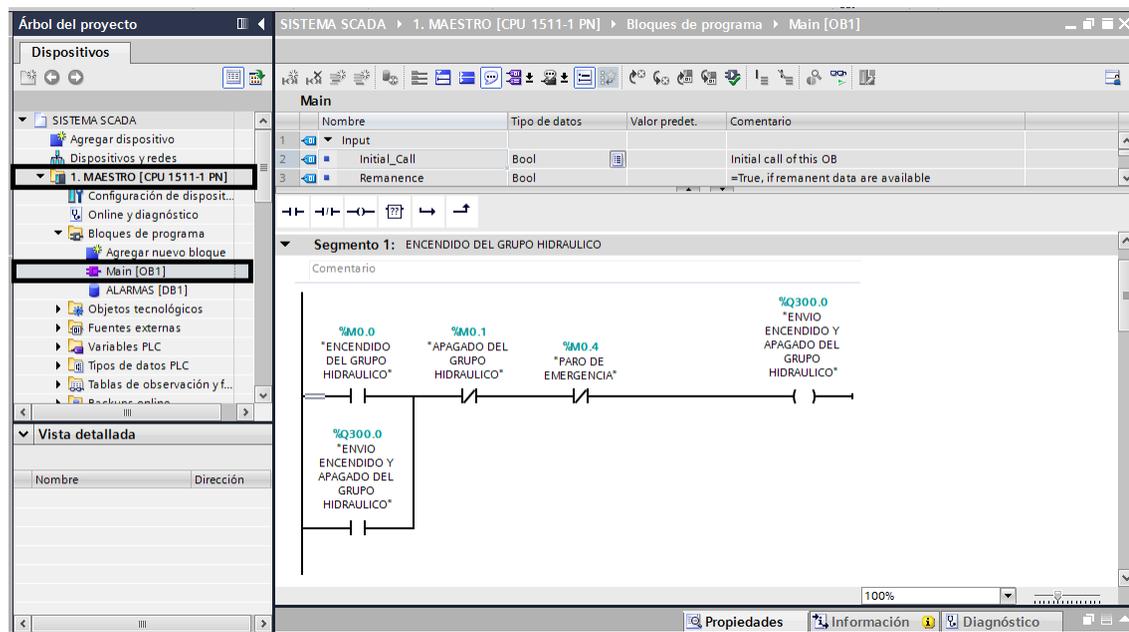


Figura 62 Envío de datos booleanos para el encendido y apagado del grupo hidráulico desde el maestro PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214DC/DC/DC.

En recepción de datos en el esclavo S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC se usa un contacto normalmente abierto con la dirección establecida en la área de transferencia de la Figura 52., en el bloque de programa del el esclavo S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC que activara las salidas que se hayan puesto en el programa como se muestra en la Figura 63.

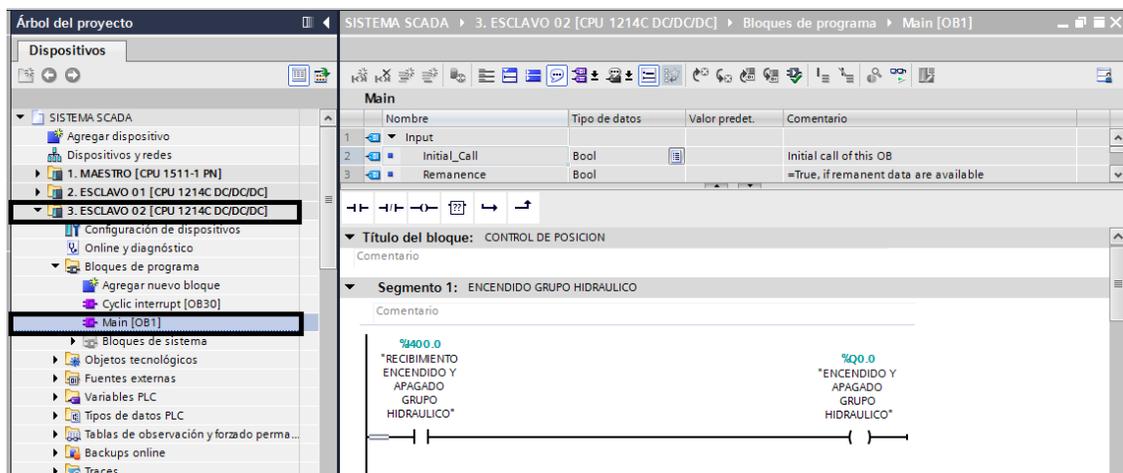


Figura 63 Recepción de datos booleanos para el encendido y apagado del grupo hidráulico enviados desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC.

Se envía diferentes datos booleanos para el proceso con hidráulica proporcional por lo que se realiza una tabla para la descripción de transmisión de datos. En la Tabla 10, se detalla todos los datos enviados hacia los esclavos S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC por parte del maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN.

Tabla 10.

Transmisión de datos booleanos

TRANSMISIÓN DE DATOS BOOLEANOS (BOOL)			
NOMBRE DE LA VARIABLE	DIRECCIÓN	NOMBRE DE LA VARIABLE	DIRECCIÓN
Maestro S7 1500 → Esclavo control de presión S7 1200			
ENVIO ENCENDIDO Y APAGADO DEL GRUPO HIDRAULICO	%Q300.0	RECIBIMIENTO ENCENDIDO Y APAGADO GRUPO HIDRAULICO	%I400.0
ENVIO ENCENDIDO Y APAGADO BOMBA HIDRAULICA	%Q300.1	RECIBIMIENTO ENCENDIDO Y APAGADO BOMBA HIDRAULICA	%I400.1

CONTINÚA



Esclavo control de posición S7 1200 → Maestro S7 1500			
ENVIO ACTIVACION VALVULA PROPORCIONAL	%Q10.0	RECIBIMIENTO ACTIVACION VALVULA PROPORCIONAL	%I208.0

4.3.2 Envío de datos enteros (INT) y reales (REAL) hacia los esclavos 1 y 2 S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC por la red PROFIBUS DP

Transferir datos enteros y reales en el MAIN OB1 del maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN, se programa una instrucción MOVE visible en la Figura 64, para enviar datos hacia los esclavos S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC y realizar la aplicación en hidráulica proporcional. Se debe tener en cuenta que los datos enteros ocupan 2 Bytes de memoria y los datos reales consta de 4 Bytes de memoria dicho esto las direcciones de envío deben ser de acuerdo a este espacio de memoria.

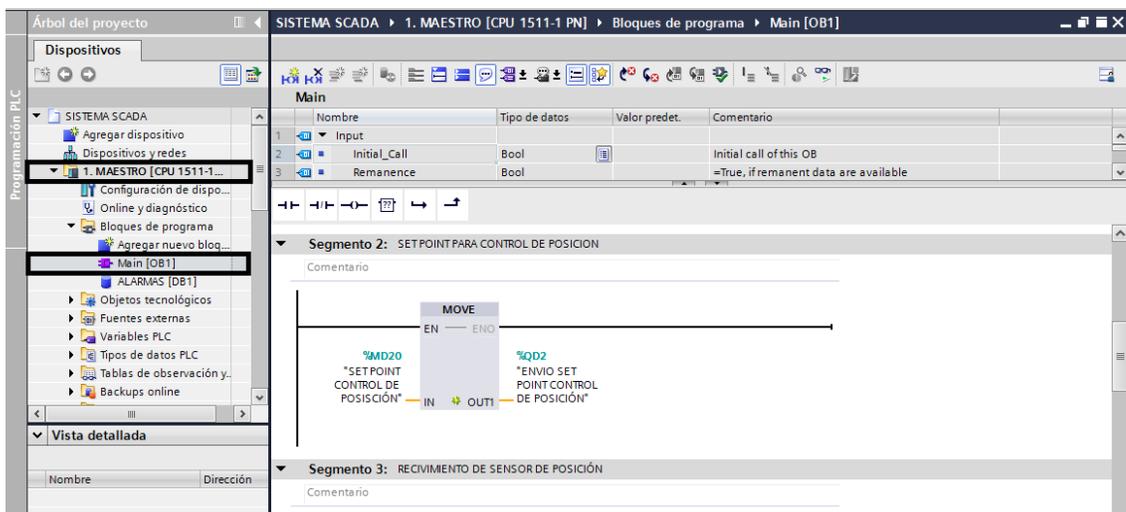


Figura 64 Envío del dato real para el control de posición desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC.

Para recibir el dato enviado por parte del maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN en el esclavo S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC también se utiliza la instrucción MOVE para almacenar los datos recibidos en un espacio de memoria y poder

trabajar en procesos con hidráulica proporcional en los esclavos S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC como control de posición y control de presión. La Figura 65, describe este proceso de recepción del dato real enviado desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC.

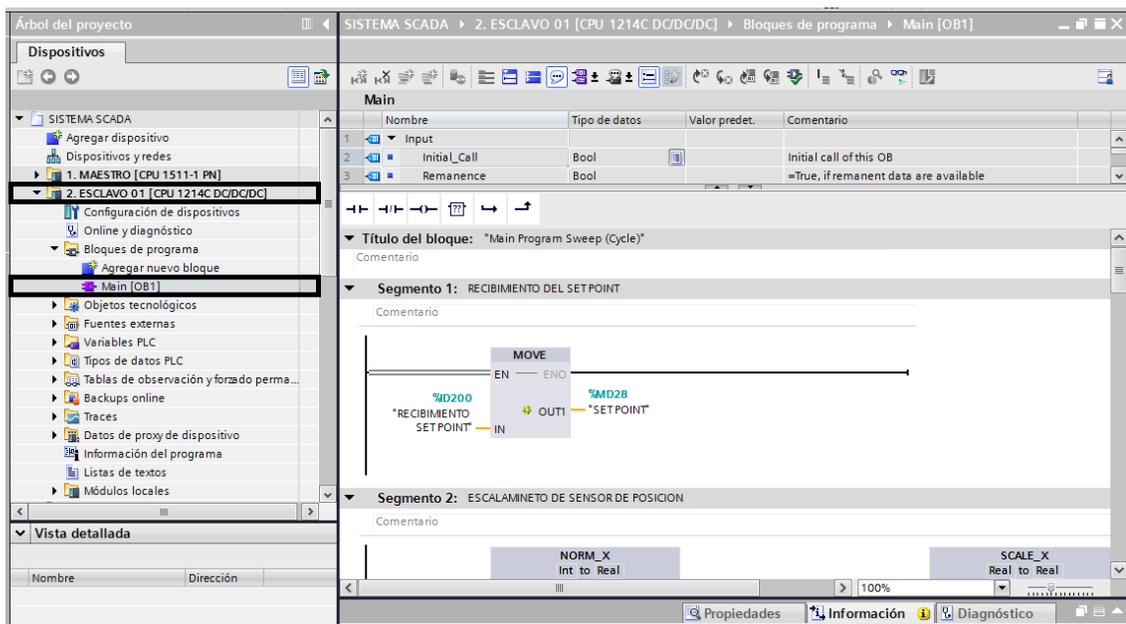


Figura 65 Recepción del dato real para el control de posición enviado desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214 DC/DC/DC.

En el envío de datos desde el esclavo S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC hacia y el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN se realiza el mismo proceso tomando en cuenta el área de transferencia descrita en las Figuras 51 y 52 dependiendo del esclavo que se envíe la información hacia el maestro.

La Tabla 11, muestra todos los datos enviados desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia los esclavos S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC y viceversa para el control de posición y presión en procesos con hidráulica proporcional.

Tabla 11.

