

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA**

**“Diseño e implementación de un sistema de
entrenamiento PROFINET para el Laboratorio de
PLCs y Robótica del Departamento de Eléctrica y
Electrónica de la ESPE ”**

David Enrique Barrera Moncayo

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2008

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “Diseño e implementación de un sistema de entrenamiento PROFINET para el Laboratorio de PLCs y Robótica del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la ESPE” ha sido desarrollado en su totalidad por el Sr. David Enrique Barrera Moncayo con CI: 171549117-9, bajo nuestra dirección.

Ing. Hugo Ortiz
DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A mi Señor y mi Rey Jesucristo por todas las bendiciones recibidas, por mi familia, por mis amigos, por mostrarme su bondad y su amor. Eres mi motivación, mi alegría y el que le da sentido a mi vida.

A mis queridos padres, por su cariño y su amor, muchas gracias por el inmenso apoyo y ejemplo que son para mi vida.

A mis hermanos, Ramiro, Gabriel y a mi hermana Karina, por el apoyo y la ayuda que me brindan.

A mis amigos, especialmente a Edgar y Eduardo, por la colaboración en la realización de este proyecto.

Al Ing. Hugo Ortiz y al Ing. Rodolfo Gordillo por su dirección en este proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres, Esthela Moncayo y Edgar Barrera, por todo el cariño, apoyo y gran esfuerzo que han realizado durante toda mi vida estudiantil para que pueda cumplir este objetivo, gracias mamita linda por ayudarme en los momentos que más necesitaba.

PRÓLOGO

El presente proyecto describe el diseño y la construcción de un sistema de entrenamiento Profinet para el Laboratorio de PLCs y Robótica del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército. El proyecto tiene como objetivo la implementación de un entrenador conformado por equipos Siemens con tecnología Profinet adquiridos recientemente por el Departamento de Eléctrica y Electrónica. El entrenador se encuentra dotado de dispositivos físicos de entrada/salida digitales y analógicos para la simulación de aplicaciones de automatización industrial por medio del protocolo de comunicación industrial Profinet. Además del entrenador Profinet, el proyecto cuenta con guías de prácticas de laboratorio y con el desarrollo de las mismas, diseñadas para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control se involucren en la configuración de redes Profinet y en el manejo de los equipos que integran el sistema de entrenamiento.

La principal ventaja que ofrece el sistema de entrenamiento Profinet y el conjunto de las prácticas de laboratorio desarrolladas en el presente proyecto es la capacitación teórica y práctica en la configuración de redes de comunicación con tecnología Profinet, e introducción al manejo de software y equipos que utilizan esta nueva tecnología.

ÍNDICE

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.	ALCANCE	1
1.2.	OBJETIVOS	3
1.2.1.	<i>General</i>	3
1.2.2.	<i>Específicos</i>	3
1.3.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	VISIÓN GENERAL DE PROTOCOLO PROFINET	5
2.1.1.	<i>Nacimiento de Ethernet Industrial</i>	6
2.1.2.	<i>Profinet</i>	8
2.1.2.1	<i>Profinet IO</i>	9
2.1.2.2	<i>Profinet CBA</i>	10
2.1.2.3	<i>Comunicación en tiempo real</i>	10
2.2.	FUNDAMENTOS DE ETHERNET	11
2.2.1.	<i>Estructura Fundamental de Ethernet</i>	11
2.2.2.	<i>Trama Ethernet</i>	12
2.2.3.	<i>Dirección MAC (Control De Acceso Al Medio)</i>	14
2.2.4.	<i>Funciones de Ethernet</i>	14
2.2.4.1	<i>Autonegociación</i>	14
2.2.4.2	<i>Reconocimiento automático de velocidad de datos - Autosensado</i>	15
2.2.4.3	<i>Autocrossover MDI/MDI-X</i>	15
2.2.5.	<i>Protocolos Basados en Ethernet</i>	15
2.2.5.1	<i>TCP/IP</i>	15
2.2.5.2	<i>UDP/IP</i>	22
2.3.	COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL	24

2.3.1.	<i>Requerimientos de Ethernet con capacidad de tiempo real</i>	24
2.3.2.	<i>Profinet - tiempo real</i>	25
2.3.3.	<i>Comunicación - tiempo real</i>	27
2.3.3.1	<i>Gestión de la conexión en tiempo real</i>	29
2.3.3.2	<i>Sincronización</i>	30
2.3.3.3	<i>Elementos de una trama de protocolo en Tiempo Real</i>	31
2.3.4.	<i>Comunicación en Tiempo-Real Isócrona</i>	33
2.3.4.1	<i>Tecnología Isócrona de Tiempo-Real</i>	34
2.3.4.2	<i>Elementos del protocolo IRT</i>	34
2.3.4.3	<i>Configuración de Aplicación IRT</i>	35
2.4.	PROFINET IO	35
2.4.1.	<i>Características básicas</i>	37
2.4.2.	<i>Clases de dispositivos Profinet IO</i>	38
2.4.3.	<i>Flujo de datos con Profinet IO</i>	38
2.4.4.	<i>Modelo de un Dispositivo-IO</i>	40
2.4.5.	<i>Servicios y Protocolos</i>	40
2.4.6.	<i>Pasos para configuración y arranque de un Sistema Profinet IO</i>	43
2.4.7.	<i>Proxy con Profinet IO</i>	44
2.5.	PROFINET CBA	45
2.5.1.	<i>Componentes Profinet</i>	45
2.5.2.	<i>Modelo de Ingeniería Profinet CBA</i>	47

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

PROFINET

3.1.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO	49
3.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	50
3.2.1.	<i>Controlador Lógico Programable Simatic S7-300</i>	51
3.2.1.1	<i>CPU 315F-2 PN/DP</i>	52
3.2.1.2	<i>Módulo de Entradas y Salidas Digitales SM-323</i>	53
3.2.1.3	<i>Módulo de Entradas y Salidas Analógicas SM-334</i>	56
3.2.2.	<i>Periferia Descentralizada ET-200S</i>	58
3.2.2.1	<i>Módulo de interfaz IM 151-3 PN</i>	60
3.2.2.2	<i>Módulo de potencia PM-E DC 24-48V</i>	62

3.2.2.3	<i>Módulo electrónico digital de entrada 2 DI, HF 24V</i>	63
3.2.2.4	<i>Módulo electrónico digital de salida 2 DO, HF 24V/0.5A</i>	64
3.2.3.	<i>Switch Scalance X208</i>	66
3.2.4.	<i>Panel Operador OP-177B</i>	67
3.2.5.	<i>Radio Módem Ethernet SMR6310E</i>	68
3.3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PROFINET	70
3.3.1.	<i>Especificaciones de diseño</i>	70
3.3.2.	<i>Escogencia de cantidad y tipo de elementos eléctricos</i>	71
3.3.3.	<i>Marcación y Cableado</i>	72
3.3.4.	<i>Distribución Espacial</i>	73
3.3.5.	<i>Dimensiones y Vistas</i>	76
3.3.5.1	<i>Vistas Externas</i>	76
3.3.5.2	<i>Vistas Internas</i>	78
3.3.6.	<i>Esquema de conexiones</i>	80
3.4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PROFINET	80
3.4.1.	<i>Imagen Frontal</i>	80
3.4.2.	<i>Imagen Lateral</i>	82
3.4.3.	<i>Imagen Superior</i>	82
3.4.4.	<i>Imagen en Perspectiva</i>	83
3.5.	PRUEBAS Y SIMULACIONES	84

CAPITULO IV

DISEÑO Y DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

4.1.	GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	85
4.1.1.	<i>Guía de Práctica N° 1</i>	86
4.1.2.	<i>Guía de Práctica N° 2</i>	90
4.1.3.	<i>Guía de Práctica N° 3</i>	94
4.1.4.	<i>Guía de Práctica N° 4</i>	97
4.2.	DESARROLLO DE PRÁCTICAS	100
4.2.1.	<i>Práctica N° 1-Configuración y programación de PLC S7-300 con Profinet</i>	100
4.2.2.	<i>Práctica N° 2-Profinet IO con periferia descentralizada ET-200S</i>	114
4.2.3.	<i>Práctica N° 3-Monitoreo con panel OP-177B en Profinet IO</i>	122
4.2.4.	<i>Práctica N° 4- Monitoreo remoto con módem wireless SMR6310E</i>	132

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.	CONCLUSIONES	139
6.2.	RECOMENDACIONES	141

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

- Anexo 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLC S7-300: PS-307, CPU 315F-2 PN/DP, SM-323 Y SM-334
- Anexo 2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PERIFERIA DESCENTRALIDA ET-200S: IM151-3 HF, MÓDULO ELECTRÓNICO 2 DI Y MÓDULO ELECTRÓNICO 2 DO
- Anexo 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SWITCH SCALANCE X208
- Anexo 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PANEL OPERADOR OP-177B
- Anexo 5: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÓDEM WIRELESS ETHERNET SRM6310E
- Anexo 6: VISTAS EXTERNAS E INTERNAS DE SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PROFINET
- Anexo 7: ESQUEMA DE CONEXIONES DE SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PROFINET
- Anexo 8: PROGRAMAS DE USUARIO PLC S7-300
- Anexo 9: MANUAL DE USUARIO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1. Concepto modular Profinet	8
Figura. 2.2. Trama IEEE 802.3	13
Figura. 2.3. Estructura de un paquete o datagrama IP	16
Figura. 2.4. Formato de segmento TCP	22
Figura. 2.5. Paquete UDP	23
Figura. 2.6. Principio de intercambio de los datos de usuario	28
Figura. 2.7. Establecimiento y eliminación de una conexión cíclica con Profinet CBA	29
Figura. 2.8. Estructura de una trama de Tiempo-Real	32
Figura. 2.9. Estructura de una trama isócrona	34
Figura. 2.10. Flujo de datos entre dispositivos Profinet IO	39
Figura. 2.11. Modelo de Dispositivos-IO	41
Figura. 2.12. Pasos desde la configuración hasta el arranque del sistema	43
Figura. 2.13. Intercambio de datos entre funciones tecnológicas	46
Figura. 2.14. Ejemplo del modelo de ingeniería en aplicación Profinet CBA	47
Figura. 2.15. Creación de aplicación Profinet CBA	48
Figura. 3.1. Construcción modular de PLC S7-300	52
Figura. 3.2. Módulo SM-323 16 DI y 16 DO	54
Figura. 3.3. Asignación de canales para direccionamiento de entradas y salidas	54
Figura. 3.4. Bytes de direccionamiento para módulos digitales	55
Figura. 3.5. Esquema de conexiones de entradas y salidas del módulo SM-323	56
Figura. 3.6. Bytes de direccionamiento para módulos analógicos	57
Figura. 3.7. Esquema de conexiones entradas y salidas módulo SM-334 para tensión	58
Figura. 3.8. Periferia Descentralizada ET-200S con módulos	59
Figura. 3.9. Esquema de conexiones de periferia descentralizada ET-200S	60
Figura. 3.10. Módulo IM 153-1 PN de ET-200S	61
Figura. 3.11. Grupo de potencial de módulo de potencia PM-E	62
Figura. 3.12. Módulo de potencia PM-E y módulo de terminales TM-P15S23-A0	63
Figura. 3.13. Módulo electrónico digital 2 DI y módulo de terminales TM-E15S24-A1	64
Figura. 3.14. Módulo electrónico digital 2 DO y módulo de terminales TM-E15S24-A1	65
Figura. 3.15. Switch Scalance X208	66
Figura. 3.16. Panel de Operador OP-177B	68
Figura. 3.17. Radio Módem Ethernet SMR6310E	69
Figura. 3.18. Vista Frontal – Distribución espacial	74
Figura. 3.19. Vista en perspectiva – Distribución espacial	74

Figura. 3.20. Distribución de dispositivos de entrada y salida	75
Figura. 3.21. Vista Externa Frontal y Lateral	77
Figura. 3.22. Vista Externa Lateral Derecha	77
Figura. 3.23. Vistas Interna Frontal	78
Figura. 3.24. Vista Interna Lateral Derecha	79
Figura. 3.25. Plano Frontal	81
Figura. 3.26. Acercamiento Frontal – Cara Interna	81
Figura. 3.27. Plano Lateral	82
Figura. 3.28. Acercamiento Superior – Dispositivos de Entrada y Salida	82
Figura. 3.29. Plano en Perspectiva	83
Figura. 4.1. Esquema de red Profinet – Práctica N° 1	87
Figura. 4.2. Control de nivel de un tanque	88
Figura. 4.3. Esquema de red Profinet – Práctica 2	91
Figura. 4.4. Sistema de descarga de banda transportadora	92
Figura. 4.5. Esquema de red Profinet – Práctica 3	95
Figura. 4.6. Esquema de red Profinet – Práctica 4	98
Figura. 4.7. Ajuste de interfaz PG/PC	101
Figura. 4.8. Direccionamiento IP de la tarjeta de red	102
Figura. 4.9. Catálogo de aplicación HW-Config	103
Figura. 4.10. Configuración Interfaz Profinet de CPU 315F-2 PN/DP	104
Figura. 4.11. Detalle de la configuración de hardware	105
Figura. 4.12. Representación de una subred Profinet	105
Figura. 4.13. Bytes de direccionamiento de entradas y salidas	106
Figura. 4.14. Selección de módulo de destino	106
Figura. 4.15. Selección de dirección de la estación	107
Figura. 4.16. Dirección MAC y Dirección IP de la CPU	108
Figura. 4.17. Carga de la configuración y direccionamiento IP de la CPU	108
Figura. 4.18. Cuadro de diálogo Preferencias	109
Figura. 4.19. Ventana de proyecto SIMATIC Manager	110
Figura. 4.20. Tabla de símbolos de Práctica N° 1	110
Figura. 4.21. Bloque de función	111
Figura. 4.22. Propiedades de Bloque de función	112
Figura. 4.23. Cargar programa de usuario en PLC	113
Figura. 4.24. Configuración de Hardware ET-200S	116
Figura. 4.25. Propiedades IM151-3 PN HF	116
Figura. 4.26. Asignar nombre de dispositivo IM151-3 PN HF	117
Figura. 4.27. Subred Profinet IO Práctica N° 2	118
Figura. 4.28. Bytes de direccionamiento de entradas y salidas ET-200S	118
Figura. 4.29. Propiedades sistema Profinet IO	119
Figura. 4.30. Propiedades sistema Profinet IO	120

Figura. 4.31. Propiedades IM151-3 PN HF	123
Figura. 4.32. Propiedades PROFINET de panel OP177B	124
Figura. 4.33. Subred Profinet IO	125
Figura. 4.34. Cuadro de diálogo PROFINET en panel OP177B	125
Figura. 4.35. Control panel en OP177B	126
Figura. 4.36. Ventana Transfer settings	126
Figura. 4.37. Parámetros de comunicación	127
Figura. 4.38. Integración Step 7 con WinCC	128
Figura. 4.39. Integración Step 7 con WinCC	129
Figura. 4.40. Editor de Variables WinCC	129
Figura. 4.41. HMI Sistema de Descarga Banda Transportadora	130
Figura. 4.42. Configuración de Transferencia	131
Figura. 4.43. Ajustes	134
Figura. 4.44. Ventana de proyecto Step 7 – Equipo Simatic HMI	135
Figura. 4.45. Interfaz IE General	136
Figura. 4.46. Propiedades Interface Ethernet IE General	136
Figura. 4.47. Propiedades IE General	136
Figura. 4.48 Configuración de redes en NetPRo	137
Figura. 4.49. HMI Control de nivel de tanque en WinCC	137
Figura. 4.50. Configuración de Transferencia	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 2.1. Resumen de clases de red	17
Tabla. 2.2. Rango de direcciones IP privadas	20
Tabla. 2.3. Retrasos típicos en un enlace de transmisión	31
Tabla. 2.4. Características básicas de Profinet IO	37
Tabla. 2.5. Clases de dispositivos Profinet IO	38
Tabla. 2.6. Canales de datos Profinet IO	39
Tabla. 2.7. Elementos de un modelo de dispositivo	41
Tabla. 2.8. Pasos desde la configuración hasta el arranque del sistema	44
Tabla. 3.1. Equipos de sistema de entrenamiento Profinet	50
Tabla. 3.2. Estandarización de valores AWG	72
Tabla. 3.3. Dispositivos de entrada y salida	76
Tabla. 3.4. Detalles Externos	78
Tabla. 3.5. Disposición y descripción de los equipos	79
Tabla. 4.1. Entradas y salidas de proceso de control de nivel de tanque	88
Tabla. 4.2. Entradas y salidas de sistema de descarga de banda transportadora	93
Tabla. 4.3. Equipos utilizados en Práctica N° 1	100
Tabla. 4.4. Equipos utilizados en Práctica N° 2	114
Tabla. 4.5. Equipos utilizados en Práctica N° 3	122
Tabla. 4.6. Equipos utilizados en Práctica N° 4	132

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del proyecto de grado surge como respuesta a la necesidad de implementar un sistema de entrenamiento del protocolo de comunicación industrial Profinet, para el Laboratorio de PLCs y Robótica del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército en el cual los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control puedan realizar prácticas de laboratorio e involucrarse en la instalación y configuración de redes Profinet.

Profinet es un estándar abierto y no propietario basado en Ethernet que por su tecnología, y el respaldo que tiene de empresas líderes en el área de las comunicaciones industriales tiene una gran proyección en el mundo industrial.

Ethernet es el estándar de comunicación consolidado más utilizado en el mundo informático. Las tendencias actuales a nivel industrial es usar Ethernet y los beneficios de las tecnologías informáticas que este ofrece en todos los niveles de la automatización industrial. Profinet es el líder del mercado mundial en esta tecnología que converge el mundo informático con el mundo industrial.

1.1. ALCANCE

En el transcurso de este proyecto, se realizará el diseño de un sistema de entrenamiento Profinet en el cual se integrarán equipos requeridos para instalar una red y poder simular aplicaciones de automatización con el protocolo de comunicación industrial Profinet.

Los equipos a integrar serán: PLC S7-300 con módulo digital y analógico de entrada y salida, periferia descentralizada ET-200S con módulos digitales de entrada y salida, módem wireless con Ethernet SMR6310E, switch Scalance X208, panel operador OP 177B, pulsadores, interruptores y luces para simular entradas y salidas.

La construcción e implementación del diseño se realizará utilizando materiales que se encuentran en el mercado y que no sean de costo elevado.

Se procederá a elaborar el diseño de guías de laboratorio, para lo cual se estudiará las bases y fundamentos técnicos sobre lo que es Profinet, se buscará asesoría del fabricante (SIEMENS) y se usará bibliografía especializada en el tema. Las guías tendrán como objetivo introducir al estudiante de manera progresiva de un nivel básico a un nivel intermedio en redes Profinet.

Una vez que se haya implementado el diseño del sistema de entrenamiento y se hayan diseñado las guías de laboratorio se procederá al desarrollo de las guías, las mismas que tendrán en detalle configuración de hardware, configuración de software, manejo de los equipos y el procedimiento paso a paso para cumplir con los objetivos de cada guía.

Se realizarán las pruebas de verificación de las guías en el sistema de entrenamiento Profinet.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

- Diseñar e implementar un sistema de entrenamiento Profinet

1.2.2. Específicos

- Estudiar y documentar los fundamentos y conceptos del protocolo de comunicaciones Profinet
- Diseñar guías de prácticas de laboratorio para el sistema de entrenamiento Profinet
- Desarrollar guías de prácticas de laboratorio para el sistema de entrenamiento Profinet
- Realizar pruebas para verificar el funcionamiento de las guías en el sistema de entrenamiento Profinet
- Documentar apropiadamente el proyecto

1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El presente proyecto de grado consta del diseño e implementación de un sistema de entrenamiento Profinet. El entrenador Profinet cuenta con cinco equipos con comunicación Profinet: un PLC S7-300 con sus módulos, una periferia descentralizada ET-200S con sus módulos, un switch industrial Scalance X208, un panel de operador OP-177B y un módem wireless con Ethernet SMR6310E. Además cuenta con dispositivos para simular entradas y salidas tanto analógicas como digitales. Los dispositivos con los que cuenta son: pulsadores, interruptores, luces, conexiones hacia salidas digitales, conexiones hacia entradas y salidas analógicas. Cuenta con elementos eléctricos de protección: breaker, fusibles. El sistema de entrenamiento Profinet presenta una gran versatilidad y funcionalidad, posee todos los equipos y elementos necesarios para la simulación de procesos industriales usando la tecnología Profinet.

En el proyecto constan también 4 guías de prácticas de laboratorio para Profinet que proporcionan un aprendizaje gradual en la configuración y manejo del protocolo de comunicación industrial Profinet por medio del entrenador Profinet. Cada guía práctica está resuelta de forma detallada.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. VISIÓN GENERAL DE PROTOCOLO PROFINET

Ethernet es el estándar de comunicación más utilizado en el mundo informático y las tendencias actuales a nivel industrial es usar Ethernet y los beneficios de las tecnologías informáticas que este ofrece en todos los niveles de la automatización industrial.

Con la finalidad de aprovechar y unificar la infraestructura de la red Ethernet ya existente, se ha desarrollado una nueva generación de buses de campo. Estos buses se basan en la red Ethernet, sobre la que se implementan comunicaciones en tiempo real.

Profinet es un estándar abierto y no propietario basado en Ethernet que por su tecnología, y el respaldo que tiene de empresas líderes en el área de las comunicaciones industriales tiene una gran proyección en el mundo industrial. Es un estándar que combina los estrictos requerimientos de las aplicaciones industriales para control de movimiento con las ventajas que se tiene en la comunicación del mundo de oficina.

Profinet propone dos opciones: Profinet IO que permite que soluciones de automatización sean implementadas en lugares que antes eran reservados exclusivamente para aplicaciones de buses de campo y Profinet CBA divide complejas aplicaciones de automatización en módulos tecnológicos autónomos en un tamaño manejable. En cualquiera de los dos casos se pueden integrar buses de campo ya existentes mediante proxys aprovechando la infraestructura existente.

2.1.1. Nacimiento de Ethernet Industrial

En 1976 se presentó la idea de “ethernet” descubierta por Robert Metcalf y David Boggs en la Conferencia Nacional de Computadoras. El término Ethernet es debido a la vieja idea del “éter” que hacía referencia a la teoría de la física hoy ya abandonada según la cual las ondas electromagnéticas viajaban por un medio de propagación denominado “éter” que se suponía llenaba todo el espacio. Metcalf llamaba “ether” al cable coaxial porque de manera similar, el cable coaxial era un medio pasivo de propagación para pasar el mensaje desde un transmisor a todos los participantes conectados.

En 1980, tres compañías: Digital Equipment Corporation, Intel y Xerox publicaron el llamado “DIX estándar” o “libro azul”. Este reemplazó al estado experimental de Ethernet por un sistema abierto y completamente especificado de 10 Mbps. En 1985 se culminó la estandarización de Ethernet por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) bajo el número 802.3 como un estándar de redes de área local (LANs). De esa manera el camino para Ethernet Industrial estaba abierto.

En 1985, Siemens AG introdujo Ethernet para aplicaciones industriales bajo el nombre “SINEC H1”. Aquí comienza la historia de Ethernet Industrial, pues para un ambiente industrial las condiciones de aplicación de Ethernet difieren de las aplicaciones en un ambiente de oficina. Algunas diferencias son:

- Componentes robustos y compatibles en la industria con señalización de contactos, cables y conectores, con demandas especiales en compatibilidad electromagnética (EMC).
- Condiciones ambientales como temperatura, vibraciones, humedad y contaminación (aceite, lubricantes, etc.)

La idea básica de los estándares de Ethernet Industrial es complementar detalles necesarios y beneficiosos para la comunicación industrial. Una desviación del estándar Ethernet se realiza solo cuando las definiciones del estándar no consideran los requerimientos de producción y el ambiente del proceso. Por ello,

está totalmente garantizada la libre interacción y compatibilidad entre Ethernet convencional y Ethernet industrial.

Hechos importantes en la historia de Ethernet Industrial:

- **1985** cable de bus SINEC H1: cable amarillo estándar con recubrimiento de aluminio sólido adicional; concepto de conexión a tierra.
- **1989** estructura de bus redundante: incremento de disponibilidad de red a través de estructura de bus dual, control de acceso usando software especializado en sistemas de automatización
- **1992** redes de fibra óptica: cables de fibra óptica robustos para la industria.
- **1994** anillos ópticos redundantes: alta disponibilidad a través de anillos ópticos con hubs estrella; reducción de costos de estructura en anillo para una redundancia media en la red.
- **1995** par trenzado industrial: cables trenzados de dos alambres con recubrimiento grueso extra; conexiones con tecnología Sub-D
- **1996** optimización de componentes ópticos: módulo de enlace óptico (OLM) provee mejora en la funcionalidad de redundancia
- **1998** switching y 100 Mbps: conceptos de Ethernet Industrial probados disponibles para Fast Ethernet. IT es introducida en la comunicación industrial.
- **2001** comunicación móvil comienza en la industria: aplicaciones móviles son implementadas usando wireless
- **2003** Profinet: los dos sistemas de bus crecen juntos por medio de módulos de enlace para Profibus y Ethernet. CBA (Component-based automation) se hace posible.
- **2004** Profinet: Ethernet Industrial recibe la capacidad de comunicación en tiempo real
- **2005** Profinet se introduce al campo: Muchas empresas de automatización aplican Profinet como estándar para aplicaciones futuras.

2.1.2. Profinet

Profinet fue anunciado por primera vez por Profibus Internacional en una conferencia de prensa en Agosto del 2000. Después de 4 años las bases de este protocolo estaban listas, su nombre proviene de las primeras letras de PROcess Field NET. Las bases de Profinet incluyen tecnología de instalación, comunicación en tiempo real, administración de red y funciones para integración en la Web. En la Figura 2.1 se observa los conceptos que abarca Profinet.

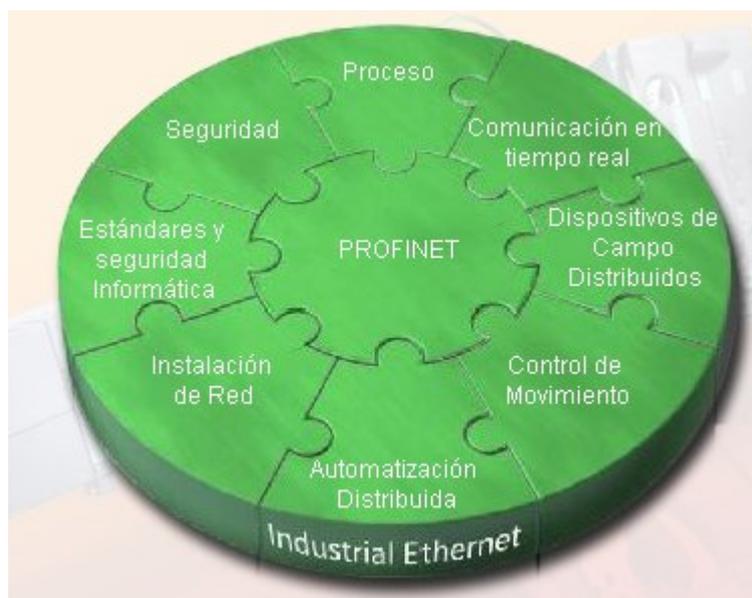


Figura. 2.1. Concepto modular Profinet¹

Para proveer soporte óptimo para diferentes tipos de aplicación, Profinet ofrece dos posibilidades: Profinet IO para la integración de I/O distribuidas, y Profinet CBA para la creación de plantas modulares en una automatización distribuida. A través del concepto de proxy, Profinet permite una integración de los sistemas de buses de campo libre de problemas. Esta función es muy importante y permite que una planta pueda expandirse.