Transmisión de datos enteros y reales

TRANSMISIÓN DE DATOS ENTEROS (INT)			
NOMBRE DE LA VARIABE	DIRECCIÓN	NOMBRE DE LA VARIABE	DIRECCIÓN
Esclavo control de posición S7 1200 → Maestro S7 1500			
ENVIO PARA MOVIMIENTO DE PISTON	%QW6	RECIBIMIENTO PARA MOVIMIENTO DE PISTON	%IW204
TRANSMISIÓN DE DATOS REALES (REAL)			
NOMBRE DE LA VARIABE	DIRECCIÓN	NOMBRE DE LA VARIABE	DIRECCIÓN
Maestro S7 1500 → Esclavo control de posición S7 1200			
ENVIO SET POINT CONTROL DE POSICIÓN	%QD2	RECIBIMIENTO SET POINT	%ID200
Maestro S7 1500 → Esclavo control de presión S7 1200			
ENVIO SET POINT CONTROL DE PRESIÓN	%QD302	RECIBIMIENTO SET POINT	%ID402
Esclavo control de posición S7 1200 → Maestro S7 1500			
ENVIO DE SENSOR DE POSICIÓN	%QD2	RECIBIMIENTO DE SENSOR DE POSICIÓN	%ID200
Esclavo control de presión S7 1200 → Maestro S7 1500			

CONTINÚA



ENVIO DE DATOS SENSOR DE PRESIÓN	%QD400	RECIBIMIENTO DE DATOS SENSOR DE PRESIÓN	%ID300
ENVIO DE SALIDA EN VOLTAJE	%QD404	DATOS RECIBIDOS EN VOLTAJE	%ID304
ENVIO DE SALIDA EN CORRIENTE	%QD408	DATOS RECIBIDOS EN CORRIENTE	%ID308

La programación para el proceso de control de posición y presión mediante hidráulica proporcional se encuentra en el **Anexo D**.

4.4 Programación del SCADA en WINCC RT Advanced para el control, monitoreo y adquisición de datos aplicado a hidráulica proporcional

El sistema SCADA a implementar permitirá realizar el proceso de control de variables como son presión y posición, con el monitoreo de estas a través de visores de curvas, campos de entrada-salida y pantallas que se pueden plasmar en imágenes de WinCC RT Advanced. También se consigue realizar un sistema de adquisición de datos de las variables que se logra controlar y a la vez exportar ya sea como un archivo CSV o TXT convirtiéndose en históricos del proceso programado. El WinCC RT Advanced proporciona un visor de alarmas y avisos en casos de activación de errores en el proceso que se puede visualizar en pantalla y realizar un informe de todas las fallas ocasionadas en el sistema.

4.4.1 Imágenes para el control de posición y presión mediante hidráulica proporcional

En la pantalla de control de procesos del sistema PC como muestra la Figura 66, se puede realizar varias imágenes para el control de variables como son presión y posición. Mediante botones se puede controlar variables booleanas que realicen un proceso específico en el programa. Los campos de entrada salida permiten controlar y visualizar variables analógicas y escribir un dato que controlara un proceso específico. Las imágenes constan de controles donde

existe visualizadores de curvas para poder monitorear una variable analógica en tiempo real y ver sus cambios mediante se realiza el proceso.

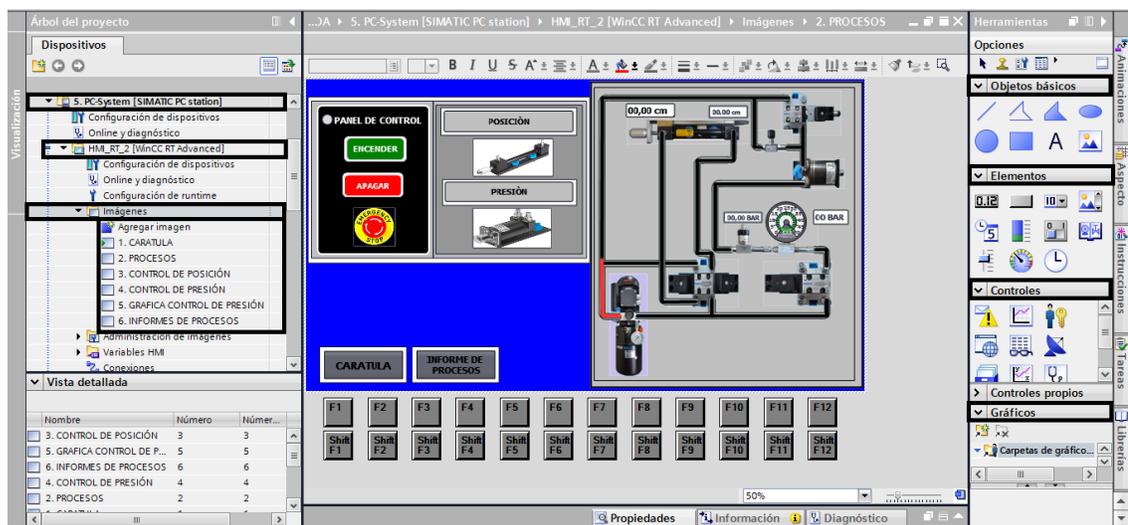


Figura 66 imágenes para el control de posición y presión mediante hidráulica proporcional.

4.4.2 Ficheros para la generación de archivos de adquisición de datos para el monitoreo de las variables de posición y presión.

La adquisición de datos históricos mediante ficheros en el sistema PC primero seleccionar ficheros como se indica en la Figura 67, Se crea dos ficheros para las variables que están siendo controladas que son posición en ficheros de variables. En ubicación seleccionar el tipo de archivo de cómo se quiere generar la base de datos, dar clic en un archivo CSV para generar una tabla en Excel. El número de registro que se tomó son 3600 para poder realizar registros diarios de un segundo (1s) para las 2 variables. En ruta elegir donde se prefiere guardar los archivos para poder visualizar los datos guardados. La activación de archivación al iniciar Runtime se desactiva para poder hacer un control por pantalla del inicio y el fin de la archivación de datos.

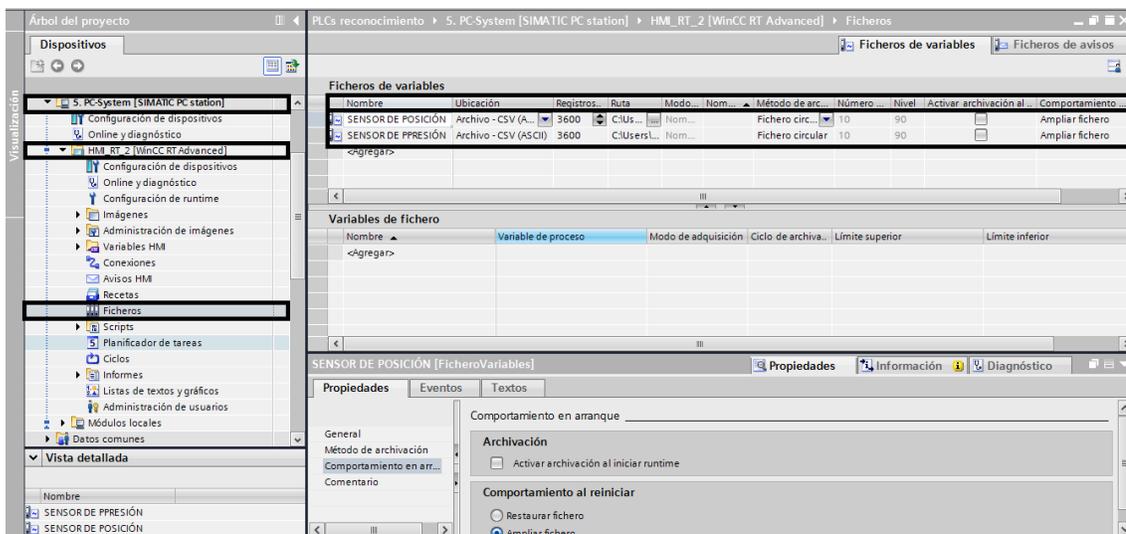


Figura 67 imágenes para el control de posición y presión mediante hidráulica proporcional.

En la selección de la variable que contenga el fichero Para seleccionar la variable que contenga el fichero, en variables de fichero se crea una variable, para seleccionar la variable del PLC en variables de procesos se busca en la lista de variables la que corresponda a este fichero. En ciclo de archivación se selecciona un segundo para que coincida con los 3600 registros para tener una archivación diaria de la variable controlada en la Figura 68, y la Figura 69, se ven la configuración de las 2 variables de los ficheros creados.

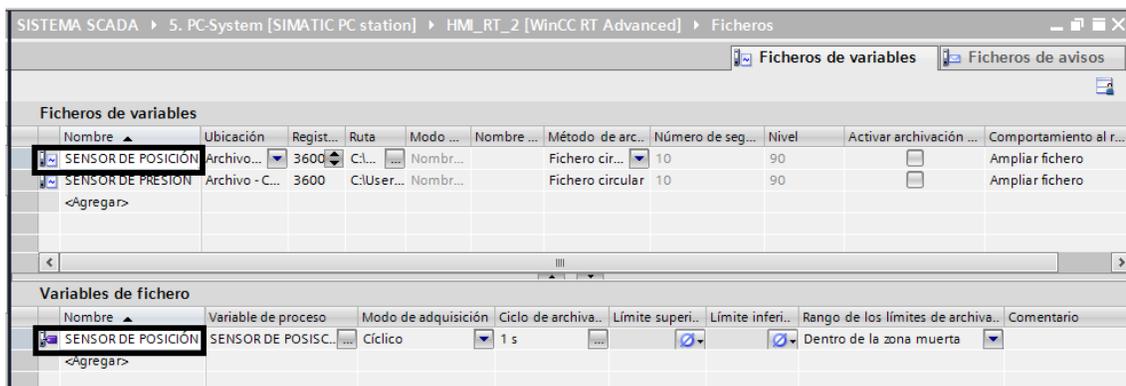


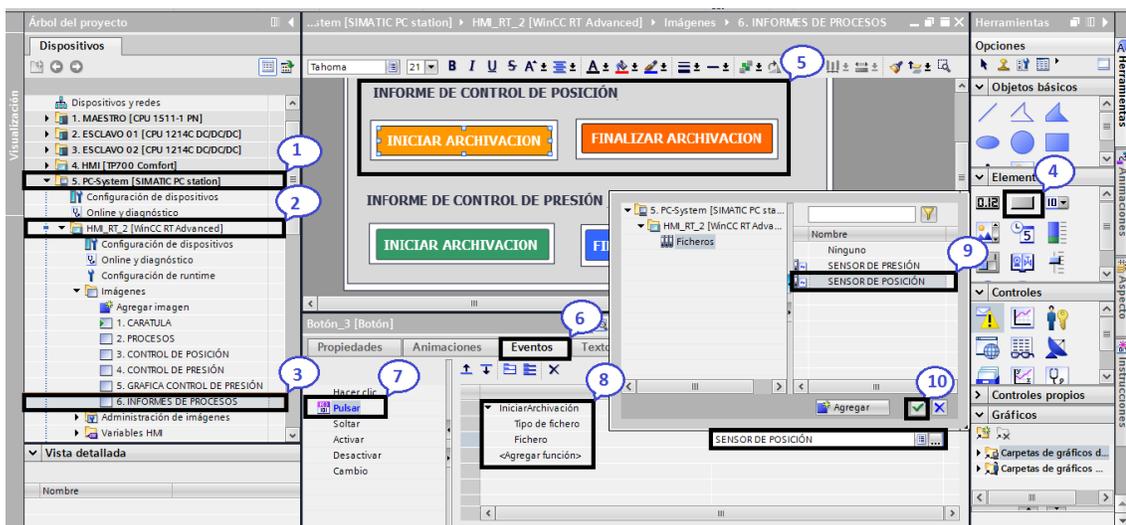
Figura 68 Creación y configuración de variables de fichero para almacenar datos de posición.

Ficheros de variables										
Nombre	Ubicación	Regist...	Ruta	Modo ...	Nombre ...	Método de arc...	Número de seg...	Nivel	Activar archivación ...	Comportamiento al r...
SENSOR DE POSICIÓN	Archivo - C...	3600	C:\User...	Nombr...		Fichero circular	10	90	<input type="checkbox"/>	Ampliar fichero
SENSOR DE PRESIÓN	Archivo...	3600	C:\...	Nombr...		Fichero cir...	10	90	<input type="checkbox"/>	Ampliar fichero
<Agregar>										

Variables de fichero							
Nombre	Variable de proceso	Modo de adquisición	Ciclo de archiva...	Límite superi...	Límite inferi...	Rango de los límites de archiva...	Comentario
SENSOR DE PRESIÓN	SENSOR DE PRESIÓN	Cíclico	1 s	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dentro de la zona muerta	
<Agregar>							

Figura 69 Creación y configuración de variables de fichero para almacenar datos de presión.

Se crean botones para iniciar y finalizar la archivación en una imagen, y en la pestaña eventos en la opción pulsar agregar una función en ficheros que indica iniciar archivación, para otro botón se hace lo descrito anteriormente pero selecciona parar archivación. Para la selección del fichero aparecen los dos ficheros creados anteriormente y seleccionar el fichero, el cual iniciara o finalizara la archivación dependiendo del botón seleccionado. La Figura 70, indica los pasos a seguir para la creación de botones de archivación.



1. Selección del sistema PC WinCC RT Advanced.
2. HMI del sistema PC WinCC RT Advanced.
3. Imagen de informe de procesos creada.
4. Botones para el inicio y el paro de la archivación.
5. Creación de botones en la pantalla HMI.
6. Eventos que va a realizar el botón creado.

7. Acción con la que se activa el evento del botón.
8. Selección de la función que va a realizar el botón para el iniciar y parar la archivación.
9. Selección del fichero al cual se va realizar el inicio y paro de archivación.
10. Confirmación del fichero seleccionado.

Figura 70 Creación y configuración de variables de fichero para almacenar datos de presión.

4.4.3 Avisos para la generación de alarmas de errores para el monitoreo de las variables de posición y presión.

El monitoreo de variables en el WINCC RT ADVANCED consta de dos tipos de avisos en HMI que son los avisos de bit y sirven para mostrar en pantalla avisos booleanos como la activación de paros de emergencia, entre otros elementos de protección para el proceso que contengan este tipo de avisos. Existen avisos analógicos para mostrar en pantalla, en el caso del proceso de presión que se está realizando poder indicar bajas de presión y presiones altas, a la vez avisos de alarmas al detectar un fallo en el proceso y la pronta verificación de las causantes.

a. Avisos de bit por activación de variables booleanas en el sistema PC WINCC RT ADVANCED.

Inicialmente se crea un bloque de datos en los bloques de programa del maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN ya que aquí se encuentra programado el paro de emergencia que al momento de ser activado apagará todo el sistema, se coloca un nombre al bloque y en tipo seleccionar un DB GLOBAL (bloque de datos globales) y finalmente clic en aceptar como se muestra en la Figura 71.

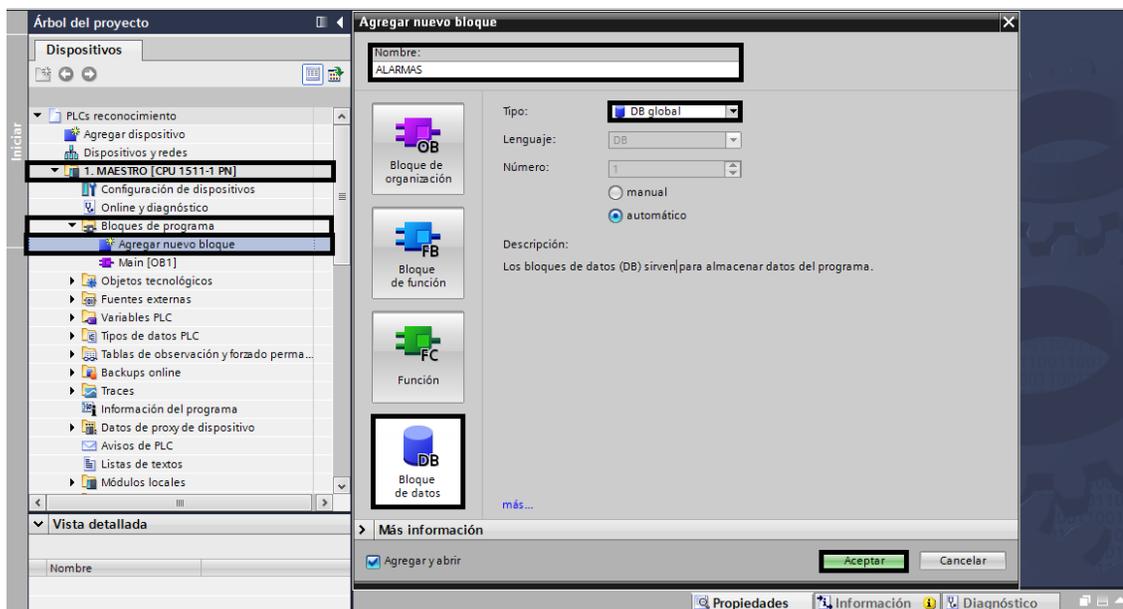


Figura 71 Creación de un bloque de datos para avisos de bit.

En el bloque de datos de alarmas se crea un dato de tipo booleano que será la activación de un paro de emergencia como se muestra en la Figura 72.

ALARMAS								
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Visible en ..	Valor de a..	Comentario
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	PARO DE EMERGENCIA	Bool	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	<Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 72 Datos booleano para avisos de bit.

El paro de emergencia es un contacto cerrado, pero para que al momento de mandar la señal de paro de emergencia mediante HMI es necesario que sea abierto y active la señal en pantalla, el resto de paros de emergencia deben ser contactos cerrados. Se requiere activar un bit de datos por lo que se selecciona el dato creado que se muestra en la Figura 73, Esta programación se crea en el MAIN del maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN.

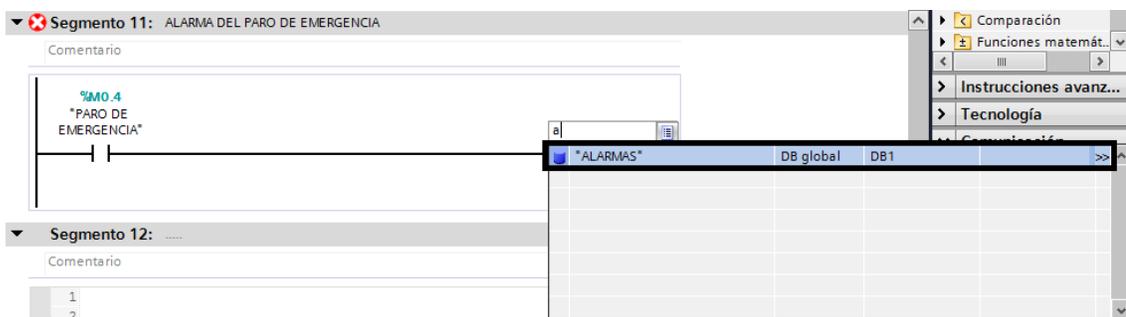


Figura 73 Selección de la alarma en el bloque de datos creado.

En propiedades del bloque de datos de alarmas se necesita desmarcar en la pestaña atributos el acceso optimizado al bloque para obtener las direcciones absolutas del dato booleano creado para el paro de emergencia este proceso se indica en la Figura 74.

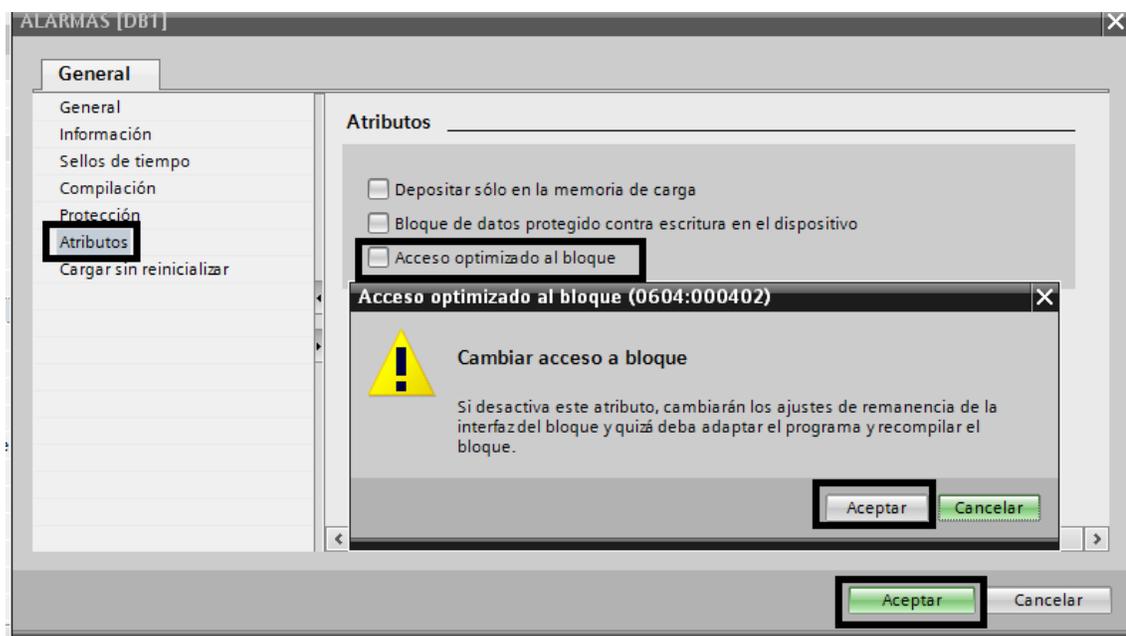


Figura 74 Acceso a direcciones absolutas del bloque de datos de alarmas.

Para visualizar la dirección absoluta de la variable creado en el bloque de datos se compila el Main del PLC maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN y aparecerá la dirección que tiene la variable que es el paro de emergencia como se visualiza en la Figura 75.

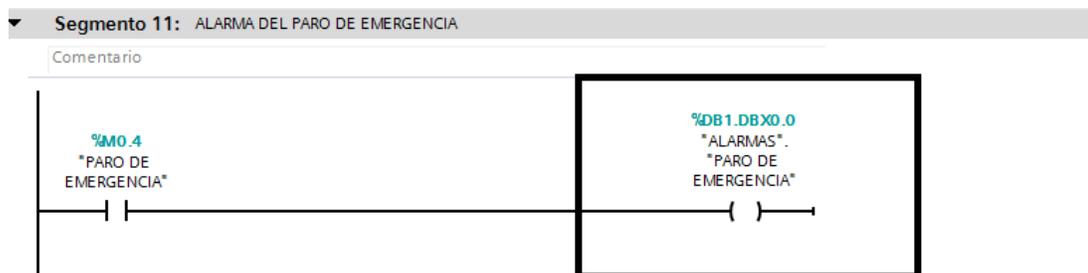


Figura 75 Dirección absoluta de la variable creada en paros de emergencia.

En el sistema PC en avisos de HMI se agrega un Aviso de Bit, en texto de aviso colocar lo que se quiere ver en la pantalla cuando se active este bit, en categoría escoger la opción ERRORS porque un paro de emergencia se activa cuando un sistema está fallando, por lo que solicita inmediatamente el paro del proceso. La Figura 76, muestra el proceso para agregar un aviso de bit.