De cualquier manera, Profinet no es solo un sistema de comunicación óptimo para la ingeniería de automatización basada en Ethernet Industrial, es mucho más, es un estándar comprensivo que llena todas las demandas para el

¹ Fuente: http://www.sitrain.siemens.com/modules/profinet_sa/index.htm, Curso Profinet

uso de Ethernet en la automatización industrial, cubriendo la comunicación en el nivel de control, automatización estándar con sistemas I/O, hasta poderosas aplicaciones de control de movimiento. De ahí que Profinet es adecuado para todas las aplicaciones de automatización.

El desarrollo de Profinet continua, se trabaja en el progreso de definiciones de temas de seguridad, operaciones de mantenimiento, conversión de la interface Profidrive a Profinet.

Con respecto al proceso de automatización, existen grupos de trabajo (WG) conformado por ingenieros de muchas empresas que siguen avanzando en la tecnología Profinet.

Profinet cuenta también con una certificación del producto casi desde sus inicios, esto es una medida que garantiza una alta calidad del estándar para los productos Profinet pues certifica que haya calidad en el desarrollo tecnológico.

2.1.2.1 Profinet IO

Profinet IO permite una interacción directa de los dispositivos de campo distribuidos sobre Ethernet. Todos los dispositivos están conectados en una estructura de red uniforme, y por consiguiente ofrece una comunicación uniforme entre todos los dispositivos.

Profinet IO especifica el intercambio de datos entre Controladores IO y Dispositivos IO, como también su configuración y diagnóstico. Está diseñado para un intercambio rápido de datos con un bus cíclico de unos pocos milisegundos, y está basado en un modelo proveedor-consumidor. Profinet IO ofrece integración con buses de campo ya existentes, por ejemplo los dispositivos de campo que se encuentren en un segmento subordinado de Profibus pueden ser integrados en el sistema Profinet IO a través de un proxy.

2.1.2.2 Profinet CBA

Profinet CBA (Component Based Automation) define una vista más amplia en la automatización de una planta. La consideración básica de CBA es que la automatización de una planta puede ser dividida en muchos casos en unidades autónomas, generalmente llamados módulos tecnológicos.

Estos módulos tecnológicos son generalmente controlados por un número manejable de señales de entrada. Ellos poseen una funcionalidad definida por un programa de control hecho por el usuario, y sacan señales generadas de esta manera a otro controlador.

Los componentes Profinet representan este módulo con sus entradas y salidas en el sistema de ingeniería. Los componentes son producidos independientemente del vendedor, y la comunicación de un sistema basado en componentes es programada. Profinet CBA soporta comunicación determinística, y con su ciclo de transmisión de hasta 10 ms es altamente adecuado para la comunicación entre controladores.

2.1.2.3 Comunicación en tiempo real

La comunicación Profinet puede ser vista en tres pasos. Profinet CBA usa **TCP/IP** (Transmisión Control Protocol/Internet Protocol) y comunicación en tiempo real (**RT**), y permite tiempos de ciclo en el orden de los 100 ms para TCP/IP y 10 ms para RT. Se usa preferentemente para comunicación entre PLCs.

Profinet IO exclusivamente usa comunicación en tiempo real para intercambiar datos del proceso. Con tiempos de ciclo que pueden ser logrados en el orden de los 10 ms. Profinet IO es muy adecuado para su uso en el sector de las I/O distribuidas, como por ejemplo en la automatización de procesos en fábricas.

La comunicación en tiempo real isócrono (**IRT**) habilita los tiempos de ciclo en el orden de 1 ms, y por consiguiente es idóneo para su uso en el sector del control de movimiento.

Profinet CBA básicamente comprende la comunicación basada en componentes usando **TCP/IP** y la comunicación **RT** con componentes. Profinet IO usa la comunicación **RT** e **IRT** con las I/O distribuidas.

2.2. FUNDAMENTOS DE ETHERNET

Profinet está basado en la tecnología Ethernet por lo que es necesario para poder entender mejor Profinet, conocer los fundamentos de Ethernet. Puesto que sería muy amplio tratar en detalle todos los conceptos y protocolos que incluye Ethernet en este proyecto, se presentará la información importante sobre Ethernet y los protocolos básicos necesarios para poder entender Profinet.

2.2.1. Estructura Fundamental de Ethernet

En Ethernet tradicional, todas las estaciones tienen los mismos privilegios, así que cada estación puede intercambiar cualquier cantidad de datos con otra estación en cualquier momento. Ethernet tradicional está diseñado básicamente como un sistema de bus lógico, por lo que una estación que está enviando un mensaje es escuchada por las demás estaciones. Cada estación filtra los paquetes de datos que significan algo para ella e ignora los demás paquetes. Todas las estaciones de esta manera comparten el medio de transmisión, y tienen el mismo dominio de colisión. El acceso a la red está controlado por el procedimiento CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Acces/Collision Detect). Si la estación desea enviar datos, tiene que primero chequear si la red está libre (detección de portadora). La transmisión de datos puede comenzar si este es el caso. Otra verificación del canal es llevada a cabo al mismo tiempo en lo que se refiere a si otras estaciones también han comenzado a enviar datos (detección de colisión). Si se da este caso una colisión de datos ocurre. Todas las estaciones en la red entonces dejan de transmitir los datos, y esperan un período de tiempo generado aleatoriamente. Un nuevo intento para enviar los datos es llevado a cabo después que este tiempo ha pasado. Como resultado de este procedimiento CSMA/CD, el tiempo de transmisión para paquetes de datos grandes depende de la carga de la red, y no puede ser determinado. La red entera se vuelve lenta según el número de colisiones aumenta. Por ello usar una red Ethernet compartida con colisiones se condiciona para aplicaciones industriales.

En aplicaciones industriales, su uso se lo hace segmentando la red (división de dominios de colisión), con anchos de banda mayores como Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, y usando tecnología de switching (conmutación). Todas estas tecnologías son usadas en Profinet, y por ello Ethernet se vuelve útil e interesante para la automatización industrial.

Ethernet es básicamente una red de estaciones las cuales están conectadas a través de componentes de red por medio de cables con conexiones punto-punto. Las estaciones con su NIC (Network Interface Control) o los CPs (procesadores de comunicaciones) para los sistemas de automatización son los puntos finales de la red. Los componentes de red como los hubs, switches y routers son requeridos para poder conmutar los datos entre los puntos finales. Los pares trenzados de cobre con una velocidad de transmisión de 100 Mbps (Fast Ethernet) son en su mayoría usados para el cableado entre los componentes de red y las estaciones. A través del uso líneas separadas para enviar y recibir (Full duplex), las estaciones pueden enviar y recibir datos simultáneamente sin colisiones. La comunicación full duplex siempre está basada en una topología estrella donde dos componentes están siempre enlazados el uno con el otro por una conexión punto-punto. La red entonces consiste de muchas conexiones punto-punto. El acceso de control actual es así reducido a la conexión de dos estaciones en un enlace punto-punto.

En esta red, los cables hacia los compañeros de comunicación son conmutados en línea a través de equipos especiales de red llamados switches. Profinet siempre aplica Ethernet con una conexión en full duplex de 100 Mbps en una red segmentada.

2.2.2. Trama Ethernet

Ethernet es también llamado red de conmutación de paquetes. Esto significa que los datos a ser transmitidos son divididos en pequeñas unidades, es decir paquetes o tramas. Cada uno de estos paquetes contiene toda la información requerida como por ejemplo dirección del transmisor y del receptor, datos e información de verificación de errores. El paquete se envía como una unidad y

puede ser de entre 64 y 1526 bytes de longitud. Existen dos formatos de tramas en la definición original de Ethernet:

- El estándar original del grupo DIX (también se le conoce como libro azul o Ethernet 2.0)
- El estándar de acuerdo a IEEE 802.3. Observar Figura 2.2.

La diferencia entre los dos formatos de trama está en el uso de los bloques de encabezado. El estándar DIX Ethernet tiene un bloque “tipo”, mientras que el estándar IEEE 802.3 tiene un bloque “longitud” en la misma posición. El estándar IEEE 802.3 es el más usado.

Preámbulo (56 bits)	SDF (1 byte)	DA (6 bytes)	SA (6 bytes)	Longitud (2 bytes)	User Data (46 -1500 bytes)	CRC (4 bytes)
------------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------------	-------------------------------	------------------

Figura. 2.2. Trama IEEE 802.3

- **Preámbulo:** Este campo señala el comienzo de la trama. Son 7 bytes con unos y ceros alternados que permiten sincronizar las estaciones.
- **Start Frame Delimiter (SFD):** Este campo proporciona un campo adicional que indica el comienzo de la trama ethernet IEEE 802.3. Su valor es: 10101011.
- **Dirección Destino y Origen:** Mantienen la dirección original y de destino.
- **Longitud del campo de Datos/Tipo:** En IEEE 802.3 indica la longitud del campo de datos. En ethernet DIX indica el protocolo transportado en el campo de datos.
- **User Data:** 46-1500 bytes de datos de usuario. Contiene los datos y el encabezado que ha sido transmitido de las capas superiores. Contiene
 - DSAP:** punto de acceso de servicio de destino (1 byte)
 - SSAP:** punto de acceso de servicio de origen (1 byte)
 - Info:** bloque de control (1 byte)
 - Datos:** datos de usuario (variable)

- **CRC:** Este campo mantiene un valor calculado por el emisor. El receptor realiza el mismo cálculo para ver si coincide con el valor del campo CRC. Si no es así, se considera que la trama se ha corrompido y se retransmite de nuevo.

2.2.3. Dirección MAC (Control De Acceso Al Medio)

El direccionamiento específico de una red significa que cada estación debe tener su propia dirección con la cuál se le puede alcanzar. Cada interfaz Ethernet tiene asignado una dirección por el vendedor la cuál es invariable e única en el mundo. A esta dirección se le llama dirección MAC (Control de Acceso al Medio), dirección física o también dirección de tarjeta de red. Por la cooperación de los fabricantes está garantizado que la dirección sea única en todo el mundo. La dirección MAC tiene una longitud de 48 bits o 6 bytes. Los tres primeros bytes son usados para identificar el fabricante y los otros 3 bytes los pone la IEEE. Para garantizar que las direcciones no se repitan en una red, las direcciones MAC son generalmente codificadas en el hardware por los fabricantes y no pueden ser cambiadas.

2.2.4. Funciones de Ethernet

Las siguientes funciones que se describirán se implementan en todos los dispositivos Profinet.

2.2.4.1 Autonegociación

Esta función permite el reconocimiento automático de la operatividad de la interfaz en el final opuesto. Por ejemplo repetidores o terminales de datos pueden usar el procedimiento de autonegociación permitiendo la configuración automática de los diferentes dispositivos. El procedimiento de autonegociación habilita dos componentes conectados en un segmento de enlace para intercambiar parámetros y aplicar estos parámetros permitiendo ajustes a los respectivos datos de comunicación soportados.

Para garantizar la configuración explícita, también es posible desactivar la autonegociación. La gran ventaja de la autonegociación es que deja libre de

problemas la interoperabilidad de todos los componentes Ethernet. Los componentes del Ethernet tradicional que no soportan la autonegociación pueden trabajar sin problema con los componentes de Fast Ethernet que poseen esta función. Los dispositivos sin autonegociación deben por lo menos tener valores fijos de 100 Mbit/half duplex o 10 Mbit/half duplex.

2.2.4.2 Reconocimiento automático de velocidad de datos - Autosensado

El autosensado describe la propiedad de los nodos de la red (terminales de datos y componentes de red) para automáticamente determinar la velocidad de datos de la señal (10 Mbps o 100 Mbps) y ellos mismos configurarla si es posible. Generalmente la autonegociación es soportada si el autosensado es soportado. Los dispositivos Simatic Net Profinet de Siemens tienen las dos funcionalidades autosensado y autonegociación.

2.2.4.3 Autocrossover MDI/MDI-X

Esta función ofrece la ventaja de un cableado continuo sin la necesidad de usar cables Ethernet cruzados, esta función permite usar cables de red directos en toda la red. Previene el mal funcionamiento causado por líneas de transmisión y recepción conectadas incorrectamente. La instalación se vuelve mucho más simple para el usuario.

2.2.5. Protocolos Basados en Ethernet

Cada estación Profinet debe soportar varios protocolos. Estos por lo menos deben ser TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet) y UDP/IP (Protocolo de Datagrama de Usuario/Protocolo de Internet). A continuación se describirá estos protocolos.

2.2.5.1 TCP/IP

TCP/IP es un conjunto completo de protocolos y consiste en dos partes. TCP representa al Protocolo de Control de Transmisión. En esta parte del conjunto de protocolos se controla la transmisión y así la transferencia actual de datos. La

segunda parte, IP (Protocolo de Internet) es necesaria para poder alcanzar a una computadora en una red mediante un direccionamiento.

IP - Protocolo de Internet

El protocolo de Internet IP en la versión que se utiliza actualmente (IPv4), permite el direccionamiento y el enrutamiento de paquetes de datos desde el transmisor hasta el receptor sobre varias redes. IP es el componente de direccionamiento de TCP/IP. Cada estación que desea comunicarse con otra es identificada por la dirección IP. Esto se compara con una dirección en un sobre, pues usando la dirección, la red reconoce el destino, y puede enviar el paquete con los datos al receptor correcto sin importar el camino de transmisión (Ethernet, token ring, ISDN).

Los paquetes de datos con IP son llamados datagramas. Podemos decir que el protocolo de Internet es un servicio de conexión con un poco confiable servicio de datagramas. Para hacerlo confiable se ha implementado un servicio orientado a conexión en el nivel TCP que se encuentra arriba del nivel IP.

Un datagrama IP (ver Figura 2.3.) consiste de un encabezado de paquete o cabecera seguido por un bloque de datos, el cuál a su vez es empaquetado por ejemplo en una trama Ethernet. Para implementar esta función, IP define su propio formato de paquete que tiene mínimo una longitud de 20 bytes.

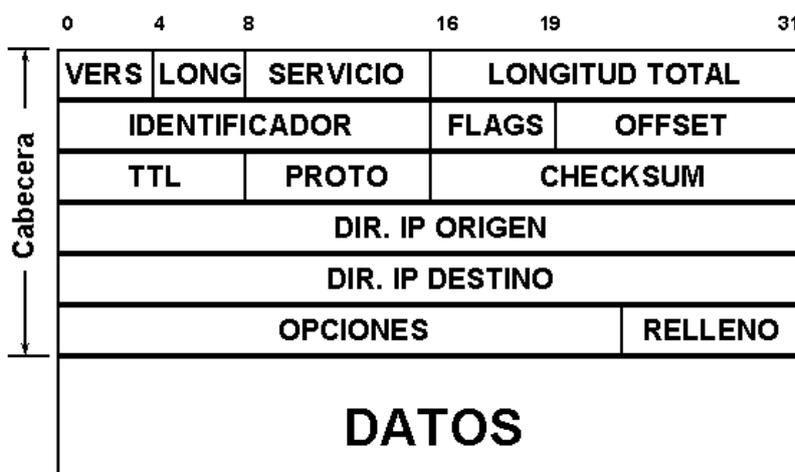


Figura. 2.3. Estructura de un paquete o datagrama IP

- **Longitud Total:** Longitud total del datagrama incluyendo el encabezado (576-65.536 bytes).
- **Direcciones:** Los equipos de transmisión y recepción en redes TCP/IP se identifican por direcciones de 32-bits. Hay una dirección de origen y una dirección de destino.
- **Datos:** Contiene los datos de usuario y es de longitud variable.

Formato de una dirección IP

El direccionamiento IP define direcciones lógicas de red para el conjunto de protocolos TCP/IP. La dirección IP es un componente fijo del protocolo de Internet (IP) y es independiente del hardware usado, del fabricante y del medio de transmisión. Estas direcciones IP son usadas como direcciones de destino (receptor) y direcciones de origen (transmisor) en cada paquete de datos transmitido con el protocolo IP. Para asegurar que siempre el receptor de un paquete sea único, cada estación debe tener su propia dirección.

Cada estación Profinet conectada sobre Ethernet debe poseer una dirección IP. Como un protocolo de la capa 3 (Capa de red) del modelo de referencia OSI, el protocolo IP es independiente del hardware, permitiendo una asignación flexible de las direcciones. Al contrario de lo que sucede en la capa 2, donde una dirección MAC fija es asignada a un dispositivo y no se la puede cambiar.

Tabla. 2.1. Resumen de clases de red

Clase de red	Rangos de Dirección IP	ID de Red	ID de Host	Máscara de Subred
A	1.0.0.0 – 127.255.255.255	1 byte	3 bytes	255.0.0.0
B	128.0.0.0–191.255.255.255	2 bytes	2 bytes	255.255.0.0
C	192.0.0.0–223.255.255.255	3 bytes	1 byte	255.255.255.0
D	224.0.0.0-239.255.255.255	No disponible	No disponible	No disponible
E	240.0.0.0–255.255.255.255	No disponible	No disponible	No disponible

La dirección IP identifica la ubicación de un equipo en la red, al igual que el número de la dirección identifica una casa en una ciudad. Al igual que sucede con la dirección de una casa específica, que es exclusiva pero sigue ciertas convenciones, una dirección IP debe ser exclusiva pero conforme a un formato estándar. Una dirección IP está formada por un conjunto de cuatro números, cada uno de los cuales puede oscilar entre 0 y 255.

Una dirección IP también está formada por dos partes: el ID de host y el ID de red. La primera parte de una dirección IP es el ID de red, que identifica el segmento de red en el que está ubicado el equipo. Todos los equipos del mismo segmento deben tener el mismo ID de red. La segunda parte de una dirección IP es el ID de host, que identifica un equipo, un router u otro dispositivo de un segmento.

El ID de cada host debe ser exclusivo en el ID de red. Es importante observar que dos equipos con diferentes IDs de red pueden tener el mismo ID de host. Sin embargo, la combinación del ID de red y el ID de host debe ser exclusivo para todos los equipos que se comuniquen entre sí.

La máscara de subred fue introducida para dividir la dirección IP en un componente de red y en un componente de la estación señalada. Tiene la misma estructura que la dirección IP, pero solo se señala la parte de la dirección IP representada por el ID de red. El estándar de la máscara de red para las clases de redes A, B y C respectivamente se puede observar en la Tabla 2.1.

Es importante señalar que todos los dispositivos conectados mediante switches están en la misma subred. Una subred se produce cuando se divide todas las direcciones IP posibles en redes parciales. La división lógica de la red en subredes generalmente corresponde a la división física en redes locales parciales.

La división de una clase de red en varias subredes usando máscaras de red se llama "subneteo". Todos los dispositivos en una subred pueden comunicarse directamente con otro. La máscara de subred es idéntica para todos los

dispositivos en una misma subred. Una subred es limitada físicamente por un router.

Clases de direcciones IP

Para proveer una gran número de direcciones con un orden y estructura, se las divide en clases de redes. Las direcciones IP son divididas en 5 clases de redes desde la A a la E. La máscara de subred determina que parte de una dirección IP representa la dirección de red (ID de red). Y que parte la dirección de host (ID de host). Los bits de una dirección IP que pertenecen al ID de red se identifican en la máscara de subred con un valor de 1, aquellos bits que pertenecen al ID de host con un valor de 0. Las direcciones de la clase D son asignadas para grupos multicast. Las direcciones de la clase E son definidas para aplicaciones futura y actualmente no están en uso.

Antes de comenzar una configuración de asignación de direcciones, se debe tener en consideración durante la etapa de diseño que área de dirección se desea usar para los dispositivos Profinet en la red y como se desea asignar esta área de dirección. Ya que el cambio de direcciones debido a una mala asignación es extremadamente compleja y por lo tanto costosa. Cuando se selecciona la clase de red y la dirección de red se debería tomar en cuenta las siguientes preguntas:

- ¿Esta conexión está planeada para una red de datos TCP/IP pública?
- ¿Cuán grande será la red de datos TCP/IP en la configuración final?

No todas las direcciones IP pueden ser usadas para configurar una estación. Ciertas direcciones IP de cada clase de red están reservadas para servicios especiales y no deberían usarse.

- **Direcciones de red:** Si a una estación se le asigna una dirección IP que coincide con la dirección de red de la subred (ej: 192.12.31.0 en la clase de red C) el protocolo IP envía una dirección wildcard a toda la red. Significa que a todas las estaciones de la red con la estructura 192.12.31.x se les pide que envíen una respuesta. Da como resultado un estado de la red indeseable con re-envíos a estaciones que no existen. Esta dirección no será enrutada por esta razón.

- **Dirección de broadcast:** La dirección IP de una subred donde todos los bits son “1” (ej: 192.12.31.255 en la clase de red C) es usada para mensajes de broadcast en la subred. Usando esto, se pueden enviar datos a todas las estaciones de una red local o subred o a todas las estaciones de las redes accesibles directamente.
- **Dirección de loopback:** La dirección de red 127.0.0.1 identifica a la misma computadora o dispositivo. Los paquetes con dirección 127.0.0.1 inmediatamente vuelven hacia el transmisor sin haber accedido a la red. Esto es usado para probar la red, es decir se prueba que las estaciones puedan enviarse mensajes ellas mismas.
- **Direcciones IP públicas:** Un ordenador con una IP pública es accesible (visible) desde cualquier otro ordenador conectado a Internet. Internet es el ejemplo más grande de una red TCP/IP. Para conectarse a Internet es necesario tener una dirección IP pública que será única en el mundo.
- **Direcciones IP privadas:** Para permitir que redes locales sin conexión a Internet sean operadas con TCP/IP, sin tener que aplicar direcciones de IP únicas, existe un rango de direcciones de cada clase de red (A,B,C) que han sido asignadas para uso privado. Estas direcciones no pueden ser enrutadas por routers externos.

El rango de direcciones definido por la IANA para este propósito es:

Tabla. 2.2. Rango de direcciones IP privadas

Clases	Redes
A	10.0.0.0 hasta 10.255.255.255
B	172.16.0.0 hasta 172.31.0.0
C	192.168.0.0 hasta 192.168.255.0

- **Direcciones IP dinámicas – DHCP:** la mayoría de problemas que ocurren en las direcciones de redes basadas en IP es cuando se añade, borra o modifica estaciones. Para reducir los problemas de reconfiguración, se ha provisto el protocolo DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). DHCP asigna

direcciones IP dinámicas desde un conjunto de direcciones disponibles a una estación lógica por un cierto tiempo fijo. De esta manera, DHCP permite a una estación moverse desde una subred a otra sin ser configurada manualmente. Solo las direcciones IP requeridas en ese momento son usadas. Las direcciones IP que se ya no están en uso se pueden volver a usar nuevamente. Al menos un servidor DHCP se requiere en una red para administración de los datos de configuración de un rango de dirección IP definido. Los terminales de datos individuales con capacidad DHCP se registran durante su inicialización, y se asignan su dirección IP y los parámetros asociados por este servidor.

TCP (Protocolo de Control de Transmisión)

La transmisión de datos sobre Ethernet con IP es un método no muy confiable. Los paquetes de datos se pueden perder como resultado de fallas en el medio de transmisión o por una sobrecarga de la red. Por ejemplo los paquetes de datos pueden llegar más de una vez o en una secuencia diferente a la secuencia transmitida originalmente.

Solo por la capa de transporte que está encima de la capa de red se garantiza una transmisión confiable y completa de la información entre el transmisor y el receptor con la secuencia correcta. TCP fue especificado en el estándar RFC 793 en 1981 y es un protocolo de transmisión orientado a conexión. Significa que, cuando se intercambian datos entre estaciones, los datos del que envía son confirmados por el receptor. Por esta razón, se añaden mecanismos para verificación de errores, flujo de control y confirmación de la transmisión y recepción. TCP establece la conexión entre el canal de comunicaciones y el programa de usuario del host en las computadoras involucradas por medio de "puertos". Estos puertos pueden ser considerados como distribuidores hacia niveles superiores mediante TCP. Dependiendo de que puerto esté especificado en el protocolo TCP, el paquete TCP es entregado por medio del protocolo o programa de usuario asignado al puerto respectivo. Una estación de comunicaciones TCP es direccionada usando la combinación de la dirección IP y el número de puerto (ej: 192.158.163.15: 80). La combinación de la dirección IP y el número del puerto se refiere también como socket. Un rango de número de

puertos tienen una asignación fija (ej: para HTTP es 80, para Telnet es 25). Cada paquete o segmento TCP contiene un número de puerto del transmisor y uno del receptor.

El encabezado TCP es de 20 bytes de longitud y se basa directamente en el encabezado IP. Un segmento TCP tiene la estructura que se muestra en la Figura 2.4.

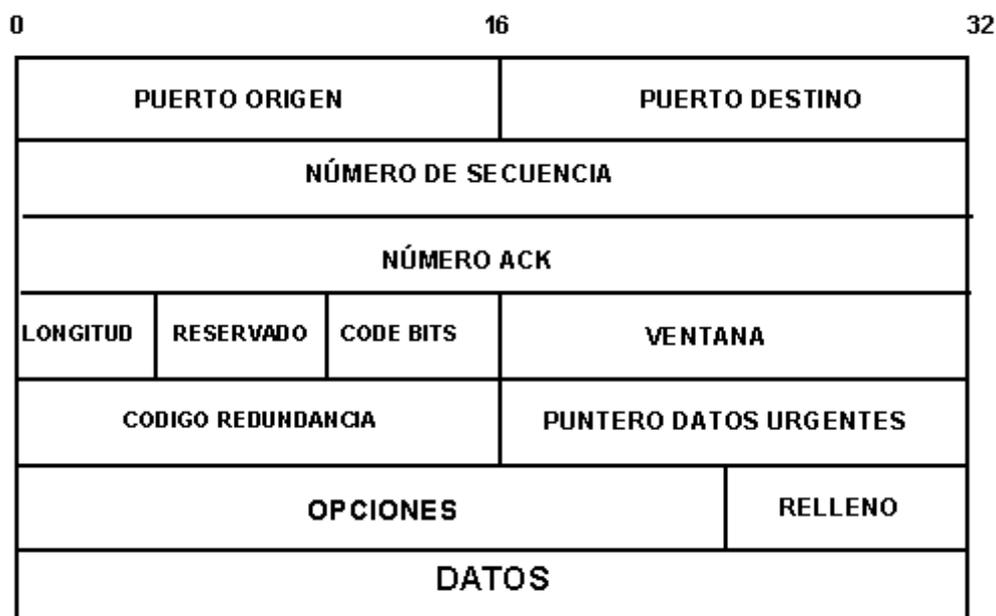


Figura. 2.4. Formato de segmento TCP

2.2.5.2 UDP/IP

No todos los servicios de la capa de transporte requieren una conexión segura entre dos equipos de comunicación como con TCP. Por ejemplo, si la red es suficientemente segura, como lo es generalmente en el caso de redes de área local (LANs), el protocolo de transporte puede configurarse de manera más simple. El Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP) es un protocolo que provee solo funciones fundamentales para el transporte de datos. Fue especificado en el RFC 768 en 1980. UDP es un protocolo no orientado a conexión y en relación con TCP solo ofrece algunos puertos adicionales y un checksum (verifica que el paquete este completo).

UDP no trabaja con una conexión continua en los dos finales de la comunicación. Por ejemplo se omiten el establecimiento y la eliminación de la conexión, también la confirmación de los paquetes recibidos.

En la transferencia de datos se hace solamente un checksum, y aún este es opcional. Cualquier otro mecanismo para el manejo de errores como los que existen en TCP no se encuentran en UDP. Por lo tanto, la pérdida, duplicación o errores en la secuencia son posibles para los datos que van a transmitirse. Todos estos posibles errores deben manejarse en el nivel de aplicación si se utiliza UDP. El rendimiento depende entonces muchísimo de la programación de la aplicación. Dejando a un lado esta deficiencia, UDP tiene la ventaja de la velocidad. Comparado con TCP, UDP muestra aproximadamente una velocidad tres veces mayor. Como resultado de su velocidad, UDP se usa en Profinet en casos de excepción como intercambio de datos e inicialización de sistemas. En la Figura 2.5 se muestra un paquete UDP.

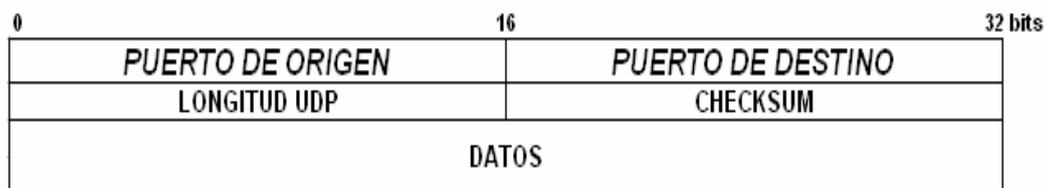


Figura. 2.5. Paquete UDP

Sockets: En el comienzo de los ochenta se introdujo la llamada interfaz socket para la comunicación entre procesos como BSD en los sistemas UNIX. Un socket es el nombre para los puntos de conexión final lógicos cuando se usa TCP o UDP. Un socket consiste de un número de red, un número de computadora y un número de puerto. Aplicaciones distribuidas sobre una red se pueden programar por medio de la interfaz socket. Esta interfaz provee una librería con funciones.

2.3. COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL

El uso de la tecnología Ethernet con sistemas de automatización en el campo debe soportar las propiedades que se requieren en las redes de automatización en el campo como:

- Eficiencia e intercambio a altas frecuencias de pequeñas cantidades de datos.
- Comunicación en tiempo real
- Acciones de sincronización entre estaciones
- Diseño apropiado para bus de campo (ej: estructuras de línea)

Estas propiedades de los sistemas actuales de buses de campo se incrementan mediante las propiedades específicas de las redes Ethernet.

Aunque el ancho de banda de 100 Mbps es un valor mucho más grande en magnitud que el ancho de banda de Profibus y de otros buses de campo, no obstante el ancho de banda disponible depende en gran manera de factores como:

- Tipo y forma de la implementación local en los terminales de datos
- Topología de la red
- Propiedades de los componentes de red usados

2.3.1. Requerimientos de Ethernet con capacidad de tiempo real

Un sistema puede ser considerado que cuenta con capacidad de tiempo real con respecto a una aplicación si todos los requerimientos de tiempo de la aplicación son cumplidos. Una respuesta en tiempo real requiere que un sistema tenga un tiempo de respuesta claramente definido que esté garantizado bajo todas las condiciones de operación. Un sistema debe satisfacer 4 criterios para llegar a considerarse con capacidad de tiempo real:

- **Tiempo de respuesta, tiempo de ciclo, tiempo de corrida (runtime):** se debe aplicar un límite superior definido para estos parámetros los cuáles nunca deben ser excedidos.
- **Jitter:** como los requerimientos para la velocidad y precisión aumentan, el tiempo de variación y desviación del setpoint debe ser menor. Todo sistema de control tiene un tiempo de duración de ciclo teórico o deseado,

pero en la práctica el ciclo dura más o menos tiempo. La diferencia de tiempo entre la duración deseada y la real es llamada Jitter (fluctuación). Generalmente el sistema de control corre en forma cíclica, y cada iteración tendrá su propio Jitter.

- **Sincronismo:** esto determina la simultaneidad de las acciones. Se requiere la mayor exactitud posible.
- **Rendimiento:** se debe garantizar que la cantidad de datos definida pueda ser transmitida dentro de una unidad de tiempo.

Transfiriendo estos criterios para los requerimientos de Ethernet para la capacidad en tiempo real, se deben satisfacer los siguientes pre-requisitos:

- **Segmentación:** mediante un componente de red especialmente diseñado (ej: router) se debe garantizar que la interferencia de tráfico quede apartada de la red en tiempo real, pues una sobrecarga en la red resultaría en una respuesta no determinística.
- **Procedimiento time slot:** los sistemas con capacidad de tiempo real están generalmente definidos por secuencias las cuáles ocurren en intervalos cíclicos exactos. Esto garantiza que todos los datos requeridos sean siempre transmitidos en el tiempo correcto.
- **Tiempo de sincronización:** muchos procesos tienen que ser iniciados simultáneamente para que logren el sincronismo deseado. Esto significa que todos los relojes locales deben operar sincronizadamente dentro de una tolerancia definida.

2.3.2. Profinet - tiempo real

Respuesta de Tiempo Real es la capacidad de un sistema de responder a un evento o ejecutar una acción de manera determinística, confiable, y garantizada dentro de un período de tiempo determinado.

Determinístico quiere decir que un sistema tiene una respuesta predecible.

Los requerimientos generales para una comunicación en tiempo real (RT) son por consiguiente:

- Respuesta determinística
- Tiempo de respuesta de hasta ≤ 5 ms para aplicaciones estándar

Una posibilidad para implementar comunicación en tiempo real es el uso de los protocolos de comunicación estándares como TCP/IP o UDP/IP. Sin embargo, su aplicación también está asociada con desventajas: la sobrecarga de la trama incrementa la longitud de la trama, y entonces resulta en un incremento en el tiempo de la transmisión en la línea. De ahí en adelante, las **pilas de comunicación** (conjunto de todas las capas del modelo TCP/IP) correspondientes requieren un largo tiempo de cómputo en el procesador y por lo tanto resulta en un incremento en los ciclos de envío, es decir que estos protocolos no tienen una respuesta determinística todo el tiempo.

Se pueden lograr mejoras considerables en la tasa de actualización con una reducción en la carga del procesador a través de la optimización de las pilas de comunicación en el proveedor y el consumidor. Sin embargo, la optimización del tiempo de ejecución de la pila de comunicación también significa que la pila de comunicación TCP/IP resultante ya no es más un producto estándar sino una implementación propietaria. Lo mismo se aplica para el uso de implementaciones UDP/IP.

Profinet usa un **canal de comunicaciones** optimizado para la comunicación en tiempo real, y así garantiza la transmisión de datos de tiempo crítico entre las diferentes estaciones sobre una red dentro de un intervalo definido.

El canal de tiempo real se implementa en los controladores Ethernet estándar usando una solución de software ejecutada sobre ellos, o en forma de hardware especial. Esto se basa en la capa 2 del modelo OSI. El direccionamiento de los paquetes de datos no es llevado a cabo usando una dirección IP, sino usando las direcciones MAC de los dispositivos receptores. El protocolo de tiempo real permite una determinación exacta del tiempo, es decir permite predecir el tiempo de la transmisión, y garantiza que la comunicación usando otros protocolos estándar como TCP/IP tenga lugar simultáneamente en la misma red sin problema.

El protocolo de tiempo real permite una transmisión de datos cíclicos de alto rendimiento y mensajes de eventos controlados (alarmas). Este protocolo se divide en tres clases.

- Clase 1 de tiempo real: adecuado para transmisión de datos cíclicos. No requiere una demanda especial sobre los switches usados.
- Clase 2 de tiempo real: adecuado para transmisión de interrupciones y datos cíclicos. Switches especiales se usan en este caso.
- Clase 3 de tiempo real (IRT): adecuado para la transmisión de datos cíclicos con aplicaciones de control de movimiento. Se deben usar switches especiales en esta clase, y una planeación explícita de la comunicación se debe llevar a cabo.

Los datos cuya transmisión no necesita de los requerimientos de tiempo real, son intercambiados en el canal estándar.

2.3.3. Comunicación - tiempo real

La transmisión de datos en tiempo real es llevada a cabo por Profinet RT de acuerdo al **modelo proveedor/consumidor**.

En un modelo proveedor/consumidor, el proveedor envía sus datos al consumidor sin petición por parte del interlocutor de comunicación. El consumidor procesa los datos. La correspondencia entre proveedores y consumidores se define durante la configuración. Los dispositivos Profinet pueden trabajar simultáneamente como consumidores o proveedores.

A continuación se describe lo que sucede en la ejecución de la comunicación entre el consumidor y el proveedor (Observar Figura 2.6.):

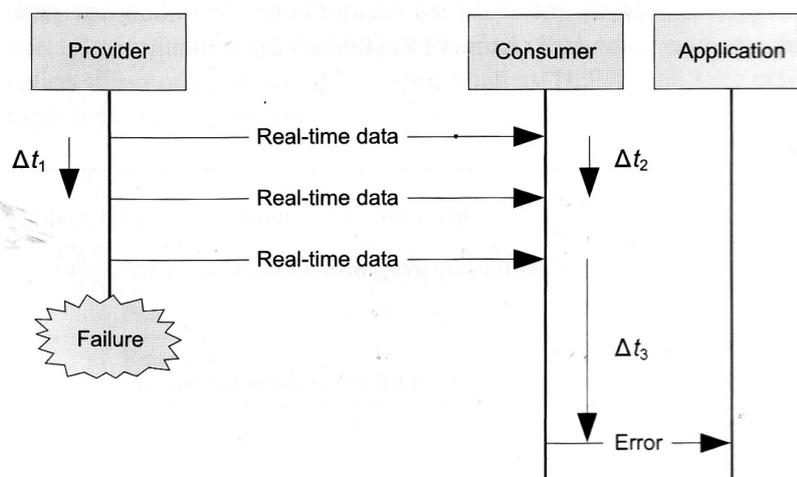


Figura. 2.6. Principio de intercambio de los datos de usuario²

El intercambio cíclico de datos es llevado con un servicio orientado a conexión. El establecimiento y liberación de la conexión se la hace usando un protocolo de capa superior.

El proveedor no recibe una respuesta explícita cuando el paquete de datos ha llegado al consumidor. Es decir, el proveedor no recibe un mensaje de error correspondiente y es necesaria otra conexión a parte con funciones inversas en el canal de retorno para los mensajes de error.

El consumidor monitorea la recepción de datos por medio de un **intervalo de monitoreo Δt_3** como se muestra en la Figura 2.6.

Solo los paquetes de datos cuya longitud junto con todos los encabezados de protocolo no exceda la longitud total de un paquete Ethernet pueden ser transferidos sobre la interfaz entre el consumidor y el proveedor. El protocolo en tiempo real **no soporta la segmentación y el re-ensamblaje de datos**.

El **intervalo de actualización Δt_1** es específico para cada proveedor. Este intervalo no debe ser muy pequeño.

² Fuente: Tomada del libro Automating with Profinet

Un **intervalo de control del proveedor Δt_2** es definido por cada consumidor como se observa en la Figura 2.6. Este intervalo puede corresponder, por ejemplo, al **intervalo de actualización Δt_1** . El consumidor monitorea la transmisión regular de datos previamente definidos en el proveedor.

El **intervalo de actualización Δt_1** y el **intervalo de control del proveedor Δt_2** son definidos por la configuración y las propiedades del dispositivo.

2.3.3.1 Gestión de la conexión en tiempo real

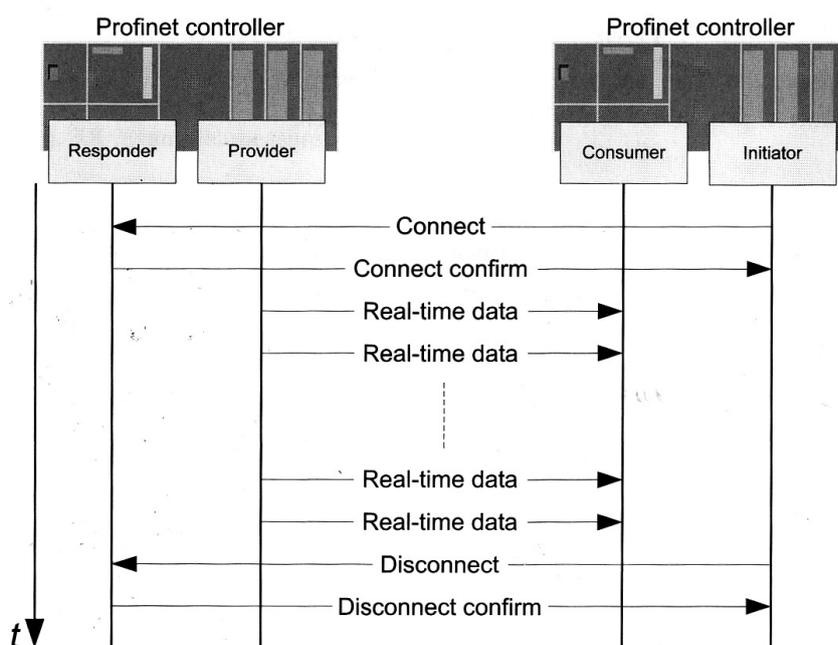


Figura. 2.7. Establecimiento y eliminación de una conexión cíclica con Profinet CBA³

Durante la transmisión cíclica de los datos, la gestión de la conexión es operada por un protocolo de capa superior, por ejemplo TCP/IP. El dispositivo que inicia la comunicación (ej: controlador Profinet), recibe la información concerniente a las conexiones que se van a establecer desde un sistema de ingeniería, o de

³ Fuente: Tomada del libro Automating with Profinet

datos de configuración grabados. Usando los datos, el dispositivo que inicia la comunicación, automáticamente intenta establecer una conexión al dispositivo con el que se quiere comunicar. Después de un establecimiento exitoso de la conexión, el proveedor comienza con la transmisión de datos productivos hacia el consumidor como se observa en la Figura 2.7. El que inicia la comunicación es el consumidor y el que responde a la comunicación es el proveedor.

2.3.3.2 Sincronización

Para cualquier red es necesario una sincronización, por ejemplo en una comunicación en tiempo real IRT (Tiempo real isócrono), Profinet usa una función automática la cuál graba exactamente todos los parámetros del enlace de transmisión: se llama **PTCP (Protocolo Reloj Transparente de Precisión)**. El establecer una red síncrona es una de las funcionalidades básicas del **Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas (ASIC) Profinet**.

ASIC Profinet es un chip de alto rendimiento para comunicaciones distantes que viene en los dispositivos Profinet que entre otras funciones como la de establecer sincronía en la red fue desarrollado para su uso en aplicaciones de control de movimiento.

El protocolo PTCP se encuentra en la capa 2 del modelo OSI y por lo tanto no tiene capacidad de ruteo. Sirve para el tiempo de sincronización en el rango de los microsegundos y sub microsegundos entre el master PTCP y los esclavos PTCP del mismo subdominio PTCP. Un subdominio PTCP comprende a todos los equipos que participan en la comunicación que están sincronizados con el mismo reloj en una subred. PTCP soporta hasta 32 relojes diferentes.

Las propiedades más importantes de PTCP son:

- Sincronismo en el rango del microsegundo y sub microsegundo.
- Bajo uso de recursos
- No tiene requerimientos especiales de memoria y rendimiento del CPU de los componentes de la red.
- Mínimo uso del ancho de banda
- Requerimientos de administración bajos.

Procedimiento de sincronización

El procedimiento de sincronización en la red está dividido en dos partes. La primera parte del procedimiento consiste en medir el retraso entre dos compañeros que se comunican el uno con el otro. El retraso total consiste en tres períodos: el retraso local en el dispositivo que transmite y en el que responde y también en el retraso de la trama en el medio de transmisión

La segunda parte del procedimiento de sincronización es el tiempo de sincronización dentro del subdominio PTCP. El PTCP master envía una trama de sincronización a los dispositivos del subdominio con los siguientes valores:

- El valor del reloj del PTCP master y
- El tiempo del retraso total del enlace entre el transmisor y receptor calculado anteriormente.

Con esta información que se transmite en la trama de sincronización, los PTCP esclavos sincronizan sus relojes locales.

Un pre-requisito para una sincronización exacta es determinar exactamente los tiempos de retraso. Estos tiempos resultan del retraso de la transmisión de datos en el cable y en los dispositivos como se observa en la Tabla 2.3.

Tabla. 2.3. Retrasos típicos en un enlace de transmisión

Componente	Tiempos de Retraso
Cable	5 ns/m
Transmisor/Receptor	100-300 ns
Switch	10 μ s

2.3.3.3 Elementos de una trama de protocolo en Tiempo Real

El protocolo Tiempo-Real utiliza el formato del protocolo Ethernet II, el cual es usado casi exclusivamente actualmente para la transmisión de datos.

Para mantener el jitter (tiempo de ciclo de desviación máxima) durante la transmisión de la trama lo más pequeño posible en los switches, se asignan prioridades a las tramas usando el formato de trama **VLAN tagging**, ver la Figura

2.8. Se usa el elemento **User Priority** del protocolo para que los switches controlen el flujo de datos entre los dispositivos durante la transmisión. El campo **User priority** puede tener valores entre 0 (prioridad más baja) y 7 (prioridad más alta). Las tramas de tiempo-real Profinet se envían con prioridad 6 o 7.

Las tramas **VLAN tagging** de acuerdo al estándar IEEE 802.1Q extienden la trama Ethernet en 2 campos de 2 bytes. El campo **Ethertype** con el valor 0x8100 identifica que el paquete contiene el campo **VLAN tag protocol identifier** en el cual se encuentra el elemento User Priority.

Las tramas de tiempo-real Profinet se identifican por el valor 0x8892 del campo **Ethertype** de la trama Ethernet original, este valor es asignado por el Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE), así se lo diferencia de otros protocolos. El campo **FrameID** es usado para direccionar un canal de comunicación específico entre dos dispositivos. Los campos **Ethertype** y **FrameID** juntos permiten un reconocimiento rápido de las tramas en tiempo-real.

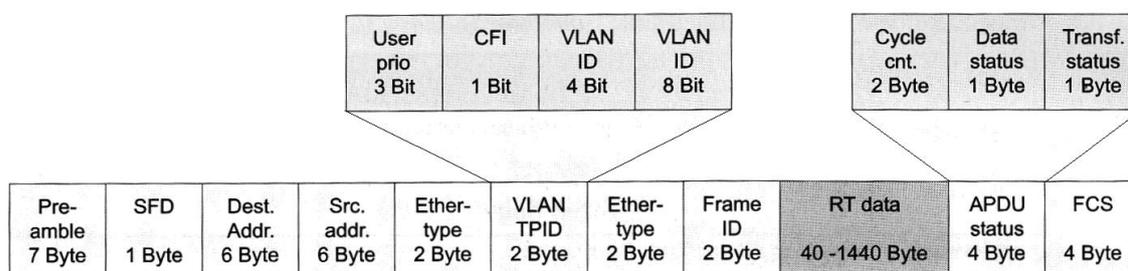


Figura. 2.8. Estructura de una trama de Tiempo-Real⁴

En el receptor, el controlador Ethernet evalúa primero los 6 bytes del campo de la dirección de destino (**destination address**). Después lleva a cabo la asignación del canal de comunicaciones a la trama usando los campos Ether-type y FrameID.

⁴ Fuente: Tomada del libro Automating with Profinet

2.3.4. Comunicación en Tiempo-Real Isócrona

Profinet IRT fue desarrollada para comunicaciones de control de movimiento de alto rendimiento, y como solución para los más exigentes requerimientos en tiempo real en la industria.

La ingeniería servo moderna permite que el acople mecánico de unidades motrices (ej: motor, ejes, etc.) por medio de un árbol de transmisión (eje que permite transmitir el esfuerzo motriz) sea reemplazado por un acople electrónico. El acople electrónico se logra por medio de un sistema de comunicación. Este sistema debe satisfacer los siguientes requerimientos específicos para el control de movimiento con la finalidad de garantizar el determinismo:

- Operación Isócrona del sistema de comunicación
- Tiempos de ciclo iguales hacia los controladores de los drives
- Intercambio directo de datos entre ejes acoplados sincrónicamente

Con la ingeniería de drives, la comunicación isócrona es la base de la sincronización de drives. La comunicación isócrona no es solamente transferir la trama en una red con tiempos iguales entre trama y trama, mucho más importante es la sincronía de los algoritmos de control en el drive con el host controlador de movimiento.

Para aplicaciones típicas con drives se necesita que el jitter máximo sea de 1 μ s. Se necesita este tiempo para obtener una estricta sincronía entre los lazos de control y el valor actual del lazo en ese momento, de esa manera se garantiza la calidad del control.

Por razones de rendimiento, los ejes acoplados eléctricamente deben también intercambiar setpoints entre los drives sin desviarse hacia el controlador de movimiento.

La transmisión rápida de los setpoints es efectuada de manera síncrona al reloj de los controladores rápidos en los drives. El tiempo de ciclo es por lo tanto definido por el reloj de control de los controladores rápidos de los drives, y

generalmente es un tiempo mucho más pequeño que los tiempos requeridos para la transferencia de datos I/O.

2.3.4.1 Tecnología Isócrona de Tiempo-Real

La tecnología IRT trabaja con soporte de hardware de un chip de comunicaciones especial **ASIC**. IRT permite la comunicación con la capacidad de tiempo-real bajo todas las condiciones, aún en:

- Cualquier situación de sobrecarga en la comunicación, ej: lo que pasa generalmente en TCP/IP
- Cualquier topología de red, ej: muchos switches conectados en serie

Esto se logra usando un procedimiento de multiplexación por división de tiempo (TDM). Un ciclo de transmisión consiste de intervalos cuyo comienzo es exactamente monitoreado por el chip ASIC. Los datos son intercambiados entre un **canal IRT** y un **canal abierto** dentro de este intervalo.

Mientras que el **canal IRT** esta reservado solo para la transmisión de tramas de tiempo real cíclicas, isócronas, la transmisión de datos en tiempo-real (RT) y de datos no en tiempo-real (NRT) es efectuada en el **canal abierto**. El intercambio de datos por medio de TCP/IP (FTP, HTTP, etc.) tiene lugar en el canal abierto.

2.3.4.2 Elementos del protocolo IRT

Pre- amble 7 Byte	SFD 1 Byte	Dest. Addr. 6 Byte	Src. Addr. 6 Byte	Ether- type 2 Byte	Frame ID 2 Byte	IRT data 36 -1490 Byte	FCS 4 Byte
-------------------------	---------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	-----------------------	---------------------------	---------------

Figura. 2.9. Estructura de una trama isócrona⁵

⁵ Fuente: Tomada del libro Automating with Profinet

Como resultado de que IRT es una comunicación basada en el tiempo, una trama isócrona de tiempo-real tiene definido un instante de tiempo de transmisión. Una trama IRT se especifica sin equivocación por su posición dentro del ciclo de transmisión y por los campos **FrameID** y **Ethertype** con el valor **0x8892**. A diferencia de una trama de tiempo-real, una trama IRT no es necesario que tenga el campo **VLAN tag identifier** para la asignación de prioridad como se observa en la Figura 2.9.

2.3.4.3 Configuración de Aplicación IRT

IRT como un concepto de transmisión precisa de un diseño explícito de la comunicación. El diseño de la comunicación IRT es una tarea de optimización basada en un algoritmo. Este algoritmo requiere los siguientes parámetros de entrada principales:

- Topología de la red
- Datos de desempeño de los nodos de comunicación presentes en la ruta de transmisión
- Nodos de destino y origen
- Cantidad de datos a ser transmitidos
- Propiedades configuradas de la ruta de conexión (ej: transmisión redundante)

Después de un cálculo correspondiente, los siguientes datos de salida resultan para cada transmisión en cada switch:

- Puerto de recepción y/o uno o más puertos transmisores
- Punto exacto en tiempo de transferencia.

Para seguir con los cálculos como se haría en un sistema de ingeniería, se utilizan los datos de parametrización que se encuentran entre las estaciones de comunicación respectivas.

2.4. PROFINET IO

Profinet IO dentro del contexto de Profinet es el concepto de comunicaciones para implementación de aplicaciones distribuidas y modulares en Ethernet

Industrial. Los dispositivos de campo y I/O distribuidas son integrados a la comunicación Ethernet por medio de Profinet IO.

Profinet IO admite 1.440 bytes/trama por dispositivo de campo, con lo cual supera el volumen de datos que se puede enviar a través de un bus de campo convencional. Por otra parte, Profinet IO también permite utilizar servicios de TI (Tecnología de Información) para los dispositivos de campo, como la puesta en marcha de los dispositivos en línea o el diagnóstico de red.

La ingeniería usada en Profinet IO se orienta en Profibus DP (protocolo abierto de comunicación industrial desarrollado por SIEMENS para el nivel de campo). Está es una ventaja para las personas que han manejado este protocolo puesto que la programación usada en el programa de usuario de un controlador IO es equivalente al procedimiento con Profibus DP. Se han añadido nuevos bloques y listas de estados del sistema para Profinet IO.

Los dispositivos de campo distribuidos en Profinet, llamados **Dispositivos Profinet IO**, se asignan durante la configuración a un PLC, que en Profinet IO se llama **Controlador Profinet IO**. Si un Controlador Profinet IO tiene también una interfaz Profibus, puede simultáneamente ser un master DP de una red subordinada Profibus.

Con Profinet IO, el principio de modelo maestro/esclavo utilizado generalmente con algunos buses de campo se convierte en un modelo **proveedor/consumidor**. Desde el punto de vista de la comunicación, todos los dispositivos Profinet tienen los mismos privilegios en Ethernet. Sin embargo, se le asigna una categoría a cada dispositivo durante la configuración, y esta define el tipo y la manera de la comunicación de acuerdo al modelo proveedor/consumidor.