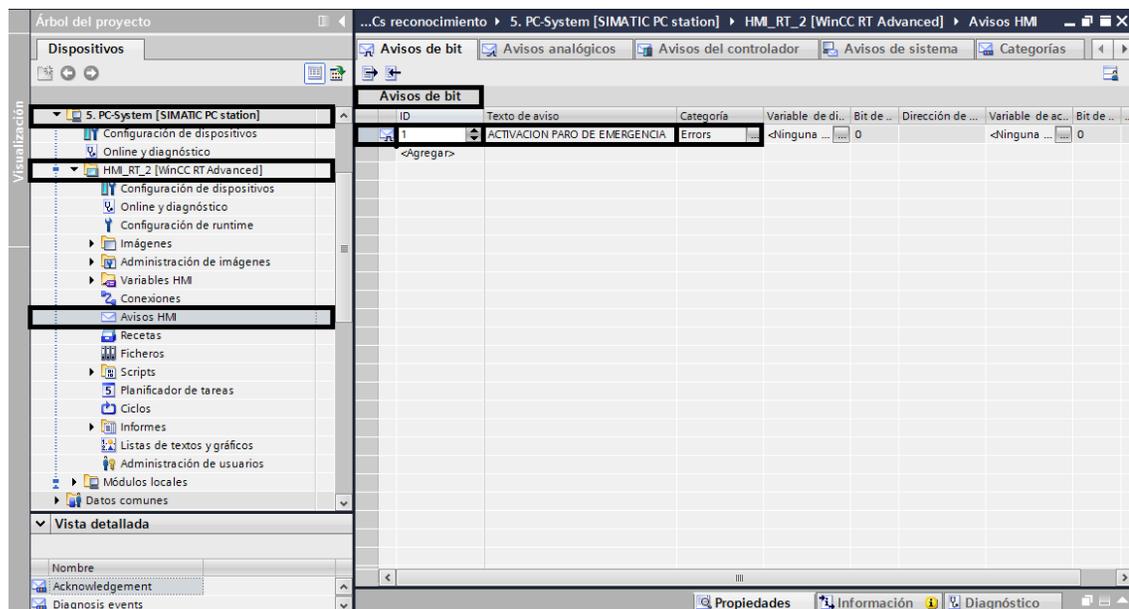
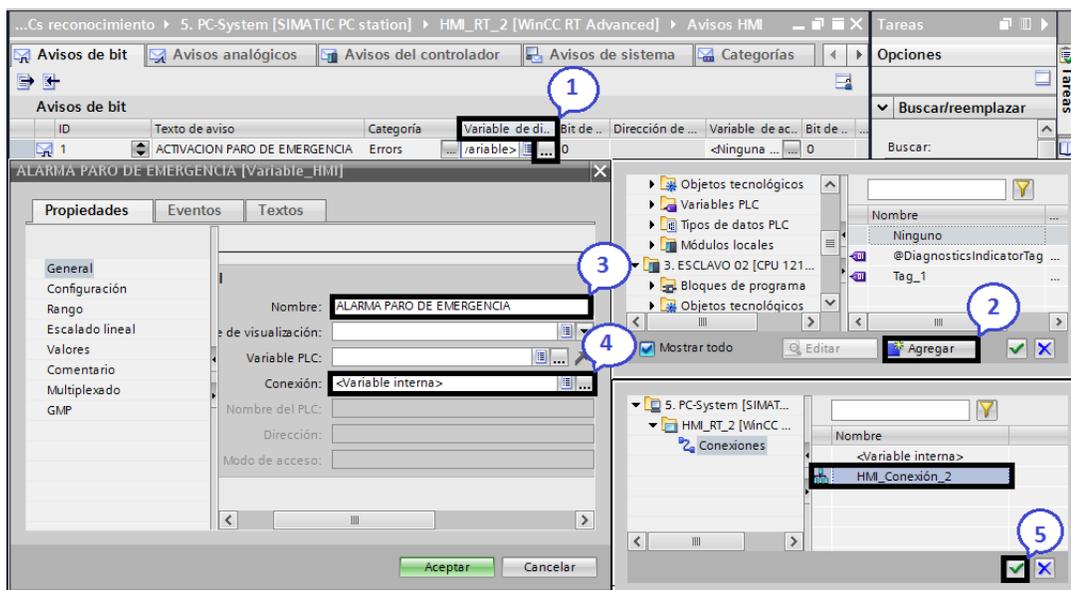


Figura 76 Agregar un aviso de bit para un paro de emergencia.

Cuando se requiera la variable de disparo es necesario agregar una nueva variable, seguido de esto dar clic en agregar y en la pantalla de configuraciones de la variable colocar un nombre a la variable que se está agregando, y en conexión seleccionar la conexión HMI_Conexión 2 perteneciente al sistema PC WINCC RT Advanced, la conexión HMI_Conexión 1 e la conexión pertenece a

la pantalla CONFORT TP 700 estas configuraciones se enumeran en la Figura 77.



1. Desplegar listas de variables de disparo.
2. Agregar una nueva variable para el disparo del aviso HMI.
3. Nombre de la variable de disparo.
4. Conexión de la variable de disparo hacia el HMI.
5. Confirmar las configuraciones anteriores.

Figura 77 Configuración de la variable agregada para avisos de bit.

El modo de acceso de la variable debe ser absoluto por lo que se cambia de modo simbolico a modo absoluto y aparecerá en dirección el número de bloque de dato creado para las alarmas que es DB1 y DBW0 que es el número de bit, estos parámetros se indican en la Figura 78, por último se da clic en aceptar.

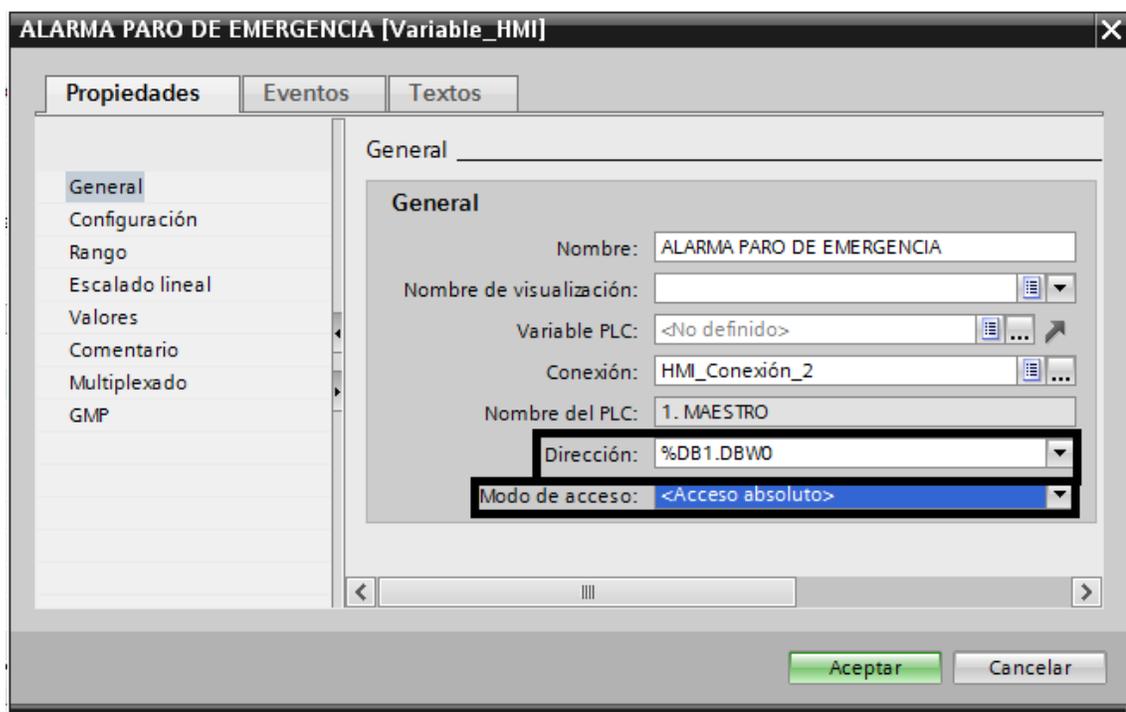


Figura 78 Configuración de la variable agregada para avisos de bit.

El Bit de disparo se selecciona el más bajo posible debido a que en Siemens se reconoce desde el número 8, la dirección de disparo debe coincidir con la dirección de la alarma creada en el bloque de datos que es %DB1.DBX0.0 como se muestra en la Figura 79.

Avisos de bit							
ID	Texto de aviso	Categoría	Variable de di...	Bit de ...	Dirección de ...	Variable de ac...	Bit de ...
1	ACTIVACION PARO DE EMERGENCIA	Errors	ALARMA P...	8	%DB1.DBX0.0	<Ninguna ...	0
<Agregar>							

Figura 79 Selección de la dirección de disparo de la variable creada en el bloque de datos para avisos de bit.

b. Avisos analógicos en el sistema PC WINCC RT ADVANCED.

Los avisos analógicos muestran cuando una señal analógica entra en una zona en donde el sistema pueda fallar, en el proceso de hidráulica proporcional se crea varias alarmas donde se indica si la presión es muy alta, cuando existe sobrecargas al sistema o muy baja cuando hay fugas. Es por eso que crea avisos de categoría Warnings, indica que el sistema está a punto de fallar porque pasó de ser un estado normal a uno en peligro y los avisos de categoría Errors, indica

que el sistema ya falló. En el proceso se simula 4 avisos dos de categoría Warnings que sirven para indicar en el sistema PC presiones altas o bajas y 2 avisos de categoría Errors que indican presiones muy altas o presiones muy bajas. Previamente agregar 4 avisos y colocar el texto de aviso en cada uno de ellos, seleccionar la categoría como se describió anteriormente para los avisos, en valor límite se escribe el valor con el que el aviso va a dispararse, el modo del límite optar por inferior para los avisos de presión baja y superior para los avisos de presión alta. Por último se elige la variable de disparo con la que se va a trabajar directamente desde el PLC maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN como se indica en la Figura 80.

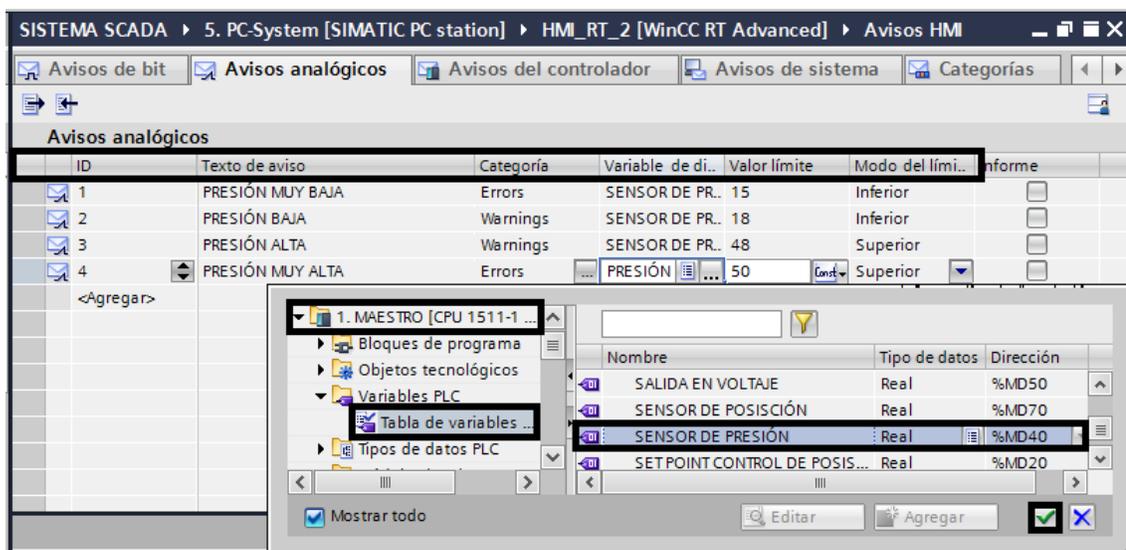


Figura 80 Configuración de avisos analógicos para el monitoreo de presión.

c. Configuración de la ventana de avisos en el sistema PC WINCC RT ADVANCED.

Si se quiere indicar los avisos agregados en pantalla cuando ocurra uno de estos en administración de imágenes del sistema PC WinCC RT Advanced elegir la imagen general, agregar una ventana de avisos y un indicador de avisos que permitirá verificar la falla que se presenta en el sistema como se muestra en la Figura 81.

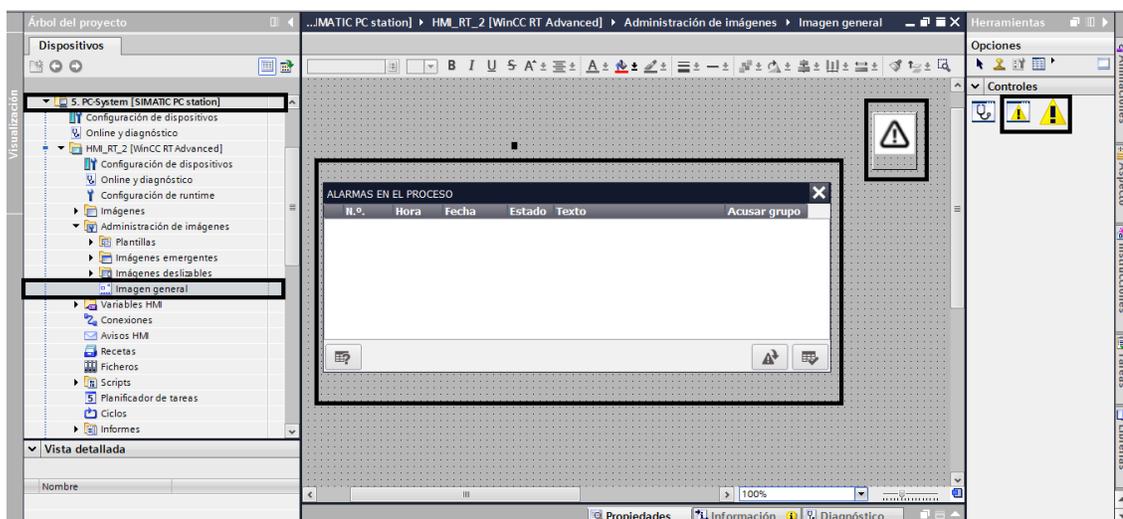


Figura 81 Configuración de la ventana de avisos y el indicador de avisos.