2.4.1. Características básicas

Tabla. 2.4. Características básicas de Profinet IO

Función	Descripción en Profinet IO
Sistema de transmisión por cable	Ethernet Industrial por cable de par trenzado y cable de fibra óptica
Sistema de transmisión sin cable	Wireless LAN Industrial usando transmisión vía radio
Topología	Estándar: estrella y árbol Opcional: bus y anillo
Direccionamiento	<p>Se asigna una dirección IP al Controlador IO en el software Profinet IO engineering tool.</p> <p>Se asigna las direcciones IP a los Dispositivos IO por medio del Controlador IO.</p> <p>La asignación de los nombres a los Dispositivos IO se lo hace en el software Profinet IO engineering tool.</p>
Importación de datos de dispositivo	En archivos .GSD con formato XML
Dispositivos de HOST	Controlador-IO Supervisor-IO
Dispositivos subordinados	Dispositivo-IO
Dirección de red	Dirección IP

2.4.2. Clases de dispositivos Profinet IO

Tabla. 2.5. Clases de dispositivos Profinet IO

Clase de dispositivo	Función
Supervisor-IO	El Supervisor-IO es un dispositivo de ingeniería, generalmente una PC, usado para programación, configuración y diagnóstico de Controladores IO y Dispositivos IO. Se conecta generalmente temporalmente para la puesta en marcha de los equipos o para la detección de problemas (troubleshooting)
Controlador-IO	Un Controlador IO es un controlador programable, generalmente un PLC, en el se ejecuta un rutina de automatización. La configuración de una red Profinet IO contiene por lo menos un Controlador IO.
Dispositivo-IO	Un Dispositivo IO es un dispositivo de campo el cuál intercambia datos con uno o más Controladores IO usando las características de comunicación del protocolo de Profinet IO.
Servidor de Parámetros-IO	El Servidor de Parámetros IO es una estación servidor, generalmente una PC, que sirve para cargar y grabar los registros de configuración de los Dispositivos IO

2.4.3. Flujo de datos con Profinet IO

El intercambio de datos entre estaciones de comunicación Profinet IO se efectúa por medio de dos canales de comunicación: el uno es el canal estándar que se basa en UDP/IP y el otro es el canal de tiempo-real. Dentro de estos canales, los datos se transmiten usando diferentes protocolos como se observa en la Tabla 2.6 y en la Figura 2.10.

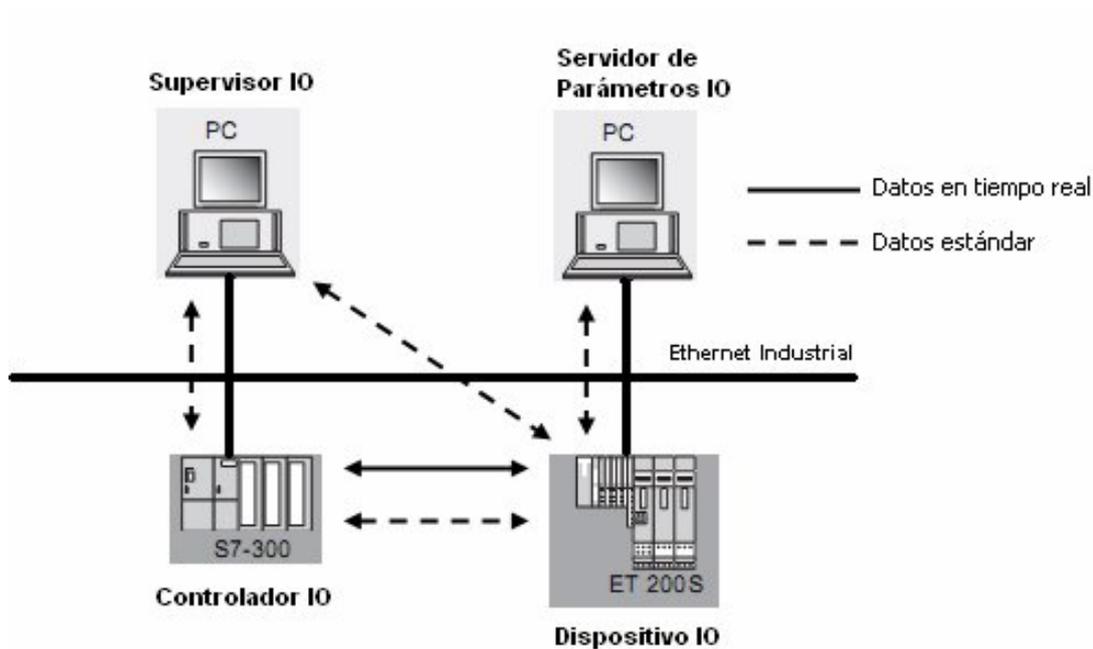


Figura. 2.10. Flujo de datos entre dispositivos Profinet IO

Tabla. 2.6. Canales de datos Profinet IO

Canal	Protocolo	Servicio
Datos estándar	UDP	Configuración del dispositivo Lectura de datos de diagnóstico Carga de interconexiones Lectura y escritura no cíclica de datos
	IP	Transmisión de datos entre redes interconectadas
	DHCP	Asignación automática de direcciones IP dentro de una red
	DNS	Administración de nombre lógicos en una red basada en IP
	DCP	Asignación de dirección y nombre para dispositivos Profinet IO
	SNMP	Administración simple de la red

	ARP	Mapeo de las direcciones IP a sus correspondientes direcciones MAC
	ICMP	Transmisión de información de errores
Datos de tiempo-real	Protocolo RT	Transmisión cíclica de datos Transmisión no cíclica de interrupciones Tiempo de sincronización Funciones generales de administración
	LLDP	Reconocimiento de vecinos. Intercambio de dirección MAC, nombre de dispositivo y número de puerto propios con el vecino directo.
	PTCP	Tiempo de sincronización

2.4.4. Modelo de un Dispositivo-IO

Para estructurar un Dispositivo-IO, se ha especificado un modelo para dispositivos uniforme, que permite el modelamiento de dispositivos de campo modulares y compactos. La estructura de un Dispositivo IO se observa en la Figura 2.11 y en la Tabla 2.7.

Los módulos de un dispositivo IO se posicionan en slots, los sub-módulos en sub-slots. Una característica y ventaja de este modelamiento es que es posible el intercambio en caliente de módulos y sub-módulos. La diferencia entre un dispositivo modular y uno compacto es solamente que en un dispositivo compacto los slots/sub-slots con sus módulos/sub-módulos tienen una definición fija. Los niveles de dirección dispositivo-slot-subslot pueden aplicarse a cualquier implementación física de dispositivos. Los datos de entrada y salida I/O están definidos dentro de un slot o sub-slot.

2.4.5. Servicios y Protocolos

A continuación se describirán brevemente algunos de los servicios usados con Profinet IO:

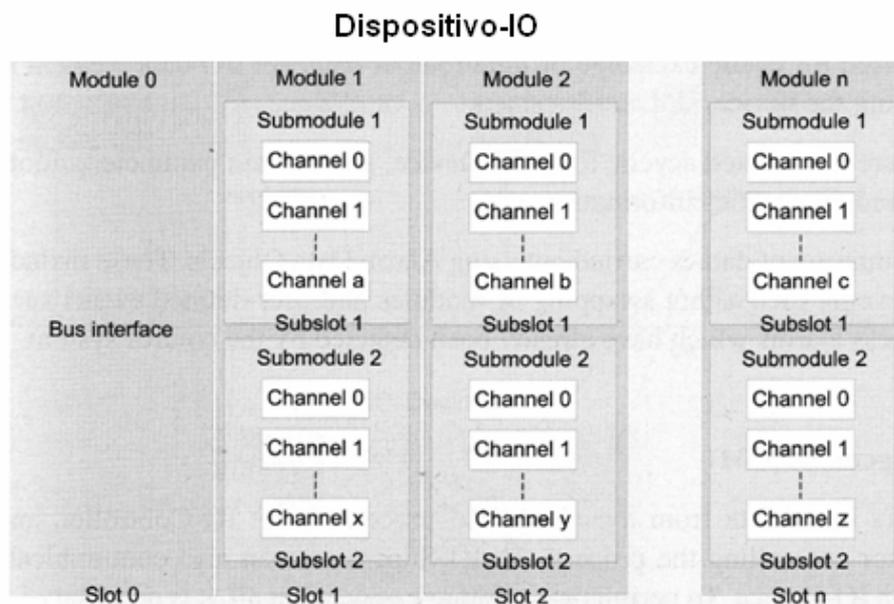


Figura. 2.11. Modelo de Dispositivos-IO⁶

Tabla. 2.7. Elementos de un modelo de dispositivo

Elemento	Función
Slot	Un slot describe la organización de los componentes o funciones, como los módulos de hardware o unidades lógicas dentro de un Dispositivo-IO. Los slots se numeran del 1 al 32767. Un slot puede tener varios sublots
Sub-slot	Un sub-slot describe la organización de los componentes o funciones, dentro de un slot. Los sub-slots se numeran del 1 al 32767. Un slot puede tener varios sublots. El sub-slot con el número 0 se usa para referirse al slot en el que se encuentra. Los sub-slots en el rango de 32768 hasta 36863 se usan en aplicaciones especiales. Un sub-slot puede tener varios canales
Canal	Un canal representa la estructura real de los datos de entrada y salida

⁶ Fuente: PIGAN Raimond y METTER Mark, *Automating with Profinet*, 2006, 355 Págs.

Transmisión de datos I/O Cíclicos

Para evaluar la calidad de los valores de los datos de entrada y salida en el intercambio de datos cíclicos entre un Controlador-IO y un Dispositivo-IO, Profinet IO usa dos atributos llamados **IOPS** (Estatus IO del Proveedor) e **IOCS** (Estatus IO del Consumidor).

El estatus IOPS es transmitido por el proveedor de manera simultánea con los datos I/O, mientras que el estatus IOCS solo puede ser retornado por el consumidor hacia el proveedor después de la recepción de los datos, de esta manera se evalúa si los datos llegaron del proveedor al consumidor. Los estatus IOCS e IOPS pueden tener los valores **GOOD** y **BAD**.

Transmisión de datos no-cíclica

La transmisión no-cíclica de datos sirve para intercambiar datos que no necesitan tiempo-crítico como por ejemplo los datos de parametrización de arranque, datos de diagnóstico, etc. Para esta transmisión se utilizan los servicios **read** y **write**. El intercambio no-cíclico de datos utiliza el canal de comunicación NRT (non-real-time) basado en UDP/IP. Los servicios **read/write** consisten en solicitud con su respectiva respuesta.

Asignación del nombre a un Dispositivo-IO

A los Dispositivos-IO se les debe asignar un nombre antes del establecimiento de la conexión real entre el Controlador-IO y el Dispositivo-IO. Para este procedimiento Profinet IO utiliza el protocolo **DCP** (discovery and basic configuration protocol).

Asignación de la dirección IP a un Dispositivo-IO

A un Dispositivo-IO se le asigna su propia dirección IP válida durante el arranque del sistema, es decir que el Controlador-IO asigna la dirección IP al Dispositivo-IO en la inicialización. En este procedimiento Profinet IO utiliza el protocolo **ARP** (address resolution protocol) y el protocolo DCP.

2.4.6. Pasos para configuración y arranque de un Sistema Profinet IO

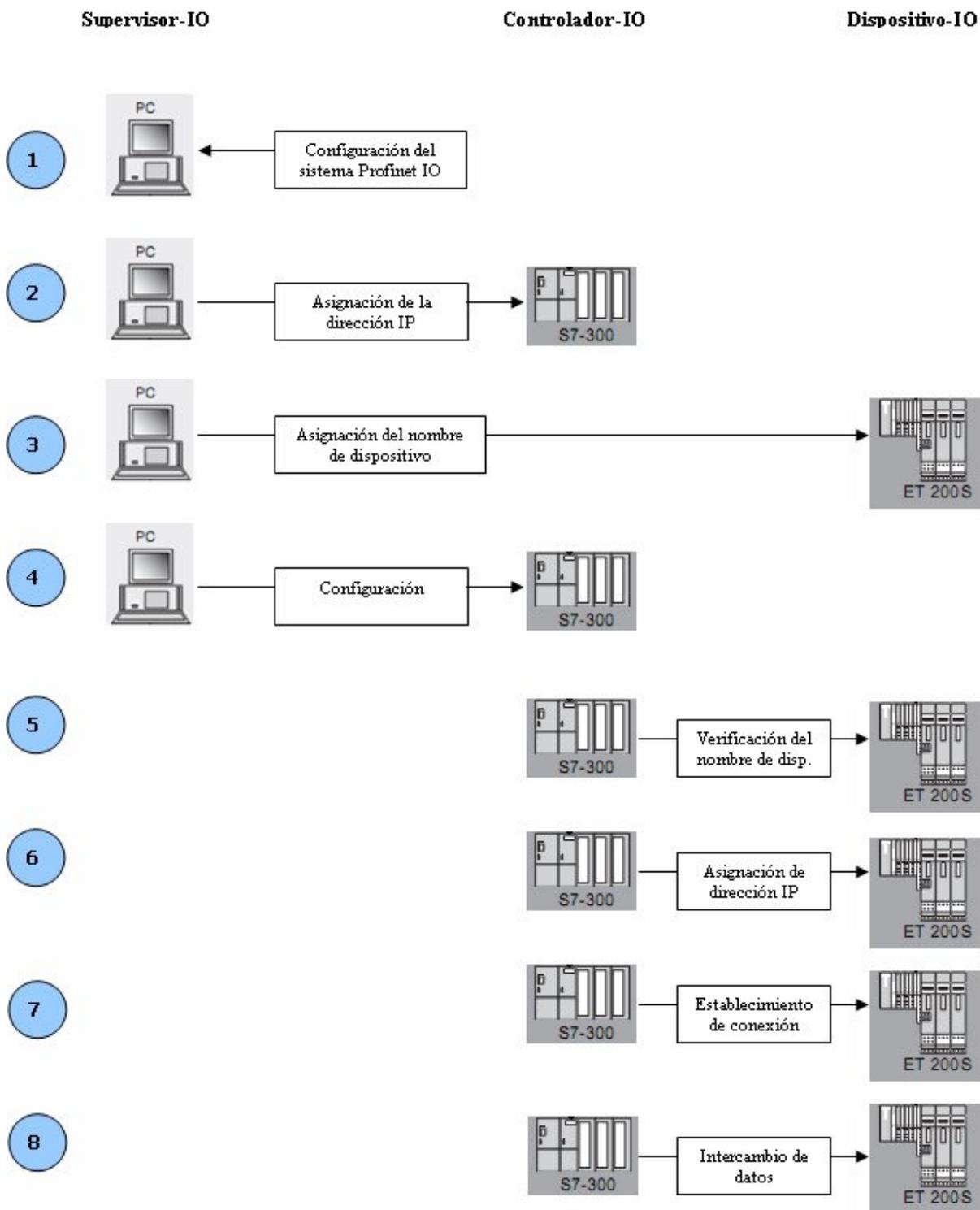


Figura. 2.12. Pasos desde la configuración hasta el arranque del sistema

Tabla. 2.8. Pasos desde la configuración hasta el arranque del sistema

Pasos	Función
1	Configuración del Sistema Profinet IO en el software HW- Config.
2	Asignación de la dirección IP al Controlador-IO
3	Asignación de los nombres de los dispositivos a los Dispositivos-IO configurados.
4	Transmisión de la configuración Profinet IO hacia el Controlador-IO
5	Verificación de los nombres de los Dispositivos-IO configurados
6	Asignación de las direcciones IP configuradas en los Dispositivos-IO
7	Inicio del establecimiento de la conexión entre el Controlador-IO y los Dispositivos-IO configurados.
8	Intercambio de los datos I/O cíclicos entre el Controlador-IO y los Dispositivos-IO configurados.

Los Dispositivos-IO vienen de fábrica sin un nombre de dispositivo. Un Controlador-IO necesita que a un Dispositivo-IO se le ha asigne un nombre de dispositivo por el Supervisor-IO para que pueda asignarle una dirección IP. En la Figura 2.11 y en la Tabla 2.8 se muestran los pasos necesarios para la configuración y arranque de un sistema Profinet IO por medio del software de configuración STEP 7.

2.4.7. Proxy con Profinet IO

Los dispositivos de campo que no permitan comunicación Profinet IO pueden ser integrados al ciclo de comunicación Profinet IO por medio de un **Proxy**. Desde el punto de vista de la comunicación, un Proxy hace que el dispositivo de campo aparezca como un Dispositivo-IO, y desde el punto de vista de los datos del proceso el Proxy corresponde a una **puerta de enlace** (gateway) entre Ethernet y el bus de campo.

2.5. PROFINET CBA

Profinet CBA (Component Based Automation) utiliza como principio básico la modularización, que significa que una tarea es dividida en varias subtareas. En un caso ideal, los módulos creados para resolver subtareas, pueden volverse a usar nuevamente en otras tareas. El principio de modularización tiene dos grandes ventajas:

- La configuración y los tiempos de entrega de automatización de plantas son más cortos que con soluciones centralizadas.
- Los módulos creados pueden ser usados varias veces.

Profinet CBA es un estándar que define mecanismos de comunicación sobre Ethernet, y que describe un modelo de ingeniería para la comunicación entre módulos tecnológicos autónomos en la automatización de una planta.

Profinet CBA que quiere decir **Automatización Basada en Componentes (CBA)**, permite extender la modularización al ámbito de la automatización de la planta con la ayuda de componentes de software.

La tecnología Profinet CBA provee la facilidad de predefinir módulos tecnológicos los cuales se usan como componentes de Profinet CBA. Los módulos tecnológicos son componentes de Profinet en forma de software.

2.5.1. Componentes Profinet

Módulo Tecnológico

Dentro de la automatización de una planta o de un proceso de producción, se define como una función tecnológica a la interacción de componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos usados. Cuando esta función es complementada mediante la asociación con un programa de control, el resultado es un módulo tecnológico.

Componentes Profinet

En la ingeniería de automatización de plantas distribuidas, un módulo tecnológico se representa por medio de un componente Profinet.

Los componentes Profinet o componentes de software son funciones de software encapsuladas que se pueden utilizar nuevamente. Los componentes Profinet comprenden la configuración de hardware de un dispositivo, sus parámetros de módulo, y de forma opcional un programa de usuario. Con este procedimiento, una máquina o instalación se divide en módulos tecnológicos cuya funcionalidad se refleja totalmente en los correspondientes componentes de software. Los componentes de software pueden combinarse con flexibilidad y volver a utilizarlos fácilmente con independencia de su programación interna. Los componentes de software se comunican exclusivamente a través de interfaces de componentes. En la interfaz de componentes sólo están accesibles de forma externa las variables necesarias para la interacción con otros componentes. Observar Figura 2.13.

Un componente Profinet consiste de dos partes de información:

- La función tecnológica
- El dispositivo asociado en el cual la función es ejecutada

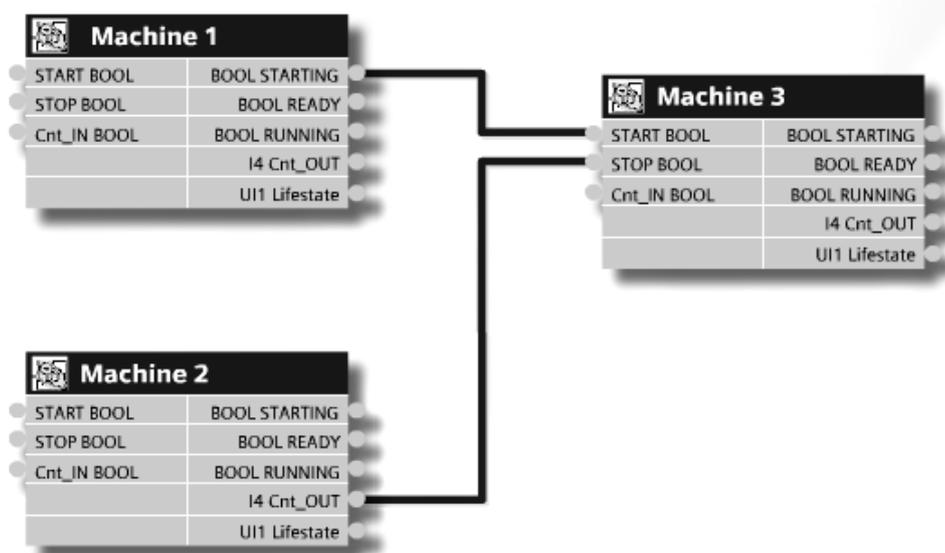


Figura. 2.13. Intercambio de datos entre funciones tecnológicas⁷

⁷ http://www.automation.siemens.com/profinet/microsite/profinet/html_76/masterE.swf

La comunicación entre los componentes se configura en forma de gráfico, independientemente de las funciones internas de los módulos. Esto se realiza con una herramienta de ingeniería separada que ofrece una vista tecnológica de toda la instalación. En Profinet, esta herramienta se denomina de forma general como "Editor de interconexiones Profinet".

2.5.2. Modelo de Ingeniería Profinet CBA

Profinet CBA usa un modelo de ingeniería para una simple integración de los dispositivos y componentes de diferentes fabricantes en un sistema de automatización distribuida. Se utiliza una herramienta de ingeniería basada en este modelo para la configuración de aplicaciones CBA, su nombre es **Simatic iMap**. Las características especiales de este editor son que posee una funcionalidad no propietaria e independencia de las herramientas de programación específicas de los proveedores de sistemas. De esta manera, se simplifica el intercambio de datos entre equipos inteligentes, también de distintos fabricantes, a nivel de la aplicación.

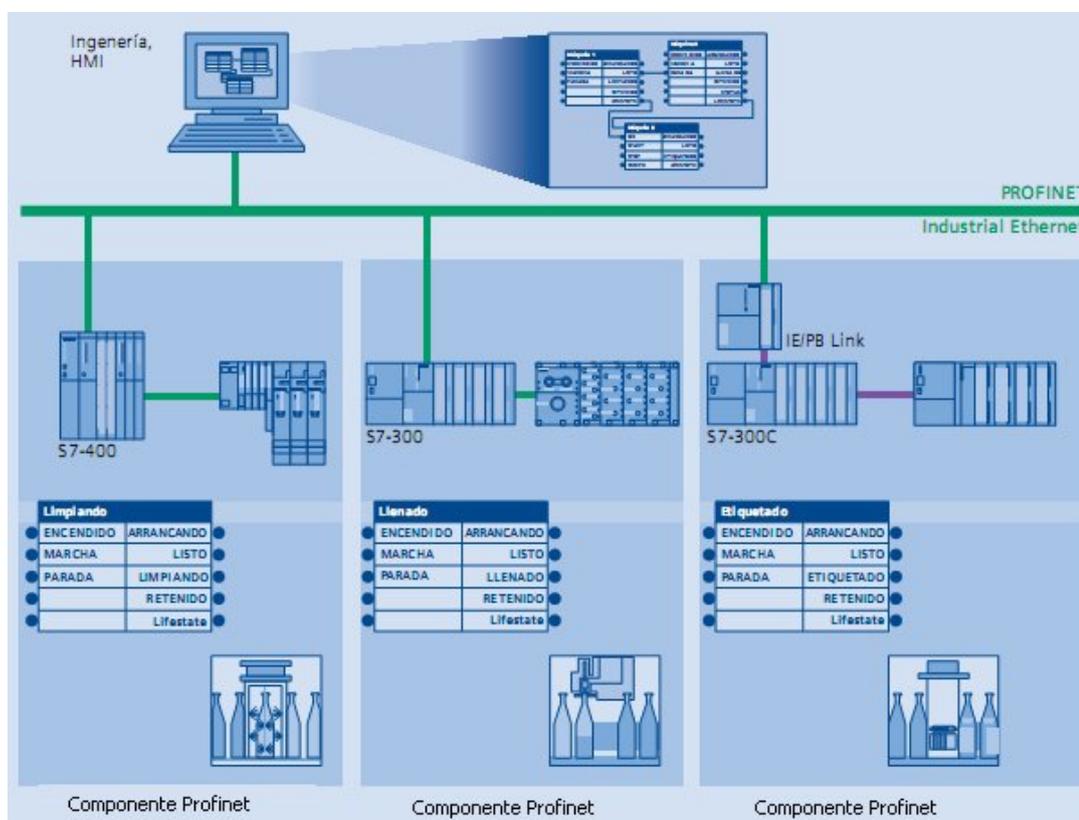


Figura. 2.14. Ejemplo del modelo de ingeniería en aplicación Profinet CBA⁸

⁸ Fuente: Tomado de prospecto Profinet

El modelo de ingeniería usado en Profinet CBA consiste en: el diseño y configuración de los componentes Profinet, y la comunicación entre los componentes.

En la Figura 2.14 se muestra un ejemplo del modelo de ingeniería de una aplicación en Profinet CBA, en el cuál hay 3 módulos tecnológicos convertidos en Componentes Profinet y relacionados entre sí mediante el software ingeniería Simatic iMap. En la Figura 2.15 se muestra los pasos para crear una aplicación Profinet CBA.

Con el software STEP 7 se crean módulos tecnológicos inteligentes, junto con la definición de sus interfaces para el intercambio de datos con otros módulos.

El software SIMATIC iMap sirve para configurar la instalación global por interconexión gráfica de los distintos módulos creados y su diagnóstico sencillo.

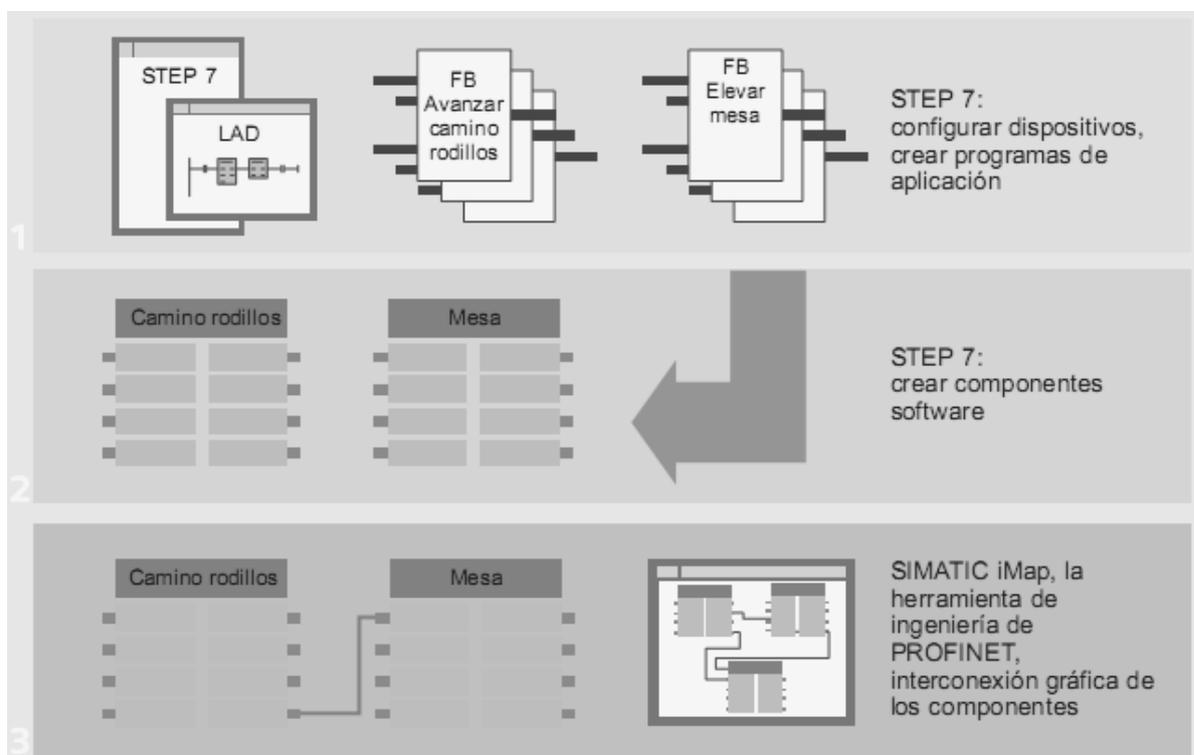


Figura. 2.15. Creación de aplicación Profinet CBA⁹

⁹ Fuente: Tomado de catálogo Siemens – Capítulo 3 Profinet

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PROFINET

3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

El objetivo principal de este proyecto es la implementación de un sistema de entrenamiento Profinet destinado a la realización de prácticas de laboratorio, y simulación de aplicaciones industriales con el protocolo de comunicación industrial Profinet.

El sistema de entrenamiento cuenta con varios equipos de última tecnología que son utilizados actualmente en la industria. Los equipos integrados en el sistema de entrenamiento permiten el aprendizaje y adiestramiento en el manejo y configuración de redes basadas en el protocolo de comunicación industrial Profinet, para poder desarrollar proyectos de automatización por medio de esta tecnología.

Los equipos del sistema de entrenamiento son:

- PLC S7-300
- Periferia Descentralizada ET-200S
- Switch Scalance X208
- Panel Operador OP-177B
- Radio módem ethernet SMR6310E

El sistema de entrenamiento Profinet cuenta con dispositivos reales para simular entradas y salidas digitales, conexiones para entradas y salidas analógicas.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

El sistema de entrenamiento Profinet está integrado por los siguientes equipos de automatización industrial que se observan en la Tabla 3.1.

Tabla. 3.1. Equipos de sistema de entrenamiento Profinet

EQUIPO	MÓDULOS
<p>PLC S7-300</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: flex-start;">  <ul style="list-style-type: none"> ▪ FUENTE DE CARGA PS 307, 120/230V AC; 24 V DC, 5A  <ul style="list-style-type: none"> ▪ CPU 315F-2 PN/DP  <ul style="list-style-type: none"> ▪ MÓDULO DIGITAL I/O SM-323, 16 DI Y 16 DO, 24V DC, 0.5A  <ul style="list-style-type: none"> ▪ MÓDULO ANALÓGICO I/O SM-334, 4 AI Y 2 AO, 20 POLOS </div>
<p>PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET- 200S</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: flex-start;">  <ul style="list-style-type: none"> ▪ MÓDULO INTERFAZ IM 151-3 PROFINET HIGH FEATURE  <ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 MÓDULOS DE POTENCIA PM-E, DC 24-48V  <ul style="list-style-type: none"> ▪ 5 MÓDULOS ELECTRÓNICOS, 2 DI HIGH FEATURE 24V DC <ul style="list-style-type: none"> ▪ 5 MÓDULOS ELECTRÓNICOS, 2 DO HIGH FEATURE 24V DC/0,5A </div>

	 <ul style="list-style-type: none"> 12 MÓDULOS DE TERMINALES
<p>SWITCH SCALANCE X208</p>	
<p>PANEL OPERADOR OP-177B</p>	
<p>RADIO MODEM ETHERNET SMR6310E</p>	

A continuación se describe detalladamente los componentes principales del sistema de entrenamiento Profinet.

3.2.1. Controlador Lógico Programable Simatic S7-300

El S7-300 de fabricante Siemens es un PLC de gama mediana, que ha sido concebido para soluciones a nivel de sistema, centradas en automatización manufacturera; constituye la solución óptima para aplicaciones con arquitectura centralizada y descentralizada. SIEMENS realiza permanentemente innovaciones que revalorizan continuamente esta plataforma de automatización. Un ejemplo de ello es la CPU utilizada en este proyecto, que incluye la interfaz Ethernet/PROFINET integrada, además de la interfaz DP/MPI. Algunas funciones

tecnológicas y de seguridad que posee ahorran invertir en equipos adicionales. Posee funciones de diagnóstico de proceso configurables que permiten analizar errores y fallos en el proceso.

La Micro Memory Card que se utiliza para guardar los datos y los programas permite guardar un proyecto completo, inclusive su notación simbólica y comentarios, lo que simplifica las intervenciones de mantenimiento ya que en la unidad de programación de éste ya no es necesario guardar los datos del proyecto.

El S7-300 permite una construcción modular (Observar Figura 3.1) y que ocupa poco sitio. Junto a los módulos sólo se requiere un perfil soporte, elemento mecánico en el que se cuelgan y atornillan aquellos. Ello permite alcanzar una construcción robusta y con alta compatibilidad electromagnética. El bus de fondo está integrado en los módulos y va configurándose por intermedio de los conectores de bus encargados de unir cada dos módulos.¹⁰

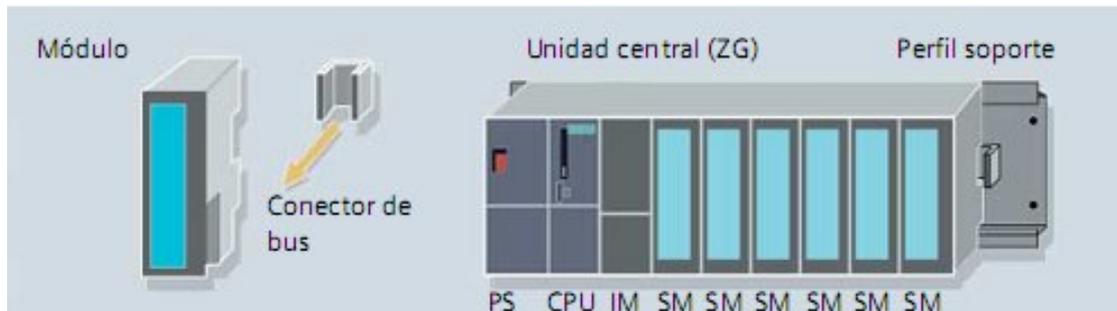


Figura. 3.1. Construcción modular de PLC S7-300¹¹

3.2.1.1 CPU 315F-2 PN/DP

La CPU 315-2 PN/DP, especial para Profinet, ofrece una interfaz combinada Profibus DP/MPI así como una interfaz Profinet a 100 Mbits/s, basado en el estándar de comunicación Ethernet. De esta forma puede utilizarse como pasarela entre Ethernet y Profibus.

¹⁰ Fuente: Tomado de catálogo Siemens S7-300

¹¹ Fuente: Tomado de catálogo Siemens S7-300

Las funciones de comunicación Profinet (PN significa Profinet) se utilizan para automatización basada en componentes, aplicada en máquinas e instalaciones modulares (Profinet CBA). Posibilitan además el control directo de dispositivos de campo descentralizados conectados a Industrial Ethernet (Profinet IO).

La comunicación se realiza mediante Ethernet y TCP/IP usando el protocolo Profinet. La CPU se programa con STEP 7 a través de la interfaz Profinet o la interfaz Profibus DP/MPI.

Las especificaciones técnicas del CPU 315F-2 PN/DP y de la fuente de alimentación PS- 307, 5A se muestran en el **Anexo 1**.

3.2.1.2 Módulo de Entradas y Salidas Digitales SM-323

El módulo de entradas y salidas digitales SM-323, 16 DI/16 DO x 24 Vcc/0,5 A (Observar Figura 3.2) tiene las siguientes propiedades:

- 16 entradas digitales, con separación galvánica en grupos de 16
- 16 salidas digitales, con separación galvánica en grupos de 8
- Tensión nominal de entrada 24 V c.c.
- Tensión nominal de carga 24 V c.c.
- Entradas adecuadas para pulsadores, interruptores y detectores de proximidad a 2/3/4 hilos
- Salidas adecuadas para electroválvulas, contactores de corriente continua y lámparas de señalización.

Para el direccionamiento del módulo SM-323 se tiene que tomar en cuenta la asignación de los canales respecto a las direcciones de entrada y salida, como se muestra en la Figura 3.3

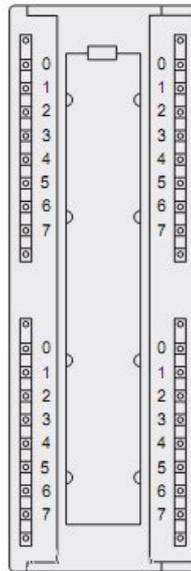


Figura. 3.2. Módulo SM-323 16 DI y 16 DO¹²

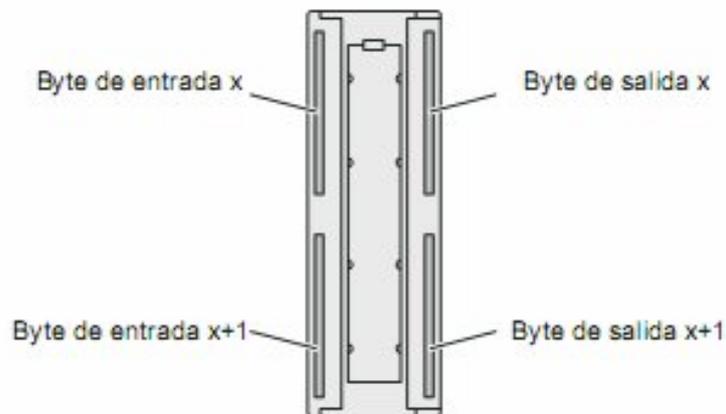


Figura. 3.3. Asignación de canales para direccionamiento de entradas y salidas¹³

Direccionamiento digital:

- Dependiendo de en que rack se encuentre el módulo se asignan las direcciones de entradas y salidas. Si el primer módulo en un Simatic S7-

¹² Fuente: **Siemens**, Sistema de Automatización S7-300: Datos de Módulos, 02/2007, 610 Págs.

¹³ Fuente: **Siemens**, Sistema de Automatización S7-300: Datos de Módulos, 02/2007, 610 Págs.

300 es digital las direcciones comienzan con la dirección 0 como se observa en la Figura 3.4.

- A cada módulo se le asignan 4 bytes (se usen o no). En caso de que el módulo SM-323 se encuentre en el rack 0, entonces sus bytes de entrada serían 0 y 1, y sus bytes de salida también 0 y 1.
- Para hacer ampliaciones de entradas y salidas en otro rack, se debe colocar un modulo IM para comunicar ambos racks.

FUENTE ALIMEN.	CPU	IM emisor	0.0 a 3.7	4.0 a 7.7	8.0 a 11.7
			Rack 0	Rack 1	Rack 2

Figura. 3.4. Bytes de direccionamiento para módulos digitales

Conexiones:

El esquema de conexiones para entradas y salidas del módulo SM-323 se muestra en la Figura 3.5.

Las especificaciones técnicas del módulo de entradas/salidas digitales SM-323 se muestran en el **Anexo 1**.

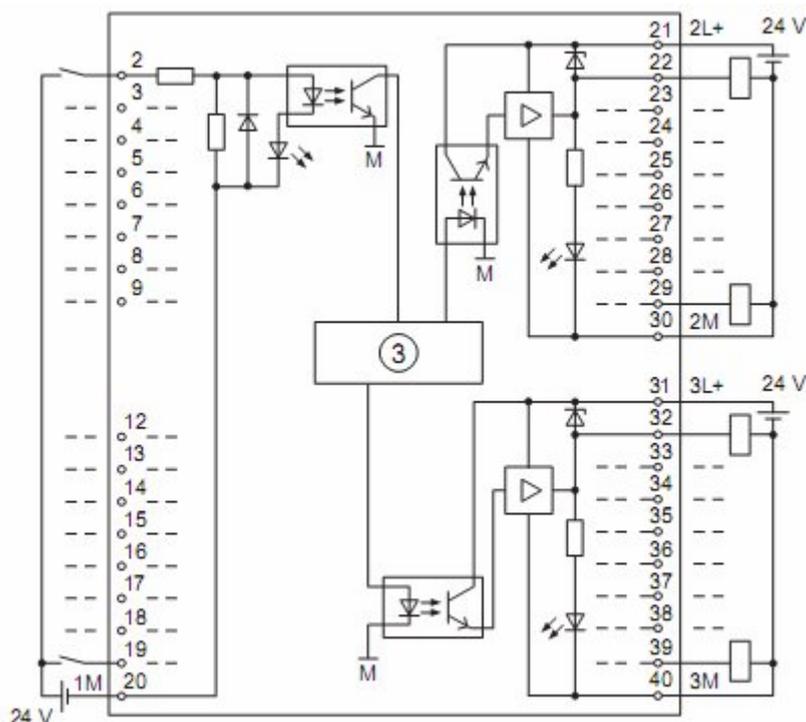


Figura. 3.5. Esquema de conexiones de entradas y salidas del módulo SM-323¹⁴

3.2.1.3 Módulo de Entradas y Salidas Analógicas SM-334

El módulo de entradas y salidas analógicas SM-334, 4 AI / 4 AO x 8/8 bit, tiene las siguientes propiedades:

- 4 entradas analógicas en un grupo y 2 salidas analógicas en otro grupo
- Resolución de 8 bits
- Tipo de medición ajustable por grupo de canales:
 - Tensión
 - Intensidad
- Ajuste del tipo de medición y de salida en tensión o intensidad mediante cableado, no configurable.
- Sin separación galvánica respecto a la conexión del bus posterior
- Con separación galvánica respecto a la tensión de carga

¹⁴ Fuente: **Siemens**, Sistema de Automatización S7-300: Datos de Módulos, 02/2007, 610 Págs.

Direccionamiento analógico:

- Las direcciones analógicas para entradas y salidas empiezan con la dirección 256 en el rack 0, estas direcciones dependen del tipo de CPU. Ver Figura 3.6.
- A cada módulo analógico, se le asignan 16 bytes (se usen o no). En caso de que el módulo analógico SM-334 estuviere en el rack 1, sus bytes de entrada y salida empezarían en la dirección 272
- Cada entrada y salida analógica ocupa 2 bytes.

FUENTE ALIMEN.	CPU	IM emisor	256 a 271	272 a 287	288 a 303
			Rack 0	Rack 1	Rack 2

Figura. 3.6. Bytes de direccionamiento para módulos analógicos

Conexiones:

El esquema de conexiones para el cableado de entradas y salidas analógicas en modo de medición y salida de tensión es el que se muestra en la Figura 3.5.

Las especificaciones técnicas del módulo SM-334 se muestran en el **Anexo 1**.

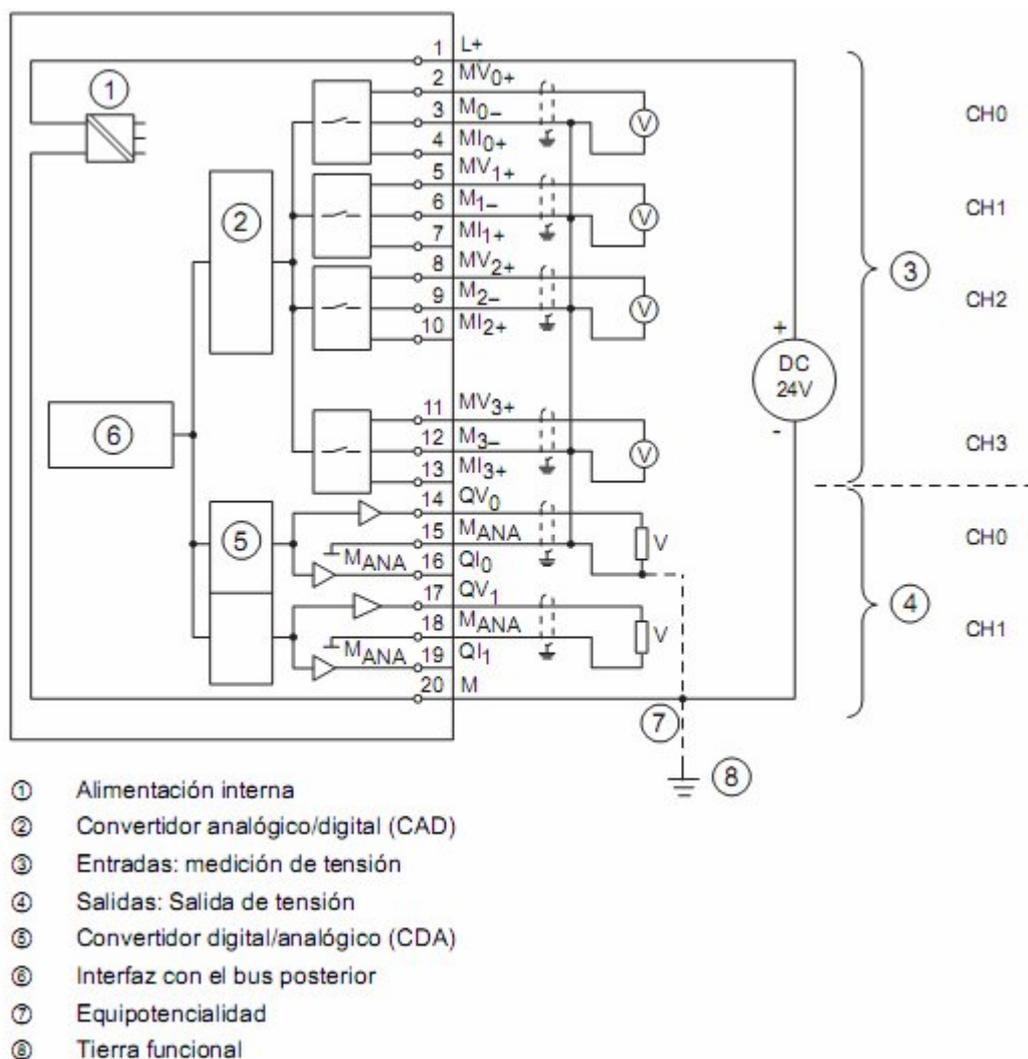


Figura. 3.7. Esquema de conexiones de entradas y salidas de módulo SM-334 para tensión¹⁵

3.2.2. Periferia Descentralizada ET-200S

Los sistemas de periferia distribuida o descentralizada son equipos de adquisición de señales de los dispositivos a pie de proceso para que puedan transmitirse al PLC de control a través del bus de campo. Por un lado, recogen las señales entregadas por los sensores, y por otro, reciben del autómatas órdenes de mando que ejecutan sobre los actuadores. Todos estos datos son acondicionados y preparados (digitalización de valores analógicos, adaptación de niveles de tensión, etc.) para su transmisión mediante el bus, realizándose el control de forma remota. Dado su carácter modular y altamente escalable, permiten

¹⁵ Fuente: Sistema de Automatización: Datos de Módulos, SIEMENS, 02/2007, 610 Págs.

Esquema de conexiones ET-200S

En la Figura 3.14 se observa el esquema de conexiones de la periferia descentralizada ET-200S con dos grupos de potencial. El primero corresponde a los módulos electrónicos de entrada y el segundo corresponde a los módulos electrónicos de salida.

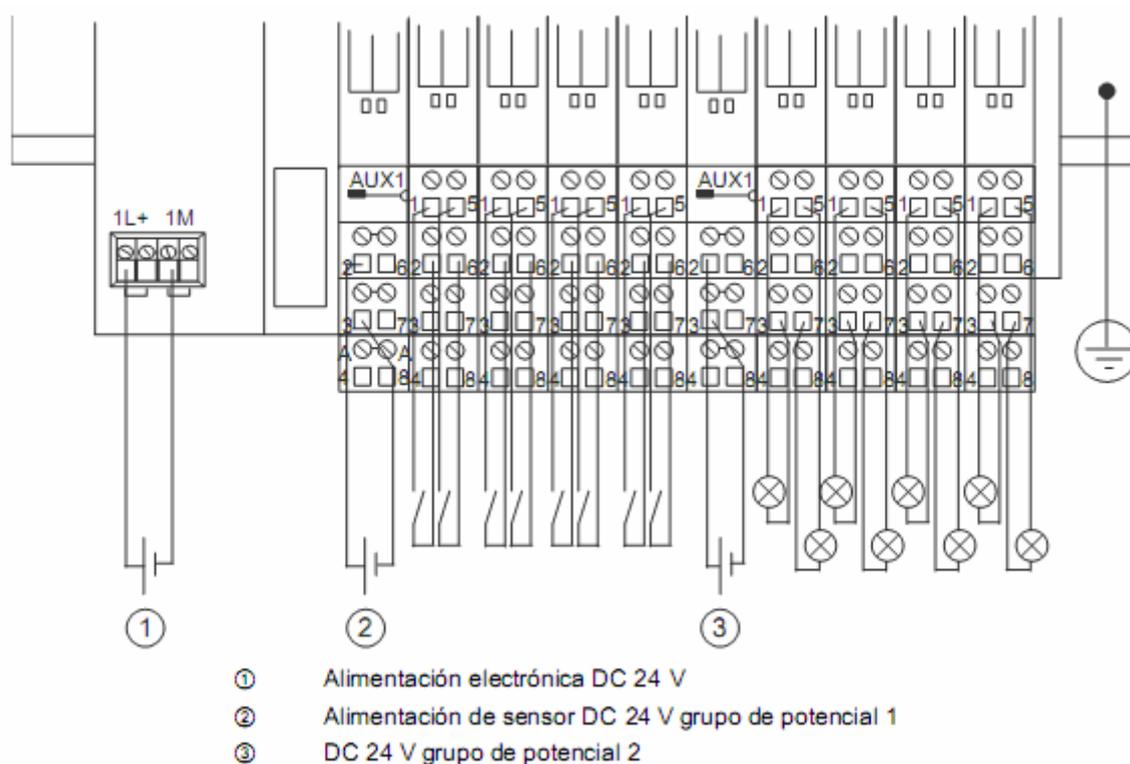


Figura. 3.9. Esquema de conexiones de periferia descentralizada ET-200S¹⁶

3.2.2.1 Módulo de interfaz IM 151-3 PN

El módulo de interfaz IM151-3 PN (Ver Figura 3.10) tiene las siguientes características:

- Conecta el ET 200S con PROFINET IO.
- Prepara los datos para los módulos electrónicos instalados.
- Alimenta el bus de fondo.
- Switch integrado de 2 puertos RJ-45.
- Adopción del nombre del dispositivo y almacenamiento en SIMATIC Micro Memory Card.

¹⁶ Fuente: Siemens, Guía de inicio Profinet IO, 01/2006, 76 Págs.

- Servicios Ethernet soportados: ping, ARP, diagnóstico de red (SNMP).
- Alarmas
 - Alarmas de diagnóstico
 - Alarmas de proceso
 - Alarmas de extracción/inserción
 - Alarmas de mantenimiento
- Diagnóstico de puerto
- La cantidad máxima de direcciones es de 256 bytes de datos E/S.
- Con el IM151-3 PN se pueden utilizar como máximo 63 módulos.
- La longitud máxima del bus es de 2 m.
- Registros para módulos E/S.

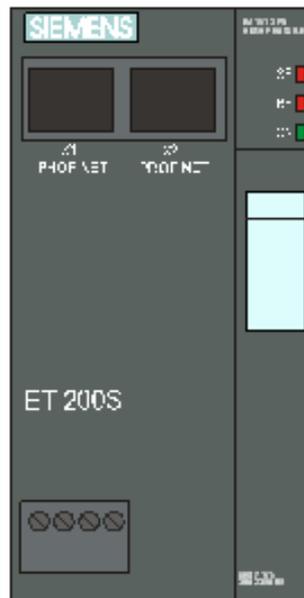


Figura. 3.10. Módulo IM 153-1 PN de ET-200S

Las especificaciones técnicas del módulo de interfaz IM 153-1 PN se muestran en el **Anexo 2**.

3.2.2.2 Módulo de potencia PM-E DC 24-48V

El módulo de potencia PM-E DC 24-48V vigila la tensión de alimentación para todos los módulos electrónicos integrados en el grupo de potencial. La tensión de alimentación se suministra a través del módulo de terminales TM-P15S23-A0.

En el grupo de potencial del módulo de potencia PM-E 24.-48Vcc se pueden utilizar casi todos los módulos electrónicos. Los módulos utilizados en el proyecto se especifican más adelante. El módulo de potencia PM-E es adecuado para módulos de potencial.

En la Figura 3.11 los módulos sombreados corresponden a los módulos de potencia PM-E con los módulos de terminales TM-P15S23-A0 (Ver Figura 3.11). Cada módulo de potencia tiene un grupo de potencial para alimentar a los módulos electrónicos digitales.

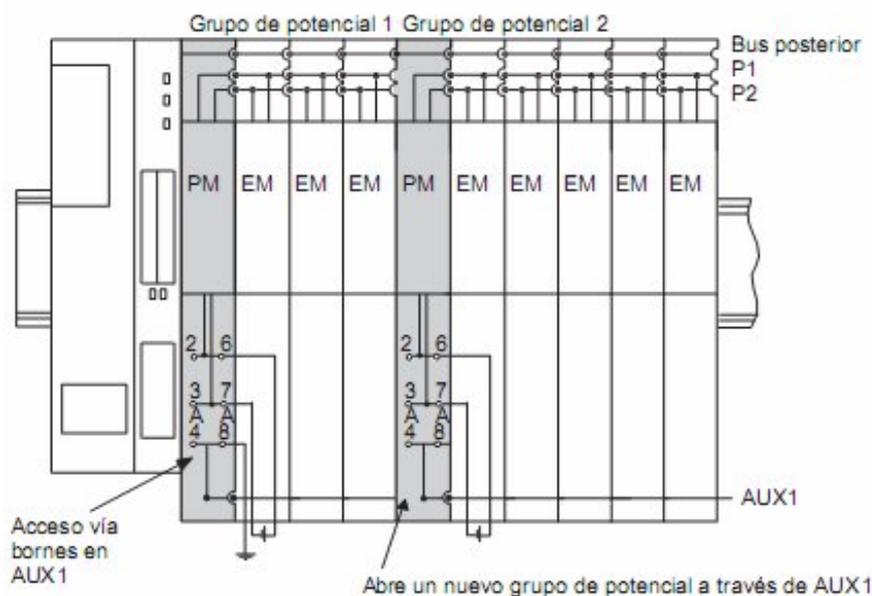
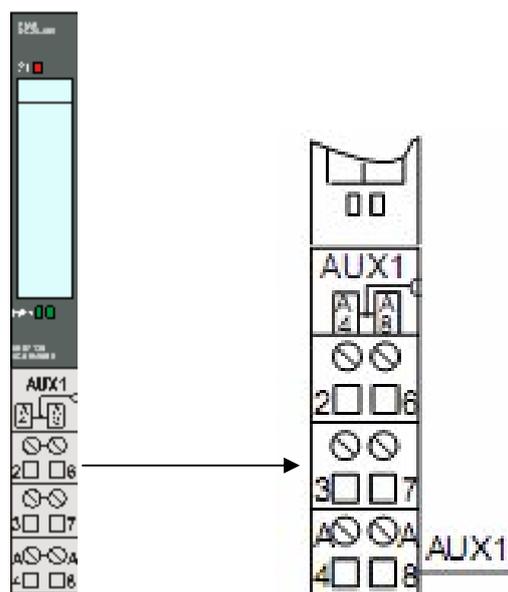


Figura. 3.11. Grupo de potencial de módulo de potencia PM-E¹⁷

¹⁷ Fuente: Siemens, Sistema de Periferia Descentralizada ET-200S: Instrucciones de Servicio, 08/2008, 174 Págs.