En la configuración del indicador de avisos, dar clic en el botón y en propiedades seleccionar la categoría de aviso que se pretende mostrar en pantalla que son de categoría Warnings, Errors y en la pestaña eventos agregar una función para que al momento de hacer clic en el indicador de avisos se despliegue la ventana de avisos e indique en el sistema PC la falla que está ocurriendo en el sistema como se indica en la Figura 82, y la Figura 83.

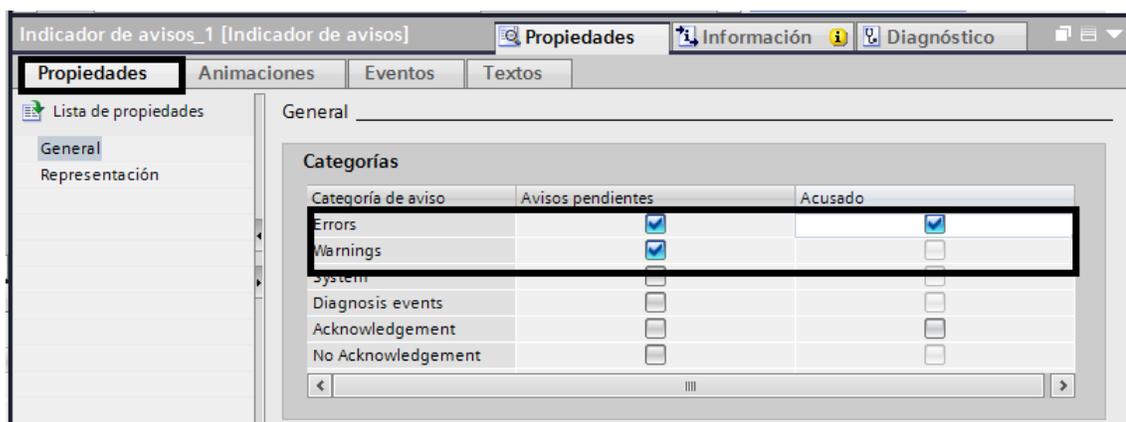


Figura 82 Selección de la categoría de aviso que desplegara el botón aviso.

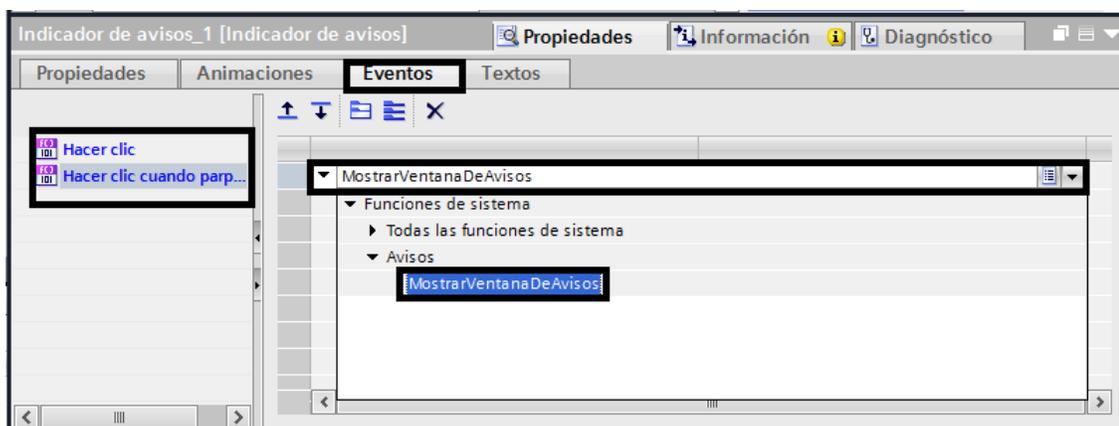


Figura 83 Función al hacer clic el indicador de avisos.

d. Informe de alarmas en el sistema PC WINCC RT ADVANCE.

Se crea informe de avisos si se requiere visualizar el tipo de alarma ocurrida y la hora en que esta ocurrió por lo que en el sistema PC WinCC RT Advanced se agrega un nuevo informe de alarmas. En el encabezado se escribirá un logotipo para identificar la institución en la que se encuentra trabajando, sucesivamente se arrastra un informe de aviso hacia el formato, este indicara el número de avisos ocurridos y la hora de la falla. La Figura 84 indica la creación de un informe de avisos.

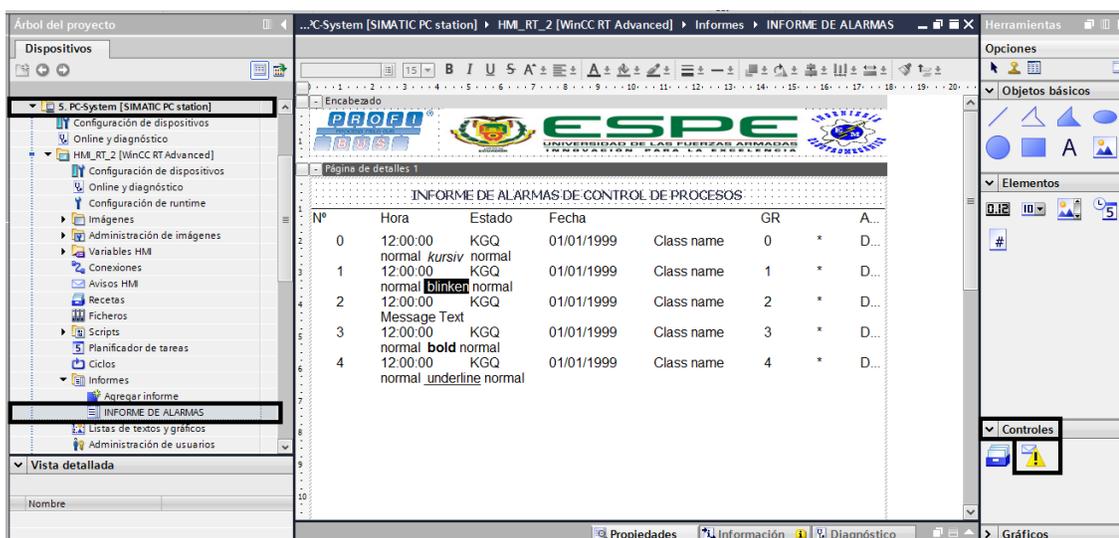
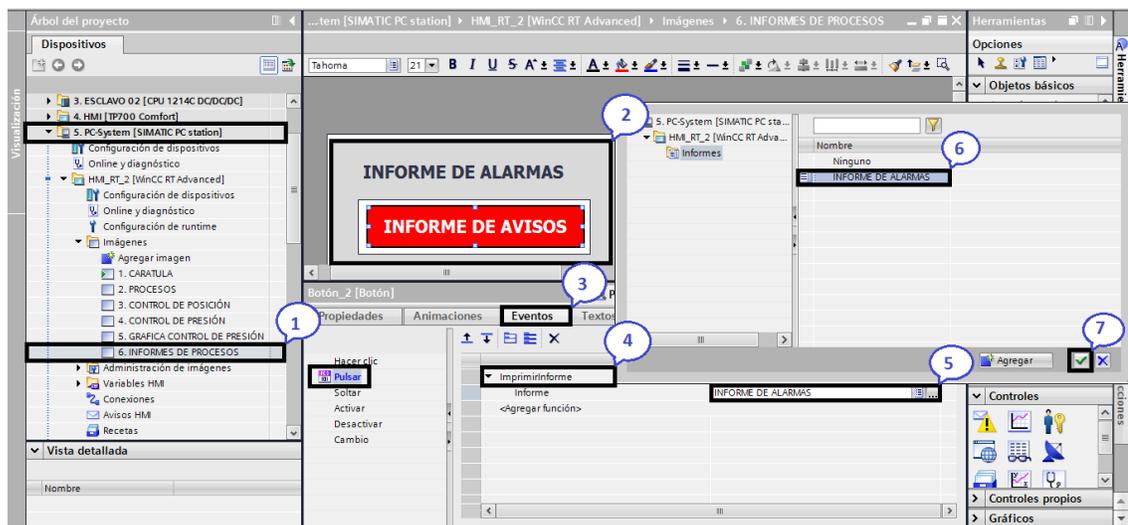


Figura 84 Creación de un informe de alarmas.

En las imágenes del sistema PC WinCC RT Advanced se crea un botón y en la pestaña eventos en la opción pulsar se agrega una función que permita imprimir un informe, al crearse esta función seleccionar el informe de alarmas creado anteriormente como indica en la Figura 85, esto permitirá exportar el informe en un archivo PDF para posteriormente ser visualizado.



1. Selección de la imagen informe de procesos para la creación de botones.
2. Creación de un botón para imprimir el informe de avisos.
3. Evento para el botón creado.
4. Agregar una función al realizar la acción configurada en eventos.
5. Desplegar los informes creados con anterioridad.
6. Selección del informe de alarmas.
7. Confirmar el informe de alarmas seleccionados y finalizar.

Figura 85 Botón para imprimir el informe de alarmas.

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Concluida la implementación, la configuración del módulo PROFIBUS DP y la configuración del sistema SCADA en el sistema PC WinCC RT Advanced, se inicia con la prueba de encendido, funcionamiento de los dispositivos instalados e información obtenida de las variables del SCADA.

5.1 Encendido del módulo Profibus DP

Previamente al configurar los módulos de comunicación energizar el sistema luego verificar que el led de RUN/STOP del módulo de comunicación S7-1500 CP 1542-5 se encuentre de color verde como en la Figura 86, esto indica que el módulo S7-1500 CP 1542-5 se encuentra en el estado operativo RUN y en correcto funcionamiento.

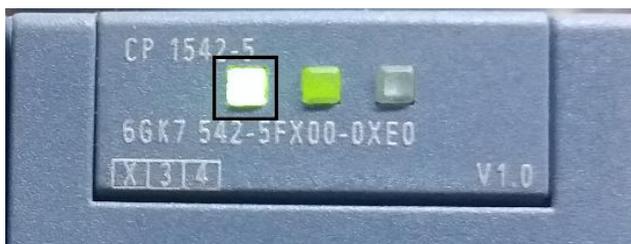


Figura 86 Módulo de configuración S7-1500 CP 1542-5 en estado operativo RUN.

Para verificar el estado del módulo de comunicación S7-1200 CM 1242-5 el led indicador DIAG que se indica en la Figura 87, debe ser de coloración verde esto indica que el modulo está en un modo RUN sin ningún error y la configuración de los módulos es correcta.

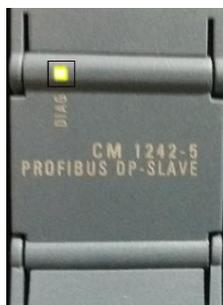


Figura 87 Módulo de configuración S7-1200 CM 1242-5 en estado operativo RUN.

5.2 Pruebas de comunicación de WinCC RT Advanced con los controladores S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC mediante PROFIBUS DP.

En las pruebas de comunicación se requiere visualizar el envío de datos booleanos para el encendido y apagado de salidas digitales y el envío de datos analógicos para el control de las variables de presión y de posición. El envío de datos se realiza desde el sistema PC hacia los controladores S7-1200.

5.2.1 Pruebas de comunicación de WinCC RT Advanced con los controladores S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC para la activación de salidas digitales.

Para la activación de datos booleanos en el panel de control de WinCC Runtime Advanced se da clic en encender para activar el grupo hidráulico que es una salida digital como se indica en la Figura 88.



Figura 88 Panel de control para el encendido y apagado del grupo hidráulico.

Se debe establecer la conexión online a los controladores y dar clic en activar observación para poder ver la transmisión de datos en el MAIN OB1 del controlador y del esclavo. En la Figura 89, indica la transmisión de datos booleanos desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC para el encendido del grupo hidráulico.