El módulo de de terminales TM-P15S23-A0 y la asignación de pines para el módulo de potencia PM-E se muestran en la Figura 3.12.



Borne	Asignación	Borne	Asignación	Aclaraciones
2	L+	6	L+	<ul style="list-style-type: none"> L+: Tensión nominal de carga DC 24..48 V M: Masa AUX1: Conexión del conductor de protección o barra de potencial (se puede utilizar a discreción hasta AC 230 V)
3	M	7	M	
A4	AUX1	A8	AUX1	

Figura. 3.12. Módulo de potencia PM-E y módulo de terminales TM-P15S23-A0¹⁸

Las especificaciones técnicas del módulo de potencia PM-E DC 24V se muestran en el **Anexo 2**.

3.2.2.3 Módulo electrónico digital de entrada 2 DI, HF 24V

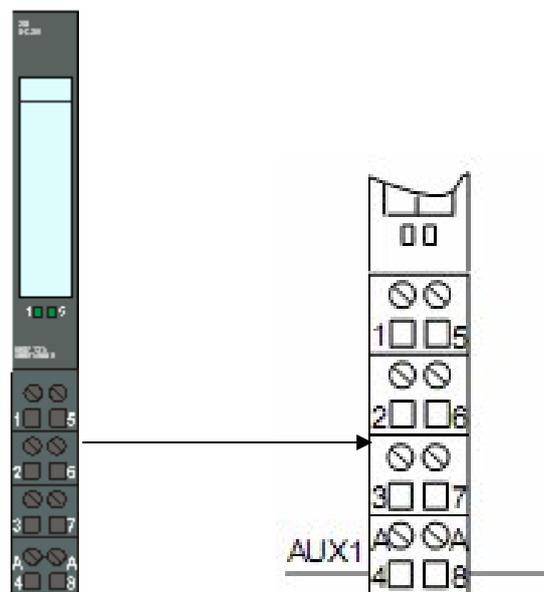
El módulo electrónico digital de entrada 2 DI, HF 24V posee las siguientes características:

- Módulo electrónico digital con dos entradas
- Tensión nominal de entrada DC 24 V
- Diagnóstico: Cortocircuito
- Protección contra cortocircuitos
- Adecuado para interruptores y detectores de proximidad

¹⁸ Fuente: **Siemens**, Sistema de Periferia Descentralizada ET-200S: Manual de Producto, 05/2006, 342 Págs.

- Compatible con modo isócrono

El módulo de de terminales TM-E15S24-A1 y la asignación de pines para el módulo de entrada 2 DI, HF 24V se muestran en la Figura 3.13.



Borne	Asignación	Borne	Asignación	Aclaraciones
1	DI ₀	5	DI ₁	<ul style="list-style-type: none"> • DI_n: Señal de entrada, canal n • L+: Alimentación de sensor DC 24 V • M: Masa • n.c.: Not connected (se puede conectar máx. DC 30 V) • AUX1: Conexión del conductor de protección o barra de potencial (se puede utilizar a discreción hasta AC 230 V)
2	L+	6	L+	
3	M	7	M	
4	n.c.	8	n.c.	
A4	AUX1	A8	AUX1	
A3	AUX1	A7	AUX1	

Figura. 3.13. Módulo electrónico digital 2 DI, HF 24V y módulo de terminales TM-E15S24-A1¹⁹

Las especificaciones técnicas del módulo electrónico de entrada 2 DI, HF 24V se muestran en el **Anexo 2**.

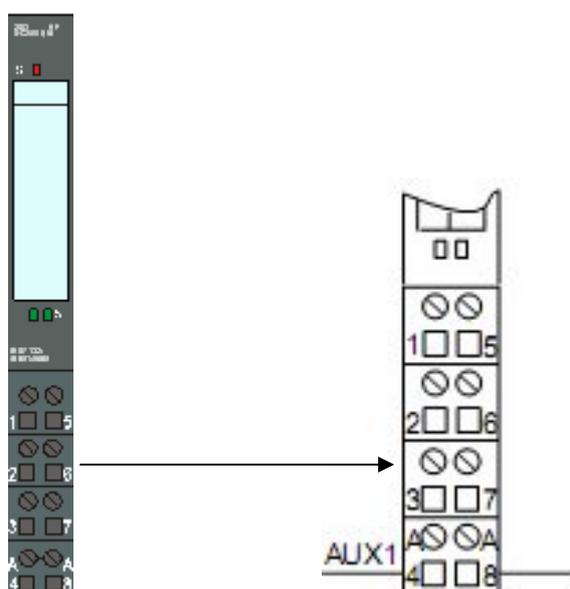
3.2.2.4 Módulo electrónico digital de salida 2 DO, HF 24V/0.5A

El módulo electrónico digital de salida 2 DO, HF 24V/0.5A posee las siguientes características:

¹⁹ Fuente: **Siemens**, Sistema de Periferia Descentralizada ET-200S: Manual de Producto, 05/2006, 342 Págs.

- Módulo electrónico digital con dos salidas
- Intensidad de salida 0.5 A por salida
- Diagnóstico para rotura de hilo y cortocircuito
- Protección contra cortocircuitos
- Adecuado para válvulas electromagnéticas, contactores de corriente continua y lámparas
- Compatible con modo isócrono

El módulo de terminales TM-E15S24-A1 y la asignación de pines para el módulo de salida 2 DO, HF 24V/0.5A se muestran en la Figura 3.14.



Borne	Asignación	Borne	Asignación	Aclaraciones
1	DO ₀	5	DO ₁	<ul style="list-style-type: none"> • DO_n: Señal de salida, canal n • L+: Tensión nominal de carga DC 24V • M: Masa • n.c.: Not connected (se puede conectar máx. DC 30 V) • AUX1: Conexión del conductor de protección o barra de potencial (se puede utilizar a discreción hasta AC 230 V)
2	L+	6	L+	
3	M	7	M	
4	n.c.	8	n.c.	
A4	AUX1	A8	AUX1	
A3	AUX1	A7	AUX1	

Figura. 3.14. Módulo electrónico digital 2 DO y módulo de terminales TM-E15S24-A1²⁰

Las especificaciones técnicas del módulo electrónico de salida 2 DO, HF 24V/0.5A se muestran en el **Anexo 2**.

²⁰ Fuente: Sistema de Periferia Descentralizada ET-200S: Manual de Producto, Siemens, 05/2006, 342 Págs.

3.2.3. Switch Scalance X208

El switch Scalance X208 es un dispositivo de red con un alto grado de protección en ambientes industriales que permite la conmutación de tráfico en una red Profinet. Cuenta con funciones de diagnóstico remoto estándar como SNMP y servicios Web. Permite aplicaciones con requerimientos estrictos de tiempo-real y máxima disponibilidad. El switch Scalance X208 puede ser configurado, diagnosticado y direccionado como un Dispositivo Profinet IO.

El switch Scalance X208 posee 8 puertos RJ-45 de 10/100 Mbits. Ver Figura 3.15. Por medio de los servicios Web, este conmutador de red ofrece varias funciones de diagnóstico que pueden ser accedidas usando un navegador de Internet (Ej: Internet Explorer). El switch Scalance X208 posee funciones de dispositivos de una red Ethernet como: autonegociación y MDI/MDIX Autocrossover.



Figura. 3.15. Switch Scalance X208

Las especificaciones técnicas del switch Scalance X208 se muestran en el **Anexo 3**.

3.2.4. Panel Operador OP-177B

El panel de operador OP-177B (Ver Figura 3.16) permite la gestión y monitoreo de procesos industriales, corresponde a los paneles de la gama 177 que constituyen un avance de los paneles de operador existentes. Los paneles OP-177B permiten utilizar de forma aún más eficiente los proyectos basados en textos o gráficos para realizar tareas de manejo y visualización simples o medianas en máquinas e instalaciones. Además, el OP 177B dispone de puertos de conexión para redes Profibus y Profinet.

El OP 177B se caracteriza por una propiedad adicional. Este panel se puede manejar no sólo con el teclado de membrana, sino también con la pantalla táctil estándar. Es posible configurar que las teclas de función conmuten a teclas del sistema específicas.

El OP 177B se caracteriza por su breve tiempo de puesta en marcha, el gran tamaño de su memoria de trabajo y su elevado rendimiento, habiéndose optimizado para proyectos basados en WinCC flexible.

Gracias a su tamaño y a su grado de protección IP65, este panel es ideal para su uso a pie de máquina. El OP 177B posee una funda que protege el panel táctil contra ralladuras y condiciones ambientales rigurosas.

Las principales características a destacar del panel OP-177B son las siguientes:

- Disponible con 256 colores o 4 tonos de azul
- Selección entre sistema táctil y teclas
- Búfer de avisos no volátil (sin batería, por lo tanto, sin mantenimiento)
- Teclas de función a las que se pueden asignar funciones de teclas de sistema y configurables como teclas directas
- Procesador RISC, 2 MB de memoria de usuario y memoria de recetas integrada adicionalmente
- Interfaz Profinet IO integrada en placa, variantes de color equipados, además, con interfaz Profibus

- Interfaz para tarjeta MMC estándar para guardar datos de recetas, configuraciones y datos de sistema
- Interfaz USB, para conectar una impresora

Las especificaciones técnicas del panel de operador OP-177B se muestran en el **Anexo 4**.

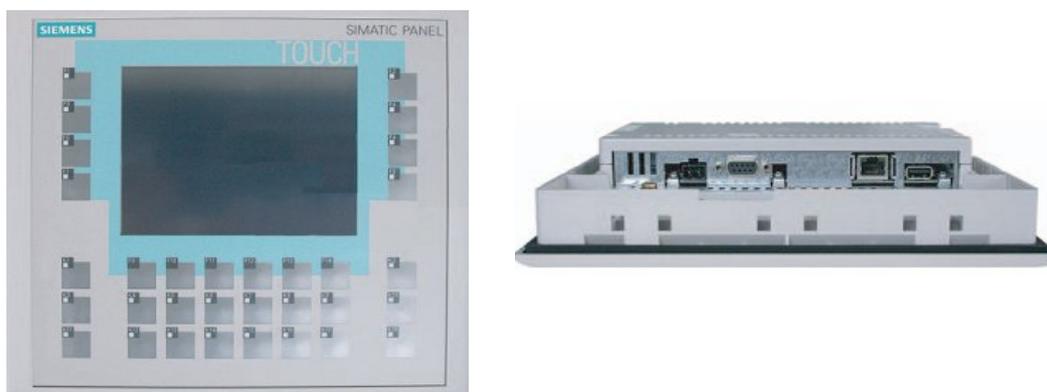


Figura. 3.16. Panel de Operador OP-177B

3.2.5. Radio Módem Ethernet SMR6310E

El SMR6310E (Ver Figura 3.17) de fabricante Data-Linc es un módem con Ethernet wireless que provee una comunicación inalámbrica confiable y segura. Utiliza la frecuencia de 2.4 – 2.4835 GHz para la transmisión confiable de datos. El SMR6310E permite pasar de una transmisión alámbrica a una transmisión inalámbrica. Viene pre-configurado de fábrica, para una instalación fácil y sin inconvenientes. Puesto que el fabricante Data-Linc tiene alianza con Siemens, no se presenta ningún problema con la comunicación Ethernet con equipos Siemens. Tiene dos puertos RJ-45 (el uno directo y el otro cruzado) para la transmisión alámbrica con una velocidad de 10 Mbps, solo se puede usar un puerto RJ-45 a la vez. Cuenta con una antena omnidireccional y el alcance máximo de la transmisión inalámbrica que se puede lograr con el SMR6310E es de hasta 16 km. de distancia si no se tiene obstrucción de objetos en la línea de vista.

Algunas de las características principales del SMR6310E son:

- Alta potencia en la señal de salida, 500 mW.
- Provee un nivel alto de seguridad y puede configurarse como repetidor, punto a punto o multipunto a punto.
- Largo alcance de hasta 16 km. sin obstrucción en la línea de vista.
- Opera en la banda de frecuencia de 2.4 – 2.4835 GHz.

Las especificaciones técnicas del Radio Módem Ethernet SMR6310E se muestran en el **Anexo 5**.



Figura. 3.17. Radio Módem Ethernet SMR6310E

3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PROFINET

3.3.1. Especificaciones de diseño

Para el diseño del sistema de entrenamiento Profinet se tomó en cuenta los entrenadores existentes en el mercado, se prestó mucha atención a los entrenadores del mismo fabricante de los equipos utilizados (SIEMENS), y se busco asesoría de una empresa de automatización y control especializada en el área de diseño y construcción de paneles de control. Con estos puntos de vista y teniendo en cuenta el alcance que se planteó al inicio del proyecto, el diseño del sistema de entrenamiento Profinet está enmarcado en tres aspectos principales: ergonomía, estética y robustez.

- **Ergonomía:**

El entrenador Profinet está diseñado para aprovechar al máximo las capacidades de los equipos que lo integran, y brinda la posibilidad de realizar una amplia variedad de prácticas de laboratorio a parte de las que se encuentran en este proyecto. Su estructura física y tamaño se ajustan a las necesidades de los estudiantes. Permite un fácil mantenimiento.

- **Estética:**

La estructura física, la distribución de los equipos, la distribución de los dispositivos de entrada y salida en el entrenador Profinet, están diseñados simétricamente.

- **Robustez:**

La estructura del entrenador Profinet, tiene un diseño robusto para soportar el peso de todos los equipos y dispositivos que se encuentran integrados en el mismo. El material de construcción es el tol, el cuál se utiliza en los paneles de control de la industria, por lo que se garantiza la robustez del entrenador.

3.3.2. Escogencia de cantidad y tipo de elementos eléctricos

Para la selección de los dispositivos de entrada y salida se partió de la capacidad de los equipos: S7-300 y la periferia descentralizada ET-200S. En base a estos equipos se diseñó el número de dispositivos de entrada y salida. Para la selección los elementos eléctricos y de protección se tomaron en cuenta las especificaciones de corriente y voltaje de todos los equipos integrados en el entrenador Profinet. Los elementos utilizados se describen a continuación:

Borneras

Son un punto de anclaje o de paso para la alimentación de voltaje, también se usan como puentes. En el sistema de entrenamiento Profinet se usan 23 borneras con fusibles para la alimentación de 24Vcc de los equipos y dispositivos que conforman el entrenador.

Fusibles

Los fusibles por su parte son exigidos como requerimiento para la protección de la alimentación de los equipos de control. Ante condiciones de sobrecarga o cortocircuito protegen los fusibles protegen los equipos Profinet. Los fusibles integrados en las borneras de alimentación del entrenador permiten la conexión y desconexión sencilla del fusible, es decir permiten la conexión y desconexión de la alimentación individual de los equipos.

Breaker

El breaker está incluido en el diseño e implementación debido a la necesidad de desconexión total de las cargas y demás dispositivos del entrenador de la alimentación, con el fin de permitir operaciones ordinarias de inspección, reparación y mantenimiento de forma segura. Se manejó un único elemento de este tipo para el entrenador Profinet.

Luces

Indicadores luminosos que permiten visualizar los estados de las salidas del módulo SM-323 del PLC S7-300 y de los módulos electrónicos de salida de la periferia descentralizada ET-200S. En el entrenador Profinet se utilizaron 12 luces para las salidas del S7-300 y 6 luces para las salidas del ET-200S.

Plugs de conexión

Plugs de conexión para uso libre ubicados en el entrenador Profinet conectados hacia los módulos del PLC S7-300 y la periferia descentralizada ET-200S. En el entrenador Profinet se utilizaron plugs de conexión hacia 4 salidas digitales, 2 salidas analógicas y 2 entradas analógicas del PLC S7-300, y plugs de conexión hacia 3 salidas digitales del ET-200S.

Interruptores y Pulsadores

Dispositivos activos que permiten la interacción del usuario con las entradas del PLC S7-300 y la periferia descentralizada ET-200S. En el sistema de entrenamiento Profinet se utilizaron 8 interruptores y 8 pulsadores conectados hacia las entradas del PLC S7-300, 5 interruptores y 4 pulsadores conectados hacia las entradas del ET-200S.

3.3.3. Marcación y Cableado

Basado en los estándares de calibres de AWG que se muestra en la Tabla 3.2, según la cual se especifica la capacidad que tienen los diferentes conductores de conducir la corriente, el cableado en el sistema de entrenamiento es el siguiente:

Tabla. 3.2. Estandarización de valores AWG

AWG	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2
Amp	3	6	15	20	25	35	50	70	80	90

Se empleo cable calibre **16 AWG** para todas las conexiones de los dispositivos de entrada ya salida hacia el S7-300 y la periferia descentralizada ET-200S, puesto que se trata de conexiones de control y por tanto manejan cantidades pequeñas de corriente (siempre menores a 6 Amperios). Igualmente para los equipos que se alimentan con 24 Vcc que son: switch Scalance X208, ET-200S, panel de operador OP-177B y los módulos del PLC S7-300 se empleó cable calibre 16 AWG por tratarse de equipos que manejan cantidades pequeñas

de corriente. El cableado del sistema de entrenamiento Profinet cuenta con marcación específica.

3.3.4. Distribución Espacial

Se observaron parámetros de estética, funcionalidad y seguridad.

En la Figura 3.18 y Figura 3.19 se muestra la distribución espacial de los equipos en el sistema de entrenamiento Profinet. El panel operador OP-177B se encuentra en la parte superior izquierda de la cara frontal externa del entrenador. Los demás equipos se encuentran en la cara frontal interna del entrenador. El PLC S7-300 con sus módulos están ubicados en la parte inferior derecha. El switch Scalance X208 está ubicado en la parte inferior central. La periferia descentralizada se encuentra en la parte superior derecha. El módem Ethernet está ubicado en la parte inferior izquierda.

Las borneras de alimentación tipo fusibles y el breaker están ubicados en la parte superior izquierda detrás del panel operador OP-177B en la cara frontal interna del entrenador.

Los dispositivos de entrada y salida: pulsadores, interruptores, luces y plugs de conexión están ubicados en el tablero delante de la cara frontal del entrenador. La distribución de los dispositivos de entrada y salida se muestra en la Figura 3.20 y en la Tabla 3.3

El sistema de entrenamiento Profinet cuenta con un interruptor principal de alimentación hacia todas las cargas ubicado en la parte inferior de la cara derecha.

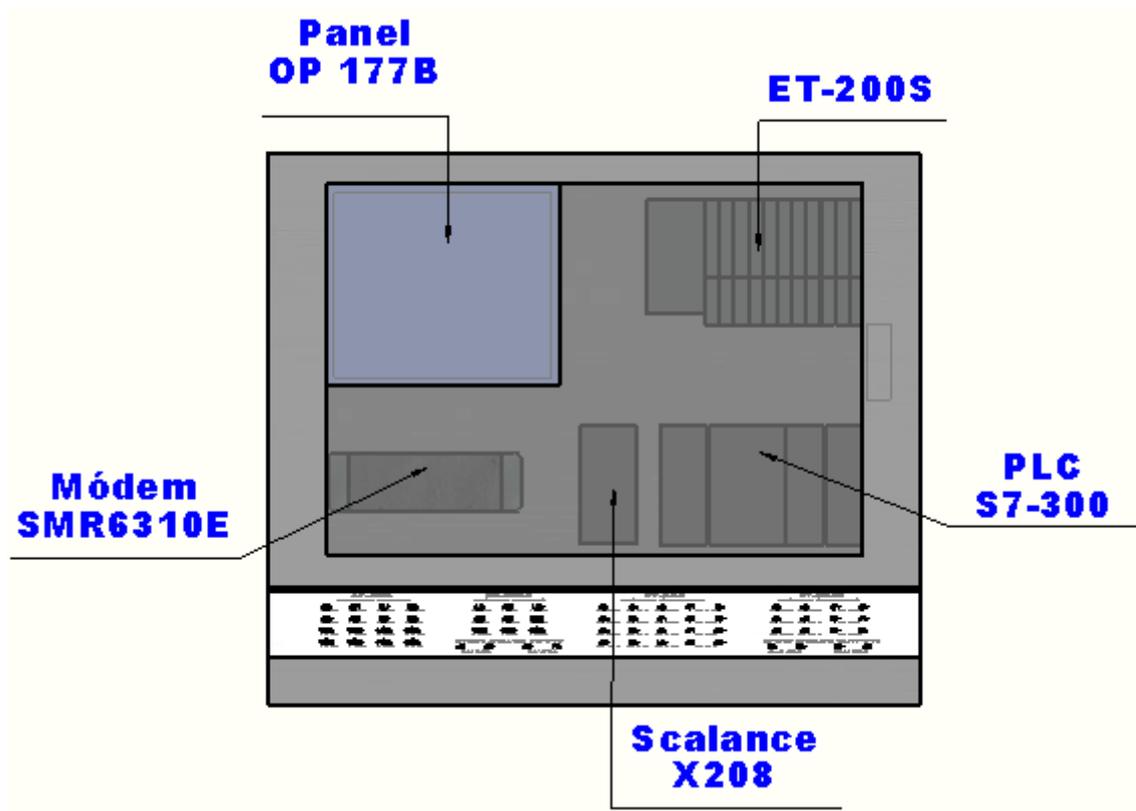


Figura. 3.18. Vista Frontal – Distribución espacial

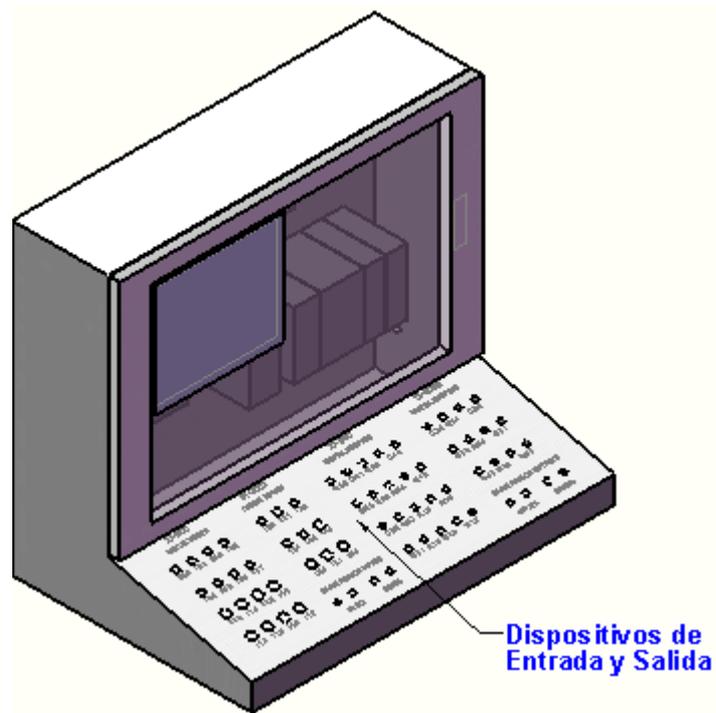


Figura. 3.19. Vista en perspectiva – Distribución espacial

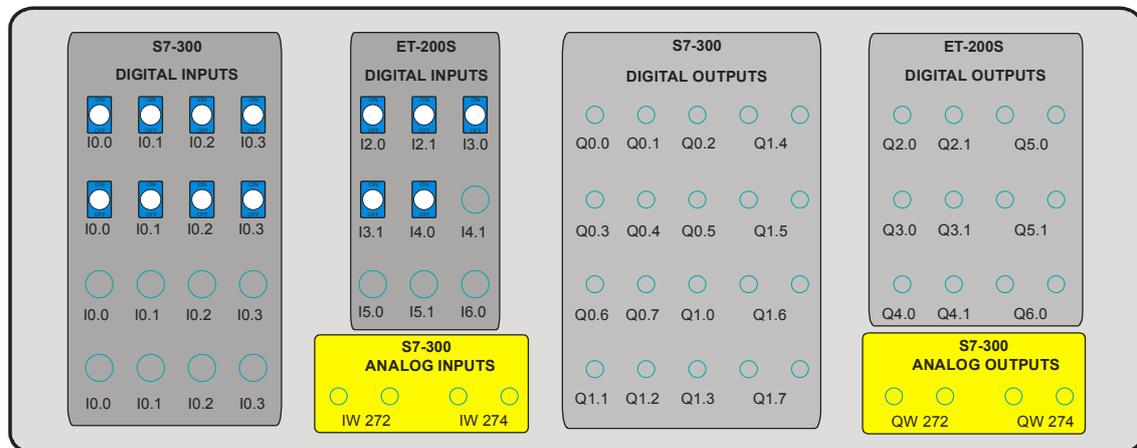
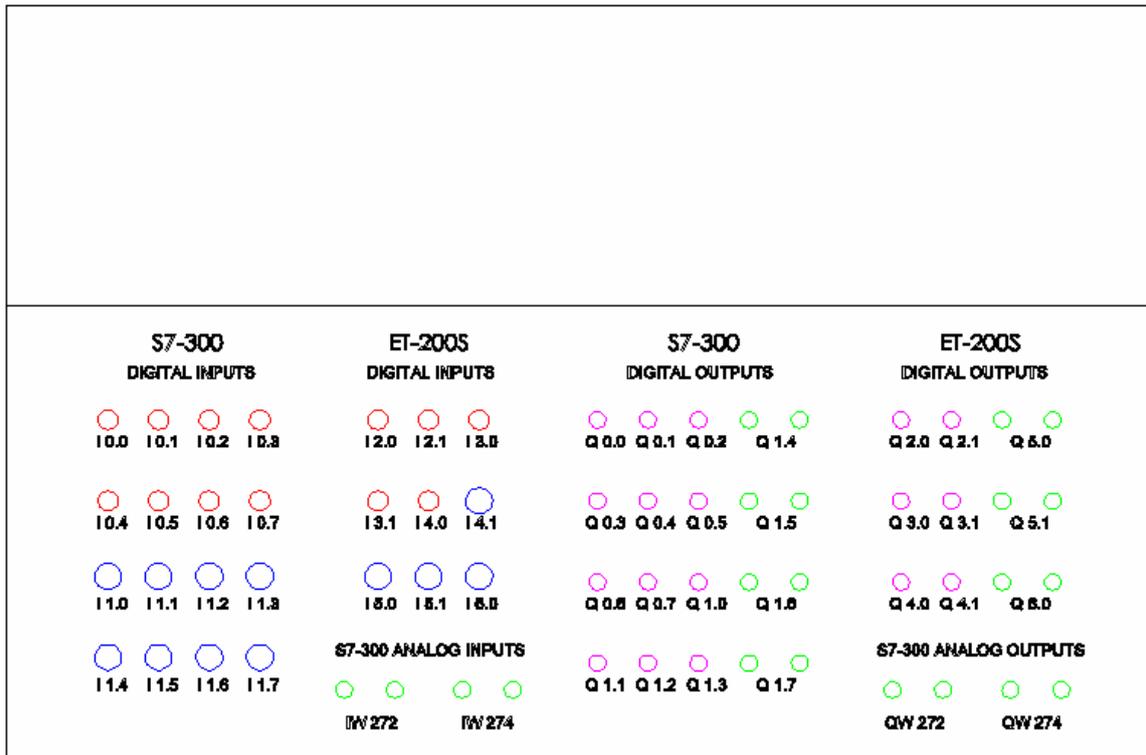


Figura. 3.20. Distribución de dispositivos de entrada y salida

Tabla. 3.3. Dispositivos de entrada y salida

Dispositivo	S7-300	ET-200S	Cantidad
Interruptor ○	I 0.0 hasta I 0.7	I 2.0 hasta I 4.0	13
Pulsador ○	I 1.0 hasta I 1.7	I 4.1 hasta I 6.0	12
Luz ○	Q 0.0 hasta Q 1.3	Q 0.0 hasta Q 1.3	18
Plugs ○ ○	Q 1.4 hasta Q1.7 IW 272 y IW 274 QW 272 y QW 274	Q 5.0 hasta Q 6.0	11

3.3.5. Dimensiones y Vistas

Todos los planos de las vistas y dimensiones del sistema de entrenamiento Profinet se muestran en el **Anexo 6**.

Las unidades de las dimensiones se especifican en milímetros

3.3.5.1 Vistas Externas

En la Figura 3.21 se muestra la Vista Externa Frontal y Lateral del sistema de entrenamiento Profinet.

En la Figura 3.22 se muestra la Vista Externa Lateral Derecha del sistema de entrenamiento Profinet.

En la Tabla 3.4 se encuentra la disposición de los detalles externos del sistema del entrenador Profinet.

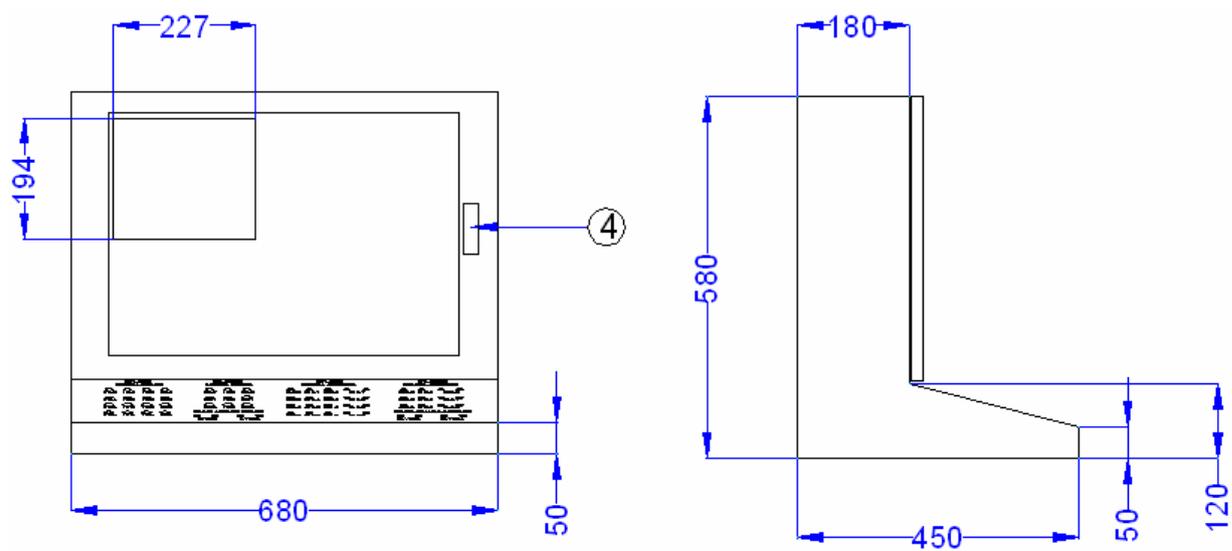


Figura. 3.21. Vista Externa Frontal y Lateral

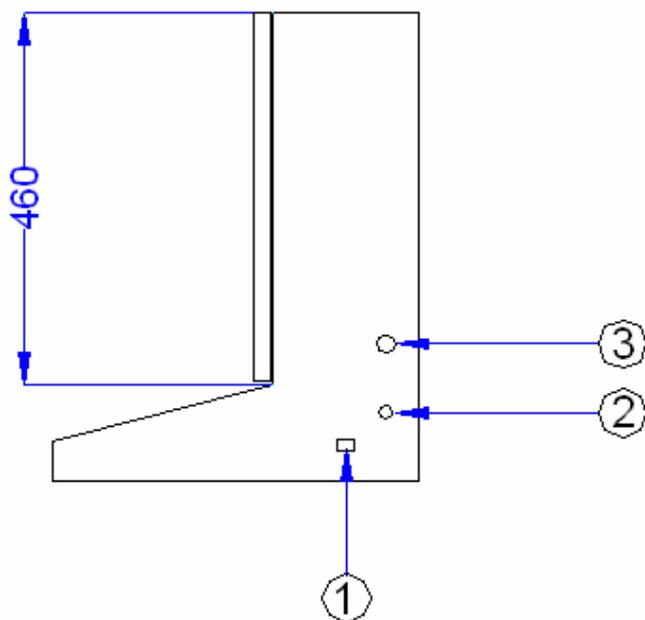


Figura. 3.22. Vista Externa Lateral Derecha

Tabla. 3.4. Detalles Externos

LISTA	
ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Switch alimentación principal (15x15 mm)
2	Prensa estopa 16 mm para cable de alimentación principal
3	Prensa estopa 22 mm para cables de red UTP
4	Orificio para manija de puerta

3.3.5.2 Vistas Internas

En la Figura 3.23 se muestra la Vista Interna Frontal y en la Figura 3.24 se observa la Vista Interna Lateral Derecha del sistema de entrenamiento Profinet.

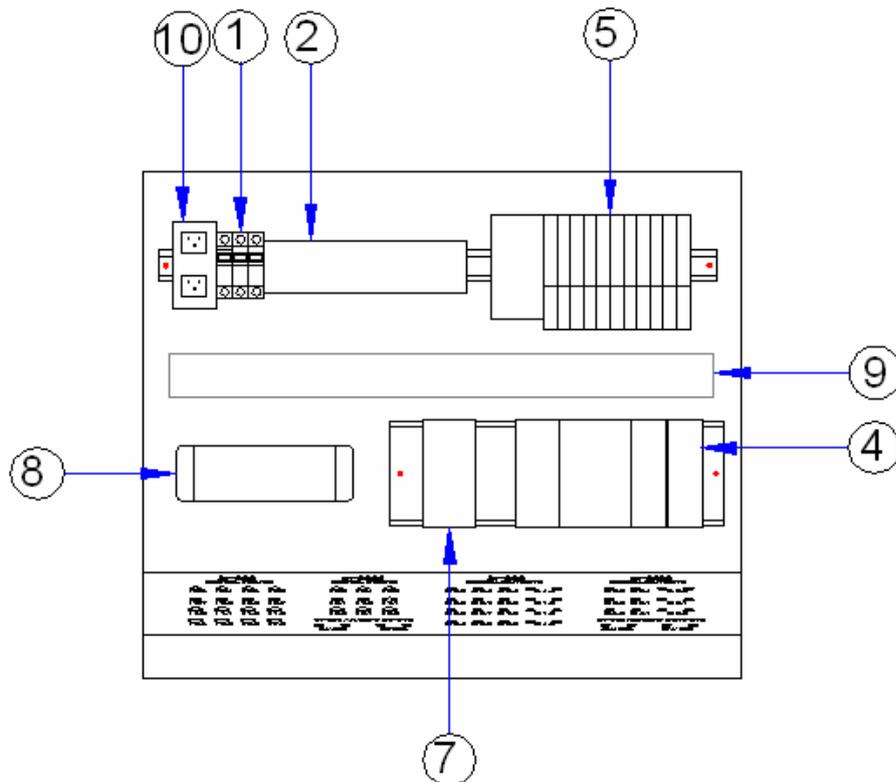


Figura. 3.23. Vistas Interna Frontal

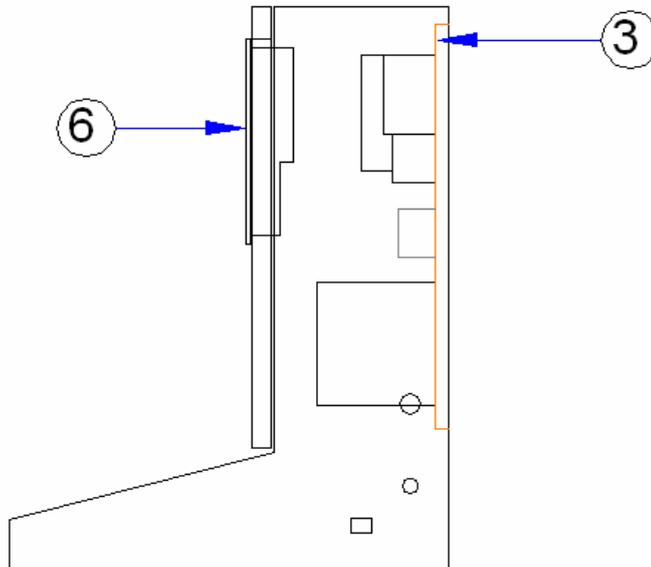


Figura. 3.24. Vista Interna Lateral Derecha

Tabla. 3.5. Disposición y descripción de los equipos

LISTA DE EQUIPOS	
ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Breaker 10 Amp, y 2 Fusibles , riel DIN 35 mm
2	TB 1 Borneras para alimentaciones riel DIN 35 mm
3	Doble fondo
4	PLC S7-300
5	ET-200S
6	TOUCH PANEL OP 177B
7	SWITCH SCALANCE X-208
8	WIRELESS ETHERNET MODEM
9	CANALETA
10	TOMA CORRIENTES 110 VAC

En la Tabla 3.5 se encuentra la descripción y disposición de los equipos, tal y como se encuentran distribuidos en el entrenador Profinet.

3.3.6. Esquema de conexiones

Todos los planos y esquemas de conexiones del sistema de entrenamiento Profinet se muestran en los planos del **Anexo 7**.

3.4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PROFINET

La estructura del sistema de entrenamiento Profinet es de tol (lámina de acero) de 1.5 mm de espesor según la norma ASTM A362 y pintura en polvo color gris, aplicada por método electrostático, tratada al horno a 200 °C. El grado de protección de la estructura es IP33.

Se presentan 4 imágenes del sistema de entrenamiento Profinet: Imagen Frontal, Imagen Lateral, Imagen Superior e Imagen en Perspectiva.

3.4.1. Imagen Frontal

En la Figura 3.25 se divisa la fotografía de la estructura frontal del entrenador, la cuál permite tener un criterio general de los equipos Profinet y dispositivos de entrada y salida.

En la Figura 3.26 se muestra la fotografía del acercamiento frontal de la cara interna del entrenador Profinet, se observa los equipos en el interior del entrenador y el cableado.

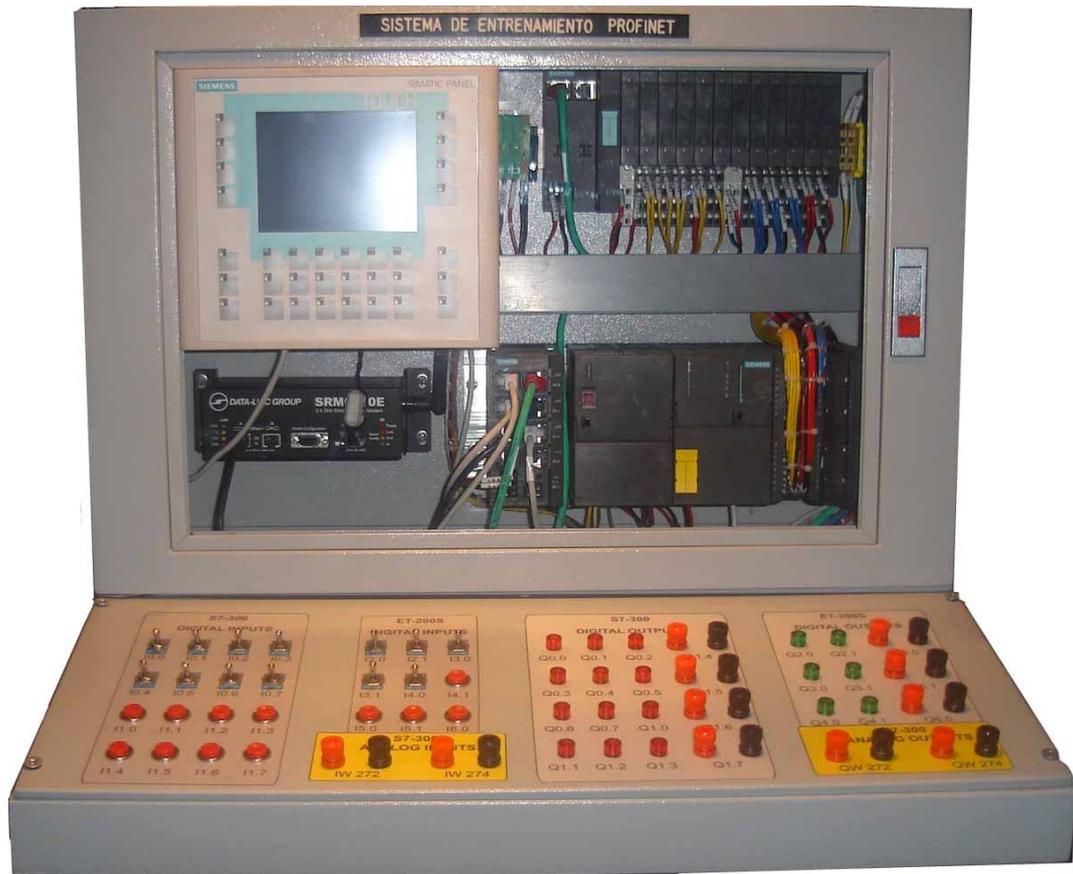


Figura. 3.25. Plano Frontal

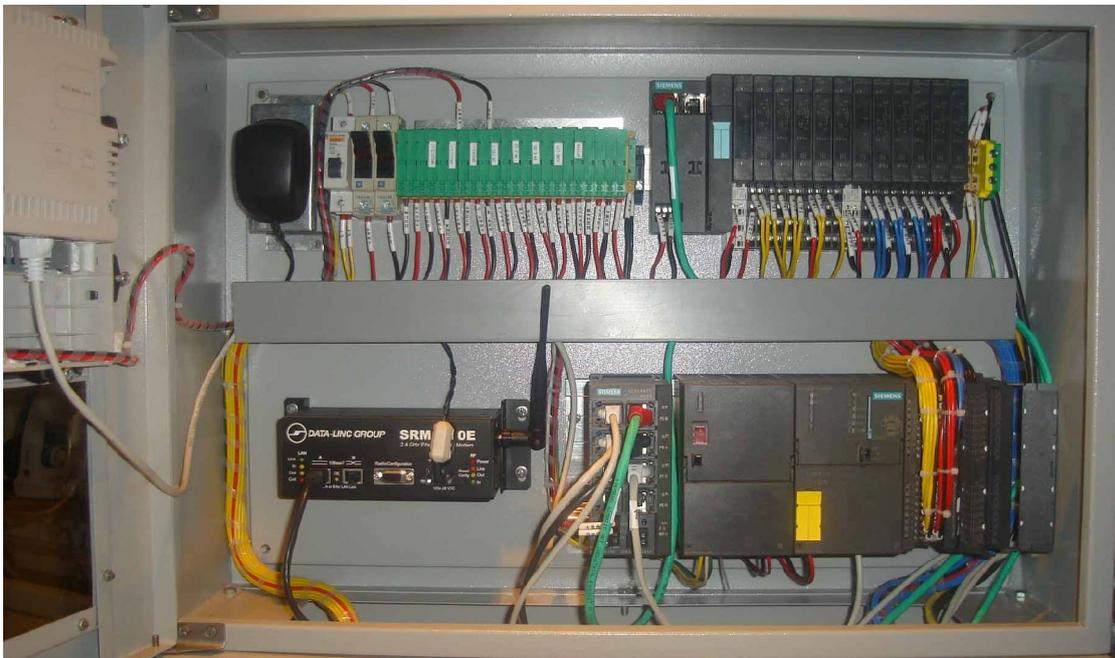


Figura. 3.26. Acercamiento Frontal – Cara Interna

3.4.2. Imagen Lateral

La vista lateral del entrenador Profinet se muestra en la fotografía de la Figura 3.27.



Figura. 3.27. Plano Lateral

3.4.3. Imagen Superior

La fotografía de la Figura 3.28 muestra el acercamiento de la vista superior del entrenador, en la cuál se observan los dispositivos de entrada y salida.

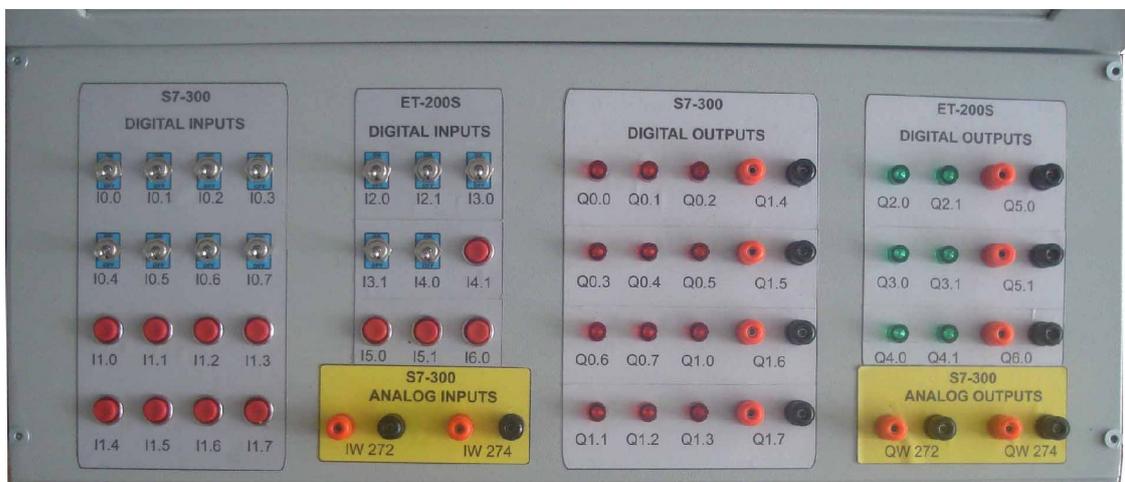


Figura. 3.28. Acercamiento Superior – Dispositivos de Entrada y Salida

3.4.4. Imagen en Perspectiva

En la fotografía de la Figura 3.29 se divisa el sistema de entrenamiento Profinet de manera integral, se puede observar toda la estructura y dispositivos que conforman el entrenador.



Figura. 3.29. Plano en Perspectiva

3.5. PRUEBAS Y SIMULACIONES

Las pruebas efectuadas en el sistema de entrenamiento Profinet para la verificación y el chequeo de su normal funcionamiento se resumen a continuación:

- Verificación visual y eléctrica (continuidad) de las conexiones de acuerdo a los planos eléctricos de construcción del entrenador Profinet.
- Verificación teórica y práctica de los requerimientos de corriente y voltaje para los equipos Profinet y de los valores nominales de los conductores empleados en el sistema de entrenamiento Profinet.
- Pruebas de movilidad con el fin de garantizar su versatilidad en la implementación de las prácticas del Laboratorio.
- Pruebas de comunicación de todos los equipos Profinet mediante software.
- Por medio de la simulación de las prácticas diseñadas en el Capítulo IV.
- Se realizó y observó el normal funcionamiento de los elementos de protección (fusibles, breaker), así como de todos los dispositivos de entradas y salidas (pulsadores, interruptores, luces y salidas libres).

CAPITULO IV

DISEÑO Y DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Mediante las prácticas planteadas a continuación se pretende que el estudiante de automatización y control vaya adquiriendo conocimientos y habilidades en la configuración de redes Profinet, que le permitan resolver aplicaciones de automatización con los que se va a encontrar en el ambiente industrial o laboral. Las guías están diseñadas de forma que la cantidad de conocimientos se incremente gradualmente en cada guía. El conjunto de las prácticas planteadas abarcan todos los equipos integrados en el sistema de entrenamiento Profinet y permiten que el estudiante adquiriera los conocimientos necesarios para la automatización de procesos usando el protocolo de comunicación industrial Profinet.

4.1. GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Las guías de las prácticas de laboratorio se especifican a continuación:

- Guía N° 1.- Configuración y programación de PLC S7-300 con Profinet
- Guía N° 2.- Profinet IO con periferia descentralizada ET-200S
- Guía N° 3.- Monitoreo con panel OP-177B en Profinet IO
- Guía N° 4.- Monitoreo remoto con módem wireless Ethernet SMR6310E

4.1.1. Guía de Práctica N° 1

CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PLC S7-300 CON PROFINET

OBJETIVOS

General

- Realizar el control de un proceso de automatización en PLC S7-300 con Profinet

Específicos

- Involucrarse en la configuración de hardware y direccionamiento Profinet
- Familiarizarse y aprender el entorno de programación en Step 7
- Obtener los conocimientos básicos en el uso del software de programación y desarrollo Step 7 orientado a protocolo de comunicación industrial Profinet
- Controlar un proceso de automatización en PLC S7-300 con Profinet

DESCRIPCIÓN GENERAL

El esquema de la Figura 4.1 representa la disposición de hardware y la conexión física de red de los equipos Profinet. El Supervisor IO (PC) y el Controlador IO (S7-300) están conectados al switch Scalance X208. El Controlador IO se encarga del control de nivel de un tanque. El sistema de la Figura 4.2 representa el control del nivel del tanque, donde intervienen un motor de una bomba y 2 electro válvulas. Y dos sensores de nivel ubicados en la parte inferior y superior del mismo.

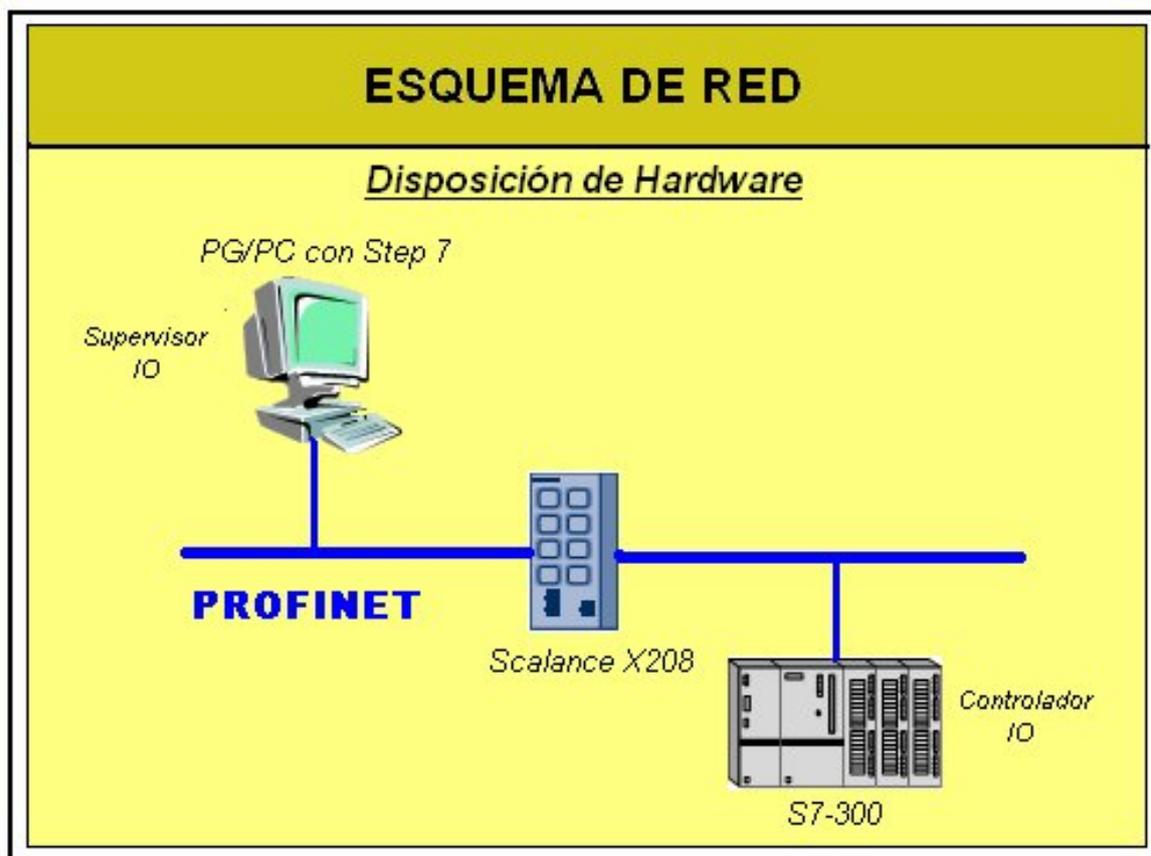


Figura. 4.1. Esquema de red Profinet – Práctica N° 1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

- El control de nivel de tanque que se muestra en la Figura 4.2 funciona de la siguiente manera:
- Mientras esté activada la válvula V1, también el motor de la bomba1 (B1) estará activado.
- La válvula V1 tiene dos pulsadores de control, el uno abre y el otro cierra la válvula dependiendo si se desea llenar el tanque o no.
- La válvula V2 tiene dos pulsadores de control, el uno abre y el otro cierra la válvula dependiendo si se desea vaciar el tanque.
- Si el tanque esta vacío, debe prenderse la luz indicadora (LL) y desactivarse la válvula de descarga (V2).
- Si el tanque está lleno, debe prenderse la luz indicadora (HL) y desactivarse la válvula de llenado (V1).
- Los sensores de nivel BY1 y BY2 indican si el tanque está lleno o vacío respectivamente.