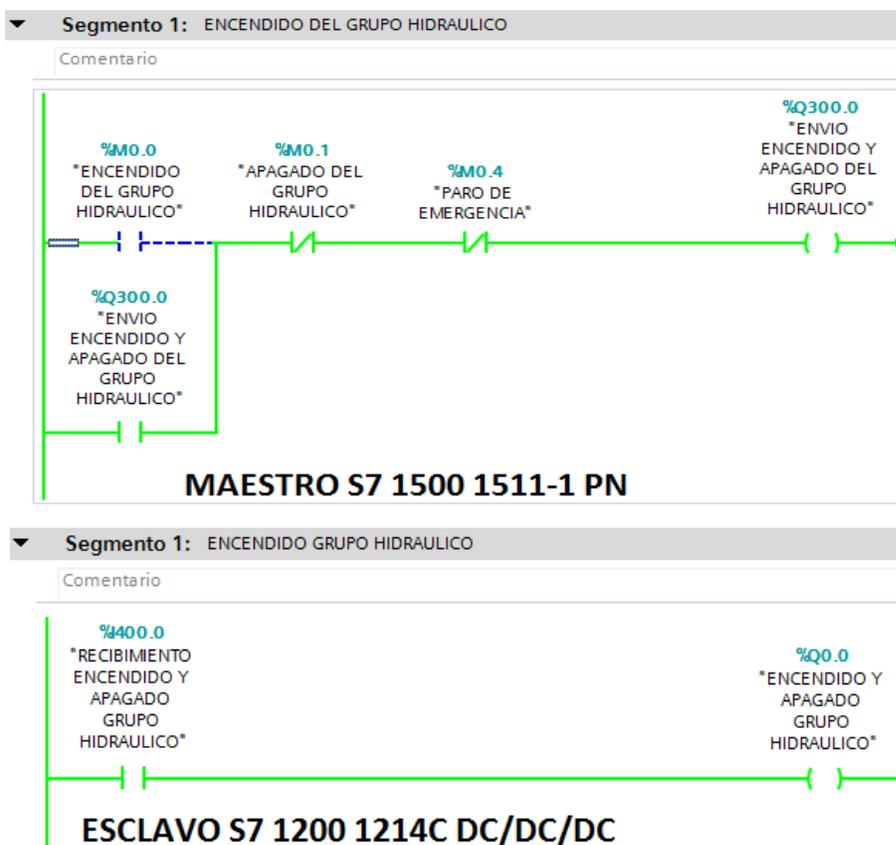


Figura 89 Transmisión de datos booleanos desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.

5.2.2 Pruebas de comunicación de WinCC RT Advanced con los controladores S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC para el envío de set point en el control de posición y presión.

Si se requiere controlar las variables de posición y presión mediante hidráulica proporcional es necesario enviar un Set Point, este dato será enviado por el WinCC RT Advanced hacia el PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC que mediante el programa realizado controlará un elemento de control final y un

sensor enviará un dato hacia el Maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN para indicar que la variable ya se estableció en este Set Point, el mismo que se muestra en la Figura 90, para el control de posición y en la Figura 91, se muestra el Set point para el control de presión.

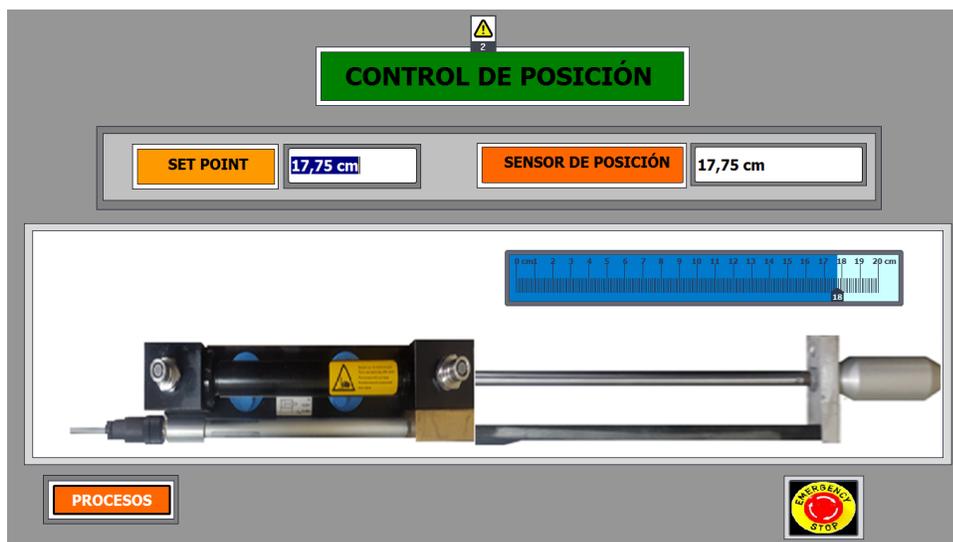


Figura 90 Envío del Set Point para el control de la variable de posición desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.

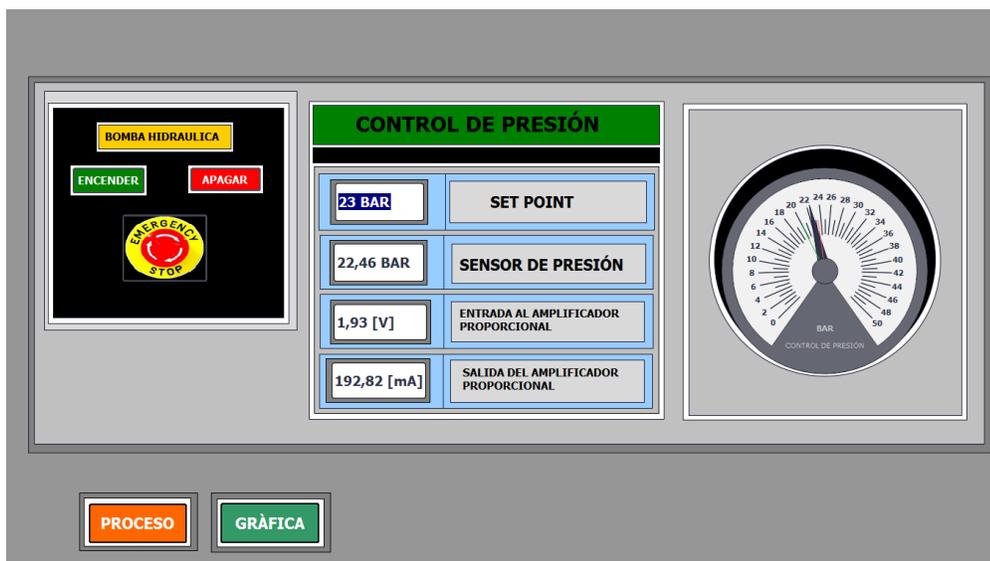


Figura 91 Envío del Set Point para el control de la variable de presión desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.

En la Figura 92, se muestra el envío del set point para el control de posición desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.

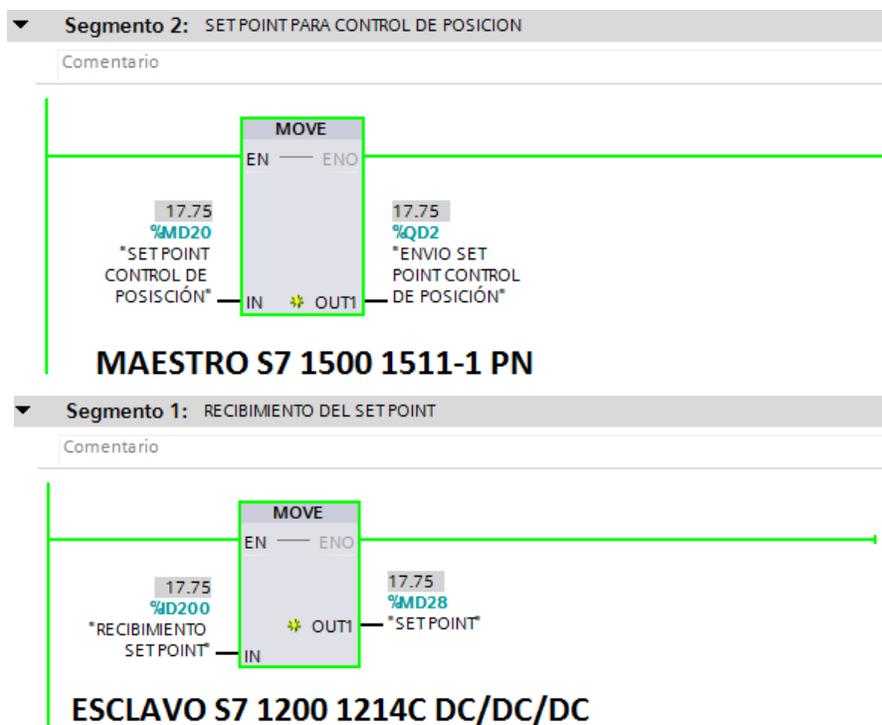


Figura 92 Envío del set point para el control de posición desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.

En la Figura 93, se muestra el envío del set point para el control de presión desde el maestro S7-1500 CPU 1511-1 PN hacia el esclavo S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.

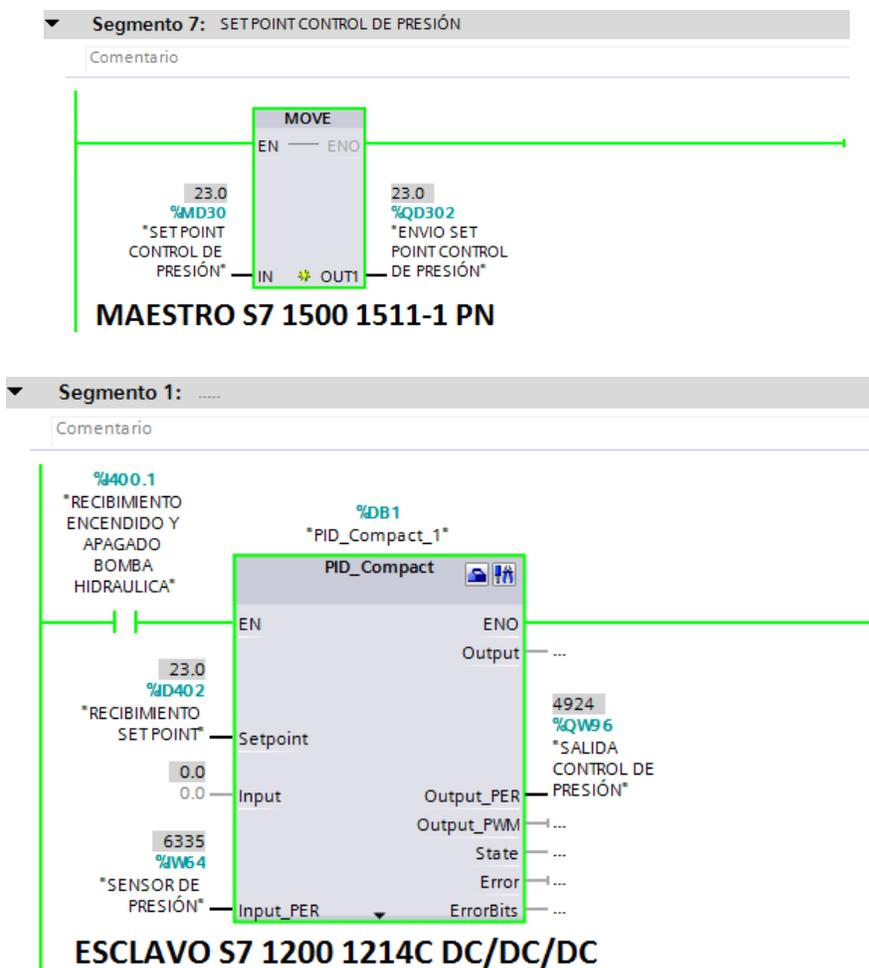


Figura 93 Envío del set point para el control de presión desde el maestro S7 1500 1511-1 PN hacia el esclavo S7 1200 1214C DC/DC/DC.

5.3 Pruebas de generación ficheros para el monitoreo de variables mediante WinCC RT Advance.

En los ficheros se almacena todos los datos de la entrada analógica de presión que envía el esclavo S7-1200 CPU 1214C hacia el maestro S7-1500 CPU 1511-1, por lo que la gráfica de la variable analógica en el sistema Pc WinCC RT Advanced debe ser igual a los datos del archivo CSV creado por el fichero, la Figura 94. Indica la gráfica del sistema PC y la Figura 95, muestra la gráfica creada por los datos almacenados por el fichero.

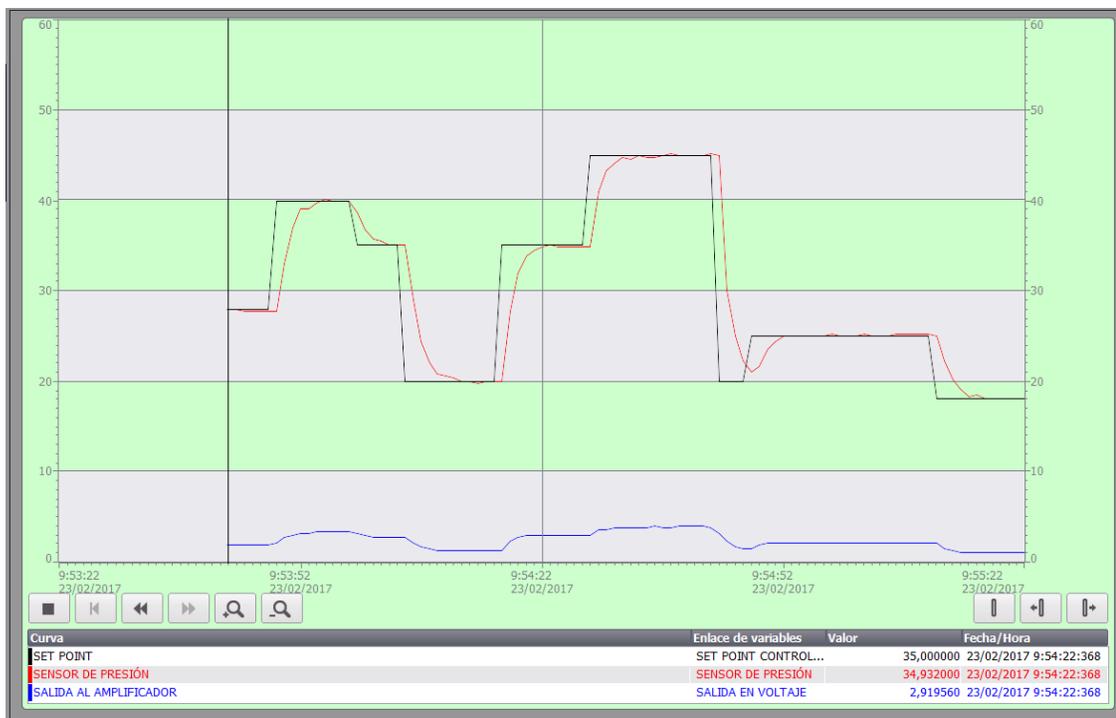


Figura 94 Gráfica del sensor de presión en WinCC RT Advanced.

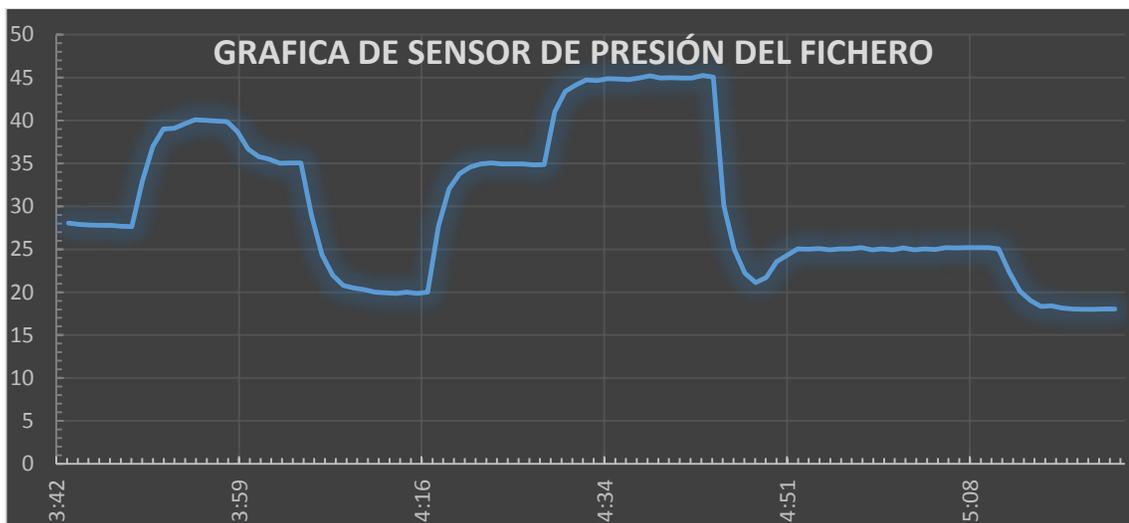


Figura 95 Gráfica del sensor de presión de datos almacenados en archivo EXCEL.

5.4 Pruebas de avisos de bit y avisos analógicos en WinCC RT Advanced y desplegar un informe de avisos.

En las pruebas de avisos de bit se activa el paro de emergencia que existe en la imagen de WinCC RT Advanced que es un aviso tipo Errors deberá desplegarse un aviso mostrando que el paro de emergencia se activó como se muestra en la Figura 96.

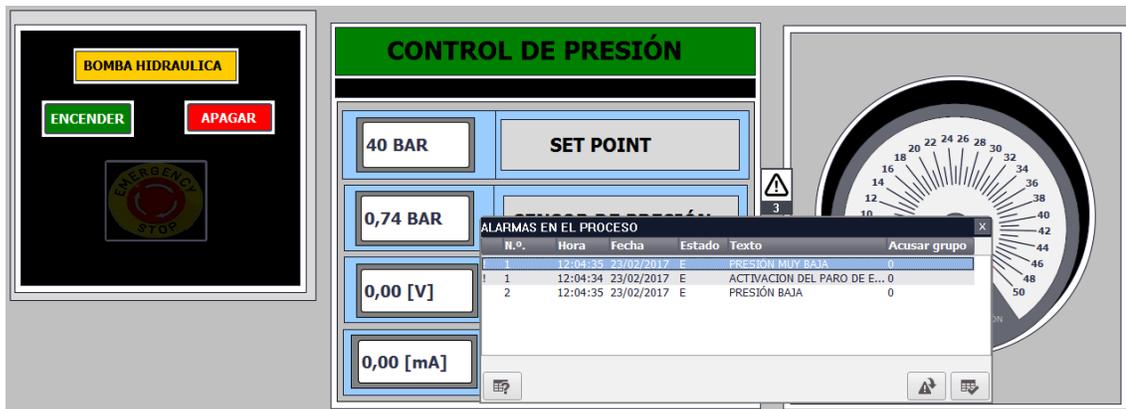


Figura 96 Aviso de bit de paro de emergencia activado

Si se quiere mostrar los avisos analógicos es necesario variar la presión hasta llegar a los valores límites establecidos y se despliega en pantalla los avisos tipos warnings y tipo erros. Las Figuras 97, 98, 99, 100. Indican los avisos de presión creados en avisos de HMI para una señal analógica.

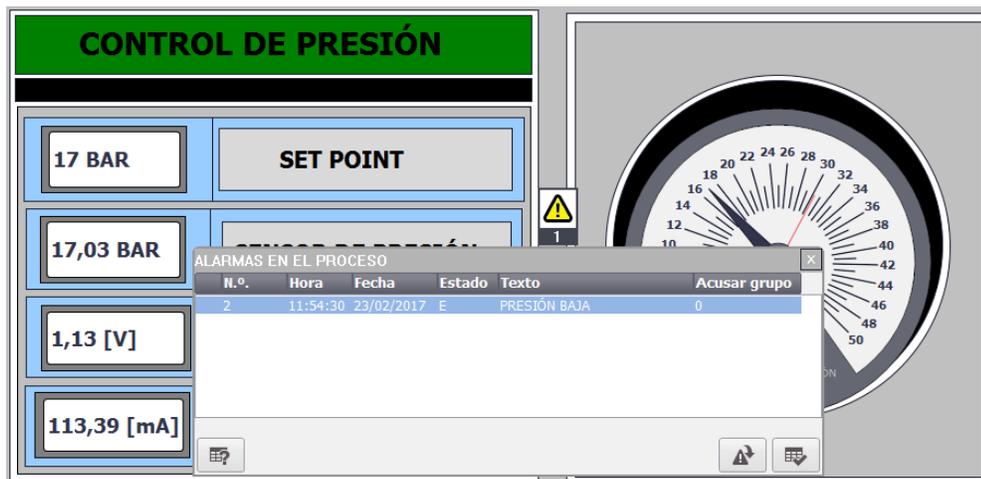


Figura 97 Aviso analógico tipo Warnings de presión baja.

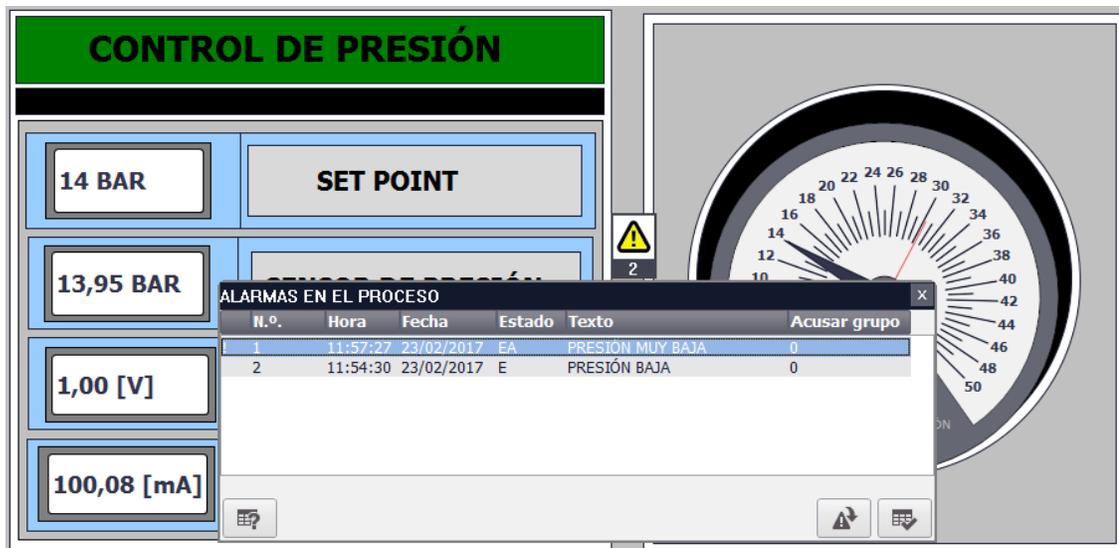


Figura 98 Aviso analógico tipo Error de presión muy baja.

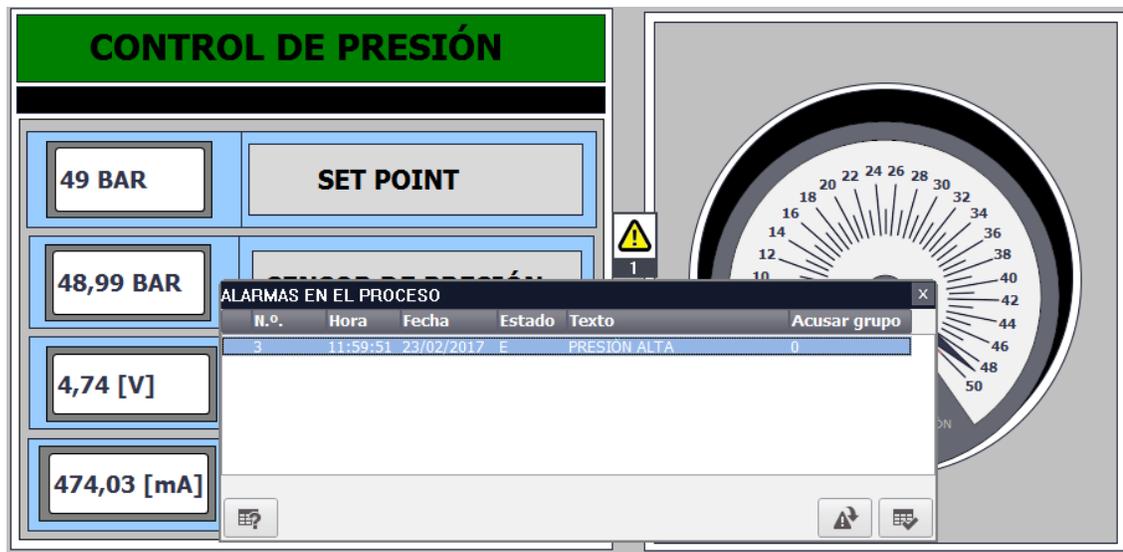


Figura 99 Aviso analógico tipo Warnings de presión alta.

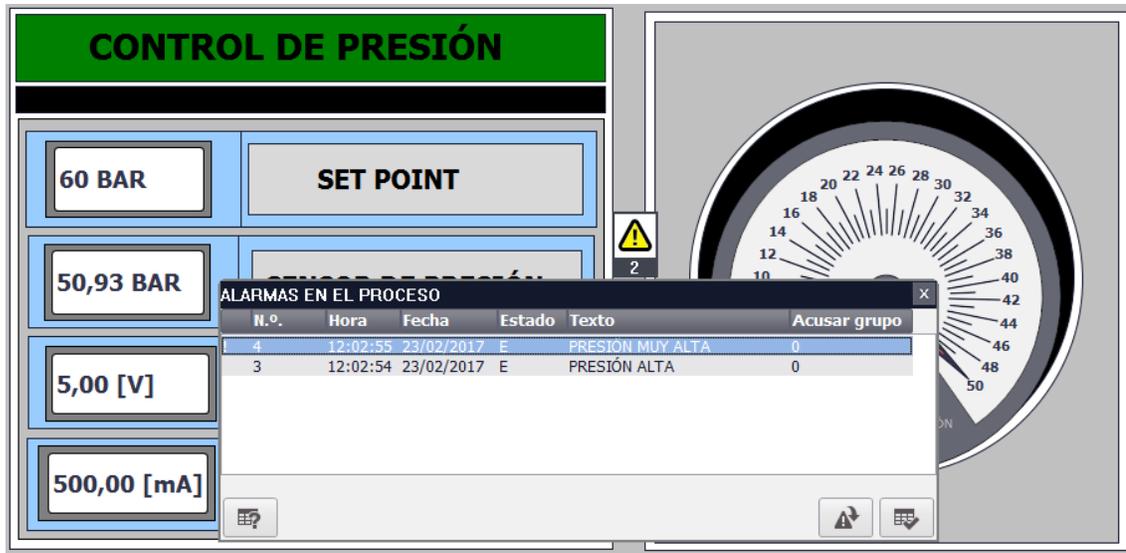


Figura 100 Aviso analógico tipo Error de presión muy alta.

Para crear un informe de avisos en la imagen de informes se genera un nuevo informe de alarmas que indica las alarmas que se han activado y la hora en que los errores aparecieron en el proceso, la Figura 101, muestra el informe creado de alarmas.

Nº	Hora	Estado	Fecha	GR	Automata	
3	11:59:51	E	23/02/2017	0	HMI_Conex...	
					PRESIÓN ALTA	
2	11:59:19	(E)S	23/02/2017	0	HMI_Conex...	
					PRESIÓN BAJA	
1	11:59:19	(EA)S	23/02/2017	!	0	HMI_Conex...
					PRESIÓN MUY BAJA	
1	11:58:03	(E)A	23/02/2017	!	0	HMI_Conex...
					PRESIÓN MUY BAJA	
1	11:57:27	E	23/02/2017	!	0	HMI_Conex...
					PRESIÓN MUY BAJA	
2	11:54:30	E	23/02/2017	0	HMI_Conex...	
					PRESIÓN BAJA	
2	11:54:12	(E)S	23/02/2017	0	HMI_Conex...	
					PRESIÓN BAJA	
1	11:54:12	(EA)S	23/02/2017	!	0	HMI_Conex...
					PRESIÓN MUY BAJA	
1	11:53:27	(EA)S	23/02/2017	!	0	HMI_Conex...
					ACTIVACION DEL PARO DE EMERGENCIA	
1	11:53:24	(E)A	23/02/2017	!	0	HMI_Conex...
					ACTIVACION DEL PARO DE EMERGENCIA	
1	11:53:23	(E)A	23/02/2017	!	0	HMI_Conex...
					PRESIÓN MUY BAJA	
2	11:53:17	E	23/02/2017	0	HMI_Conex...	

Figura 101 Informe de avisos de HMI generado.

CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño y selección de los elementos necesarios para una red PROFIBUS DP como son un módulo de comunicación a PROFIBUS DP como DPV1-MASTER, CP 1542-5 y dos módulos de comunicación a PROFIBUS DP como I-SLAVE, CM 1242-5, requeridos para la implementación del sistema SCADA.
- Se implementó y configuró los módulos de comunicación en los diferentes autómatas programables como son el PLC S7-1500 CPU 1511-1 PN y en el PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC para poder realizar la transmisión de datos maestro - esclavo y controlar un proceso mediante hidráulica proporcional.
- A través del diseño del sistema SCADA, utilizando WINCC RT Advanced se configuró avisos en HMI tipo Warnings y Errors los mismos que permitieron la detección de fallas y errores en el proceso mediante hidráulica proporcional facilitando así el paro inmediato del proceso en curso.
- Al realizar las prácticas de control hidráulico proporcional como presión y posición a través del almacenamiento de datos configurado en un fichero como herramienta del sistema PC WinCC RT Advanced, se generó históricos del comportamiento de las variables en proceso cumpliendo con el almacenamiento de datos del sistema SCADA.
- Con el sistema PC WinCC RT Advanced se pudo controlar, monitorear y adquirir datos del control hidráulico proporcional realizando un control distribuido mediante un sistema SCADA que permita controlar las

variables en curso como presión y posición en los módulos FESTO de hidráulica proporcional.

- Se elaboró un manual de guías, para Prácticas de Laboratorio de Hidráulica – Neumática, así como para Redes Industriales.
- PROFIBUS DP se ha convertido en una red de comunicación importante en la industria por ser un bus de campo en la cual existen accionamientos, módulos de entrada-salida, analógicos y digitales. Además, una de las grandes ventajas de PROFIBUS DP es la fácil programación para el envío y recepción de datos entre los controladores que están involucrados en la red.

RECOMENDACIONES

- Contar con una PC, la misma que debe tener instalado un sistema operativo compatible con el TIA Portal V13 como Windows Professional o Windows 8.1 para que tenga un mejor rendimiento al momento de la configuración, programación de los controladores y módulos de comunicación.
- Es recomendable para el desarrollo de este tipo de proyectos relacionados con sistemas SCADA contar con la versión PROFESSIONAL DEL TIA PORTAL V13 para incluir los paquetes de sistemas PC donde se podrá realizar el sistema SCADA.
- Revisar manuales para el montaje y desmontaje de los módulos de comunicación de los controladores que encuentran directamente en la página principal de SIEMENS (w3.siemens.com).
- Configurar correctamente el área de transferencia de datos y sus direcciones entre maestro - esclavo para que no existan errores al momento de controlar las variables en proceso.
- Configurar el Hardware y Software de la red PROFIBUS DP para que al momento de compilar y cargar el programa los controladores no registren error al colocar en modo RUN los PLCs.
- Para cargar el sistema SCADA, el sistema PC y el computador deben tener las mismas direcciones IP para poder cargar el sistema SCADA sin problemas y controlar el proceso mediante el computador.

- Continuar con el estudio de los distintos perfiles de PROFIBUS, en especial PROFIBUS PA, diseñado para trabajar en ámbitos de control de procesos, es decir, en zonas de seguridad intrínseca y su aplicación en la industria, a la vez los diferentes módulos, pasarelas y accionamientos que pueden ser conectados a la red PROFIBUS para un sólido conocimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez Flores, D. (2015). Recuperado el 28 de 10 de 2016, de <http://ley.exam-10.com/pravo/35982/index.html>
- Barragan, A. (2016). Recuperado el 15 de 09 de 2016, de <http://uhu.es/antonio.barragan/book/export/html/125>.
- Castro, C. (2016). *UCO*. Recuperado el 29 de 09 de 2016, de UCO: <http://www.uco.es/investiga/grupos/eatco/automatica/ihm/descargar/scada.pdf>
- Célula*. (2016). Recuperado el 20 de 09 de 2016, de *Célula*: <http://www.etitudela.com>
- Corrales. (2016). *Interfaces de Comunicación Industrial*. Recuperado el 03 de 10 de 2016, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>
- FluidSIM, F. (2016). *FluidSIM Hidráulica 4.5 Español*. Recuperado el 16 de 12 de 2016
- FluidSIM, F. (s.f.). *FluidSIM Hidráulica 4.5 Español*. Recuperado el 16 de 12 de 2016
- Guerrero, V., Yuste, R., & Martínez, L. (2009). *Comunicaciones Industriales*. México: Alfaomega.
- Hernández, D. (2016). Recuperado el 24 de 10 de 2016, de <http://www.gustato.com/eprotocolos.html>
- Industry S. , SIEMENS , Siemens AG 2014. (2009). *Siemens AG 2014*. (Nurberg, Editor) Recuperado el 28 de 10 de 2016, de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

- Industry S. , Info_PLC_S7-1500. (2013). *Info_PLC_S7-1500*. Recuperado el 28 de 10 de 2016, de http://www.infopl.net/files/descargas/siemens/infoPLC_net_s71500_system_manual_es-ES_es-ES.pdf
- Industry S. , SIEMENS. (2014). *SIEMENS*. Recuperado el 27 de 10 de 2016, de <http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/pages/tiaportal.aspx>
- Industry S. , Simatic HMI. (2012). *Simatic HMI*. Recuperado el 25 de 10 de 2016, de <http://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-devices/advanced-hmi-panel-based/comfort-panels/outdoor-versions/Pages/Default.aspx>
- Industry Siemens. (2016). Recuperado el 28 de 10 de 2016, de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/mx/Catalog/Product/6GK7542-5DX00-0XE0>
- Industry Siemens. (2016). Recuperado el 31 de 10 de 2016, de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/900/76894900/att_109352/v1/GH_CP1542-5_78.pdf
- Mecatron. (2016). *Principios de Automatización*. Recuperado el 28 de 10 de 2016, de <http://automatizacion2008.blogspot.com/2008/03/piramide-cim.html>
- Moreno, M. (2016). *Automatización Micromecánica*. Recuperado el 28 de 10 de 2016, de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
- Rodriguez A. , Comunicaciones Industriales. (2008). *Comunicaciones Industriales*. Barcelona: Marcombo.
- Rodriguez A. , Sistemas SCADA. (2008). *Sistemas SCADA* (Vol. 2 ed.). Barcelona: Marcombo.

- Rodriguez Penín, A. (2008). *Comunicaciones Industriales* (Vol. I). Barcelona: MARCOMBO S.A.
- SAB. (2015). *Cables bus*. Recuperado el 26 de 10 de 2016, de <http://www.sab-cables.eu/cables-confeccion-metrologia-de-temperatura/productos/showproducts/cables-electricos/cables-de-bus/cables-profibus-dp-cables-profibus-fms/>
- SIEMENS. (2009). Recuperado el 27 de 10 de 2016, de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- Siemens. (2016). *Industry siemens*. Recuperado el 26 de 10 de 2016, de <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/Catalog/Product/6XV1821-1CT10>
- Siemens AG 2008. (2016). *Soluciones de red para Profibus*. Recuperado el 26 de 10 de 2016, de http://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/de/Documents/infocenter/bs_profibus_sp.pdf
- Siemens Industry AG. (2008). *Soluciones de Red para PROFIBUS*. SIEMENS, 1. Recuperado el 09 de 28 de 2016
- Universidad de Oviedo. (2016). *Ingeniería de Sistemas y Automática*. Recuperado el 10 de 09 de 2016, de <http://www.isa.uniovi.es/docencia/redes/Apuntes/tema9.pdf>
- Universidad de Valencia. (2015). *Sistemas Industriales Distribuidos*. Recuperado el 29 de 10 de 2016, de *Sistemas Industriales Distribuidos*: http://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo3_rev0.pdf
- Universidad Politécnica de Cartagena. (2016). *Comunicaciones Industriales*. Recuperado el 24 de 10 de 2016, de *Comunicaciones Industriales*: <http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/profibusteoría.pdf>

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
CERTIFICACIÓN

Se certifica que el siguiente trabajo fue desarrollado por los señores: **ANA GABRIELA AMORES MORENO Y OSCAR DANILO QUINGATUÑA SINCHIGUANO**, bajo nuestra supervisión.

Latacunga, 09 de marzo de 2017

Aprobado por:

Ing. Wilson Sánchez
Director del Proyecto



Ing. Katya Torres
Directora de Carrera

Dr. Rodrigo Vaca Corrales
Secretario Académico