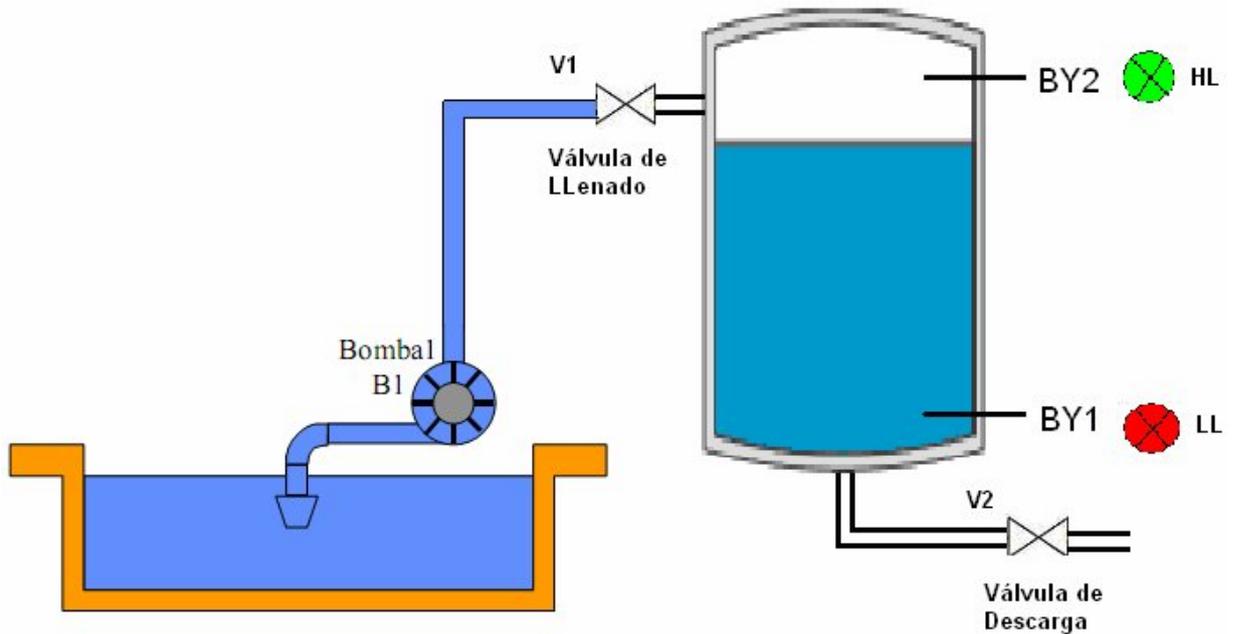


Figura. 4.2. Control de nivel de un tanque

Tabla. 4.1. Entradas y salidas de proceso de control de nivel de tanque

ENTRADAS Y SALIDAS DE PLC S7-300	
Entradas	Salidas
Pulsador Start V1	B1 (Bomba1)
Pulsador Stop V1	V1 (Válvula de llenado)
Pulsador Start V2	V2 (Válvula de descarga)
Pulsador Stop V2	Luz indicadora nivel alto (HL)
BY1 (Sensor nivel alto)	Luz indicadora nivel bajo (LL)
BY2 (Sensor nivel bajo)	

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

1. Configurar la interfaz de red para Profinet de la PG/PC.
2. Realizar la configuración de hardware en la aplicación HW Config de STEP 7
 - ⇒ Asignar dirección IP a la CPU 315F-2 PN/DP y descargar la configuración
3. Diseñar el programa que realiza el control de nivel del tanque anteriormente descrito.
 - ⇒ Obtener variables y usar el editor de símbolos de STEP7
 - ⇒ Obtener el programa en lenguaje de programación KOP (ladder).
 - ⇒ Descargar el programa de usuario
4. Simular el proceso de control de nivel del tanque en el sistema de entrenamiento Profinet.
 - ⇒ Usar los dispositivos de entrada y salida del sistema de entrenamiento Profinet.
5. Finalmente realizar un informe de la práctica.
 - ⇒ Detallar cada uno de los puntos anteriores, describir los pasos realizados.
 - ⇒ Adjuntar la programación

4.1.2. Guía de Práctica N° 2

PROFINET IO CON PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET-200S

OBJETIVOS

General

- Controlar un proceso de automatización en periferia descentralizada ET-200S

Específicos

- Familiarizarse con la terminología Profinet IO
- Aprender a configurar una red Profinet IO
- Aprender direccionamiento de periferia descentralizada ET-200S con Profinet IO
- Observar la capacidad de intercambio de datos en tiempo de real de Profinet IO
- Afianzarse en programación y configuración de redes Profinet IO
- Mostrar los fundamentos de Profinet IO

DESCRIPCIÓN GENERAL

El esquema de la Figura 4.3 representa la disposición de hardware y la conexión física de red de los equipos Profinet para esta práctica. El Supervisor IO (PC/PG), el Controlador IO (S7-300), y el Dispositivo IO (ET-200S) están conectados al switch Scalance X208 que también se configurará como Dispositivo IO. Se tomará como base la práctica anterior de control de nivel del tanque en el PLC S7-300 y se añadirá otro proceso de control a través de la periferia descentralizada ET-200S. En el Controlador IO se controlará el proceso de nivel del tanque de la práctica N° 1 y a través de la periferia descentralizada ET-200S se controlará un sistema de descarga de una banda transportadora. El sistema de la Figura 4.4 representa el sistema de descarga de la banda transportadora, donde intervienen un sensor para detección de cajas, una luz indicadora, el motor de la banda transportadora y una señal de salida hacia el sistema de descarga.

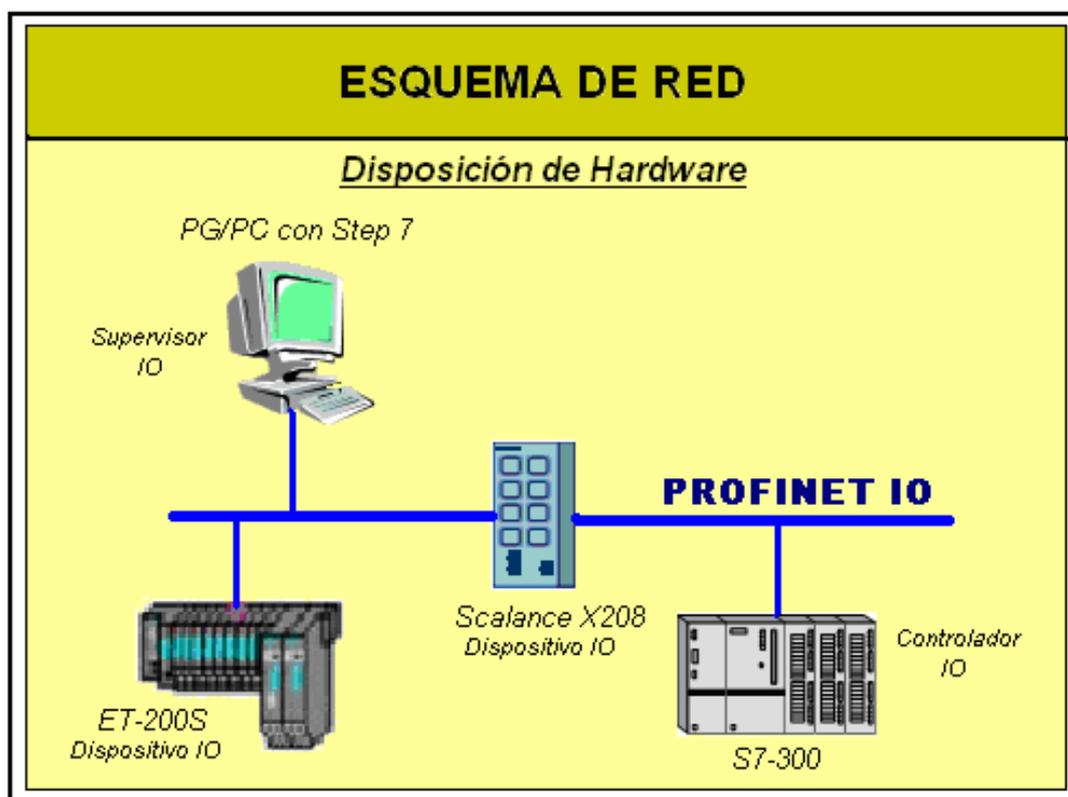


Figura. 4.3. Esquema de red Profinet – Práctica 2

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

En la Figura 4.4 se muestra un sistema de descarga de una banda transportadora. El proceso se controla a través de la periferia descentralizada ET-200S:

- El sistema tiene dos modos de trabajo: manual y automático. El modo de trabajo se selecciona por medio de un interruptor.
- En modo manual se tiene un pulsador que activa el motor de la banda transportadora (M1) mientras esté presionado y se desactiva cuando se deje de presionarlo. En este modo el sistema no realizará ningún conteo.
- En modo automático se tiene un pulsador de Start y un pulsador de Stop.
- Si usted presiona Start, se encenderá el motor de la banda transportadora permitiendo que la banda se mueva y realice el desplazamiento de las cajas hacia el sistema de descarga.

- El sistema contará el número de cajas que van hacia el sistema de descarga por medio de un sensor (I1). También se contará el número de pallets, cada pallet = 5 cajas.
- Cada vez que se cuente un pallet, se activará el sistema de descarga (O1) durante 3 segundos.
- Cuando se presione el pulsador de Stop se detendrá la banda transportadora.
- Cuando se presione el pulsador de Start se reiniciará desde cero el conteo de cajas y pallets.
- Una luz indicadora (L1) se encenderá a una frecuencia de 0.5 Hz cuando el motor de la banda esté activado en modo manual o automático.

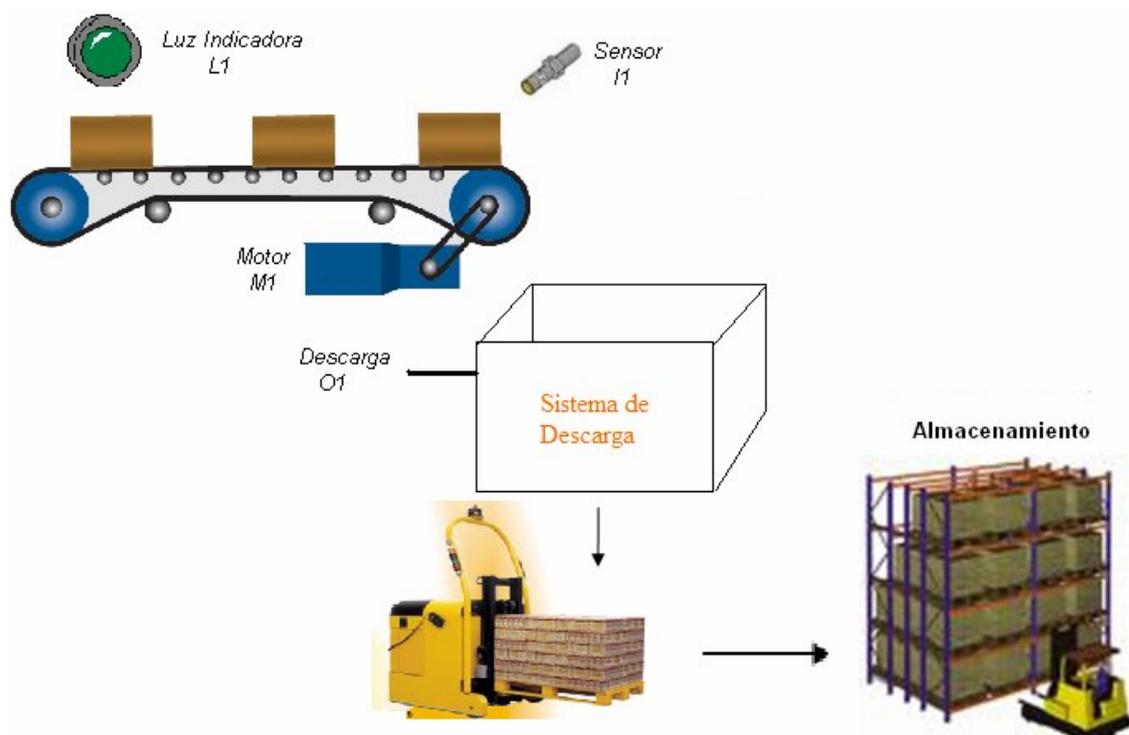


Figura. 4.4. Sistema de descarga de banda transportadora

Tabla. 4.2. Entradas y salidas de sistema de descarga de banda transportadora

ENTRADAS Y SALIDAS DE PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET-200S	
Entradas	Salidas
Interruptor Manual/Automático	M1 (Motor)
Pulsador ON (Manual)	O1 (Descarga)
Pulsador Start (Automático)	L1 (Luz indicadora)
Pulsador Stop (Automático)	
S1 (Sensor)	

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

1. Realizar la configuración de hardware para una subred Profinet IO en la aplicación HW Config de STEP 7.
 - ⇒ Configurar switch Scalance X208 y ET-200S como Dispositivos IO.
 - ⇒ Asignar nombre de dispositivo a la ET-200S y al switch Scalance x208 para direccionamiento Profinet.
2. Aprender la configuración Profinet IO en tiempo real de los Dispositivos IO.
3. Diseñar el programa que realiza el control del sistema de descarga de la banda transportadora en la periferia descentralizada ET-200S anteriormente descrito.
 - ⇒ Obtener variables y usar el editor de símbolos de STEP7.
 - ⇒ Realizar el programa en lenguaje KOP, direccionar entradas y salidas en el Controlador IO hacia la periferia descentralizada ET200S.
 - ⇒ Controlar desde el PLC S7-300 el proceso de la Práctica N° 1 y el descrito en la presente práctica.
4. Simular el control del sistema de descarga de la banda transportadora en el sistema de entrenamiento Profinet.
 - ⇒ Usar los dispositivos de entrada y salida del sistema de entrenamiento Profinet.
5. Finalmente realizar un informe de la práctica.
 - ⇒ Detallar cada uno de los puntos anteriores, describir los pasos realizados.
 - ⇒ Adjuntar la programación.

4.1.3. Guía de Práctica N° 3

MONITOREO CON PANEL OP-177B EN PROFINET IO

OBJETIVOS

General

- Monitorear un proceso de automatización desde panel operador OP-177B

Específicos

- Configurar una red Profinet IO con panel operador OP-177B
- Afianzarse en el intercambio de datos en tiempo de real de Profinet IO
- Profundizar en los conocimientos de Profinet IO
- Monitorear un proceso de automatización en el panel operador OP-177B

DESCRIPCIÓN GENERAL

El esquema de la Figura 4.5 representa la disposición de hardware y la conexión física de red de los equipos Profinet para la presente práctica. El Supervisor IO (PC/PG), el Controlador IO (S7-300), los Dispositivos IO (ET-200S, OP 177B y Scalance X208) están en la misma subred Profinet IO a través del switch Scalance X208. Para la presente práctica se requiere haber realizado la Práctica N° 1 y la Práctica N° 2.

La práctica consiste en monitorear el proceso del sistema de descarga de una banda transportadora desde el panel operador OP-177B. El proceso se controlará desde los dispositivos de entrada físicos (interruptores y pulsadores) del entrenador Profinet y se monitoreará desde el panel operador OP-177B. Todo el sistema se encargará del control de dos procesos: el control de nivel de un tanque en el Controlador IO y el control del sistema de descarga de una banda transportadora a través de la periferia descentralizada ET-200S que se podrá supervisar mediante el panel operador OP-177B.

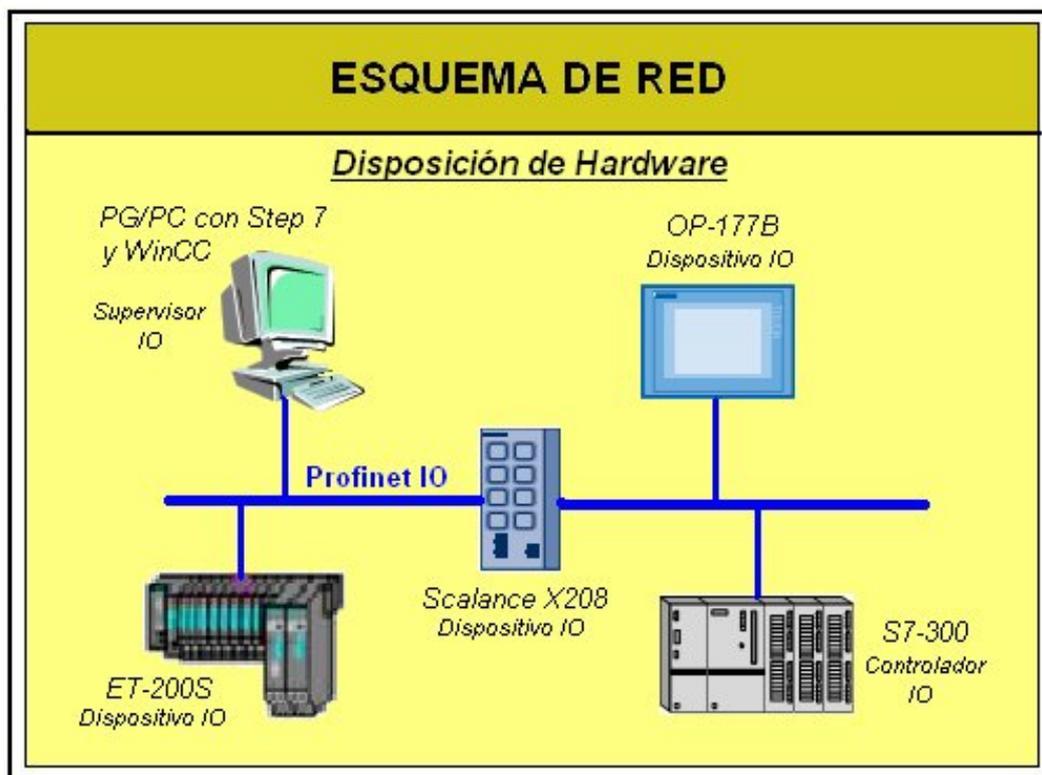


Figura. 4.5. Esquema de red Profinet – Práctica 3

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

El sistema de descarga de una banda transportadora se supervisará en el panel operador OP-177B, y se controlará a través de los dispositivos de mando (interruptores y pulsadores) del sistema de entrenamiento Profinet :

- En una HMI en el panel operador se supervisarán las variables del proceso de sistema de descarga de la banda transportadora
- Las variables que se monitoreará en el panel operador OP-177B son:
 - ⇒ Luz indicadora del motor de la banda transportadora
 - ⇒ N° de cajas y N° de pallets.
 - ⇒ Activación del sistema de descarga.

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

1. Realizar la configuración de hardware de la subred Profinet IO en la aplicación HW Config de STEP 7.
 - ⇒ Configurar panel operador OP-177B como Dispositivo IO
 - ⇒ Asignar nombre de dispositivo al panel operador OP-177B.

- 2.** Crear un proyecto HMI en WinCC e integrarlo al proyecto de la presente práctica en Step7.
 - ⇒ Configurar la comunicación de enlace del panel operador OP-177B en el proyecto HMI en WinCC.
 - ⇒ Crear la interfaz HMI
 - ⇒ Transferir el proyecto HMI hacia el panel operador OP-177B mediante Profinet IO.
- 3.** Simular el control de los procesos en el sistema de entrenamiento Profinet.
 - ⇒ Monitorear el sistema de descarga de una banda transportadora en el panel operador OP-177B
- 4.** Finalmente realizar un informe de la práctica.
 - ⇒ Detallar cada uno de los puntos anteriores, describir los pasos realizados.
 - ⇒ Adjuntar la programación.

4.1.4. Guía de Práctica N° 4

MONITOREO REMOTO CON MODEM WIRELESS SM6310E

OBJETIVOS

General

- Monitorear remotamente un proceso de automatización usando el Módem Wireless SM6310E.

Específicos

- Observar la comunicación Profinet y Ethernet.
- Realizar la configuración de una red con Módem Wireless SM6310E
- Monitorear remotamente un proceso de automatización por medio de Ethernet wireless.

DESCRIPCIÓN GENERAL

El esquema de la Figura 4.6 representa la disposición de hardware y la conexión física de red de los equipos Profinet para la presente práctica. El Supervisor IO (PC/PG), el Controlador IO (S7-300), los Dispositivos IO (ET-200S y OP 177B) están conectados en la misma subred a través del switch Scalance X208. La PC remota se encuentra conectada a la red a través de los módems wireless SMR6310E. Para la presente práctica se requiere haber realizado la Práctica N° 1, la Práctica N° 2 y la Práctica N° 3.

La práctica consiste en monitorear desde una HMI remota el proceso de control de nivel del tanque en el Controlador IO (S7-300). Todo el sistema se encargará del control de dos procesos: el control de nivel de un tanque en el Controlador IO que se monitoreará remotamente en una HMI a través de los módem wireless SMR6310E y el control del sistema de descarga de una banda transportadora en la periferia descentralizada ET-200S que se podrá gestionar y monitorear mediante el panel operador OP-177B.

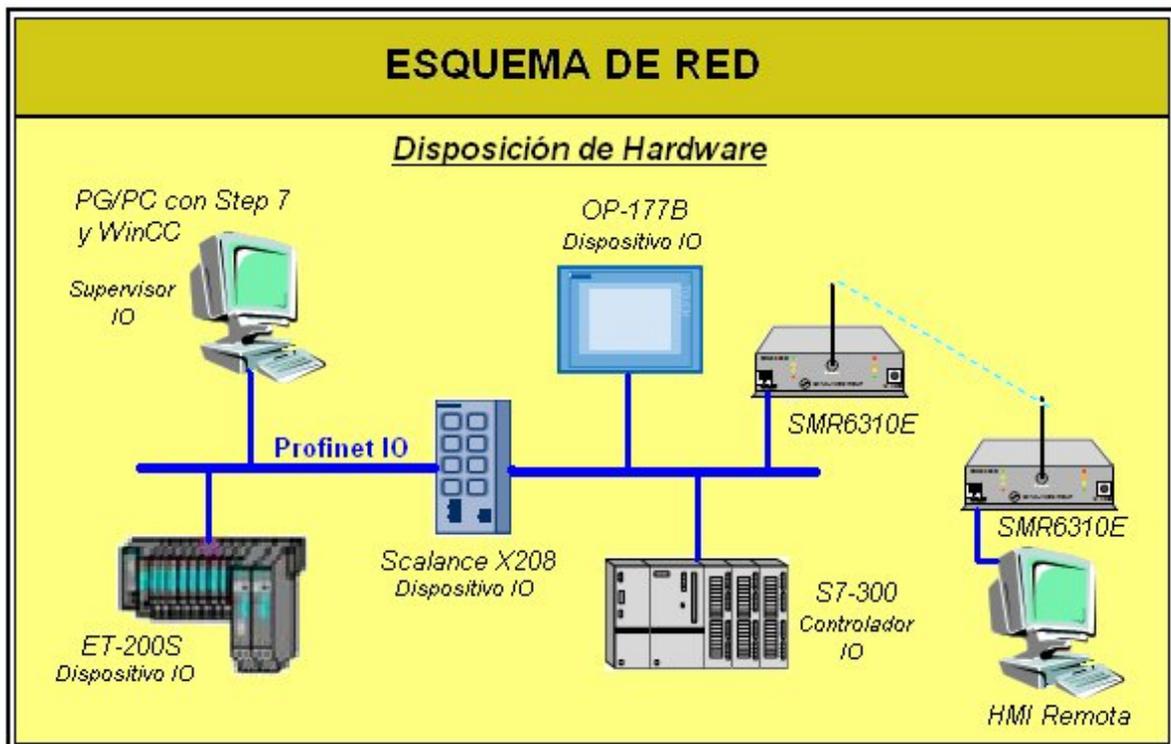


Figura. 4.6. Esquema de red Profinet – Práctica 4

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El monitoreo del proceso de control de nivel del tanque se lo hará en la PC remota a través de una HMI con el software WinCC. Las variables del control de nivel del tanque a monitorear son las siguientes:

- ⇒ Estado de la bomba B1
- ⇒ Estado de la válvula de llenado V1
- ⇒ Estado de la válvula de descarga V2
- ⇒ Alarmar de nivel alto HL
- ⇒ Alarma de nivel bajo LL

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

1. Realizar la configuración de red de la PC remota mediante los módem wireless SMR6310E
2. Crear interfaz HMI para monitorear el proceso de nivel del tanque en la PC remota.
 - ⇒ Crear un proyecto WinCC integrado desde Step7 en la PC/PG
 - ⇒ Realizar la configuración de la comunicación.

- ⇒ Transferir el proyecto HMI hacia la PC remota.
- 3.** Simular el control de los procesos en el sistema de entrenamiento Profinet.
 - ⇒ Monitorear el proceso de control de nivel del tanque desde la HMI remota
- 4.** Finalmente realizar un informe de la práctica.
 - ⇒ Detallar cada uno de los puntos anteriores, describir los pasos realizados.
 - ⇒ Adjuntar la programación.

4.2. DESARROLLO DE PRÁCTICAS

4.2.1. Práctica N° 1

Configuración y programación de PLC S7-300 con Profinet

Para la descripción de la presente práctica referirse a la Guía de la Práctica N° 1 establecida en Guía de Prácticas del Capítulo IV.

Los equipos a utilizarse en la presente práctica son los siguientes:

Tabla. 4.3. Equipos utilizados en Práctica N° 1

Equipo	Imagen
<p><i>Autómata Programable S7-300 CPU 315F-2 PN/DP</i> <i>Módulo E/S digital SM-323 16 DI/16 DO</i> <i>Módulo E/S analógico SM-334 4 AI/2 AO</i></p>	
<p><i>Switch Scalance X208</i></p>	

DESARROLLO

1. Configurar la interfaz de red para Profinet de la PG/PC.

Elegir "**Inicio > SIMATIC > STEP 7 > Ajustar interface PG/PC**". Aparecerá el cuadro de diálogo que permite configurar la interfaz PG/PC como se muestra en la Figura 4.7.

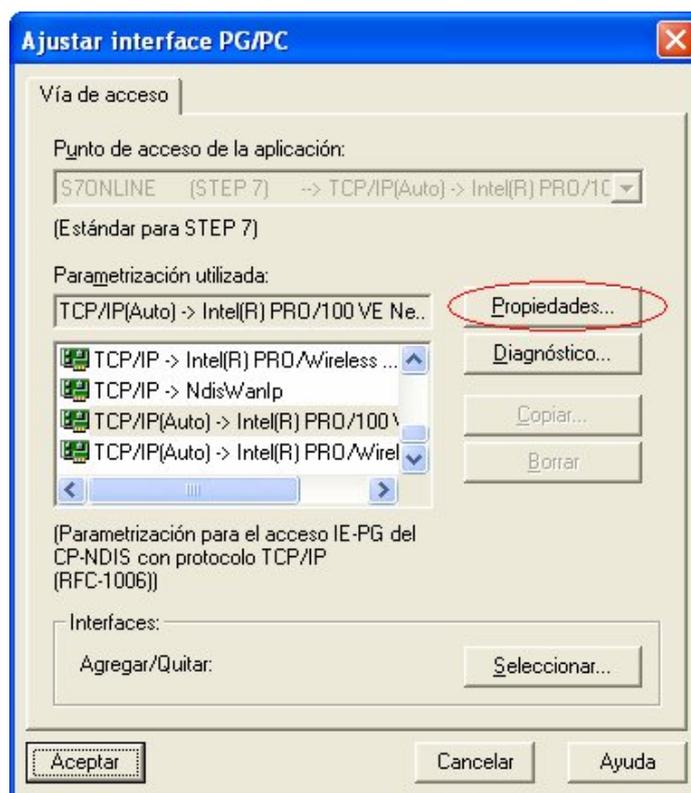


Figura. 4.7. Ajuste de interfaz PG/PC

Seleccionar la vía de acceso por la cuál se va a comunicar la PG/PC. En la comunicación Profinet seleccionar el protocolo **TCP/IP(Auto)** para la tarjeta de red de la PG/PC. A continuación hacer clic en el botón "Propiedades". En el cuadro de diálogo "Propiedades" en la pestaña "Acceso IE-PG" elegir la opción "**Asignar dirección IP específica del proyecto**".

En la pestaña "Red TCP/IP" del cuadro de diálogo "Propiedades" hacer clic en el botón "**Propiedades de la red**". En la ventana de "Conexiones de red" hacer doble clic sobre la tarjeta de red de la PC/PG, elegir "Protocolo de Internet (TCP/IP)" y hacer clic en el botón "Propiedades". En el cuadro de diálogo "Propiedades" escribir la **dirección IP** de la PC/PG como se observa en la Figura 4.8. Confirmar la configuración de la tarjeta de red. Confirmar también la configuración de la interfaz PG/PC

Como resultado se adoptará la configuración de la interfaz PG/PC.

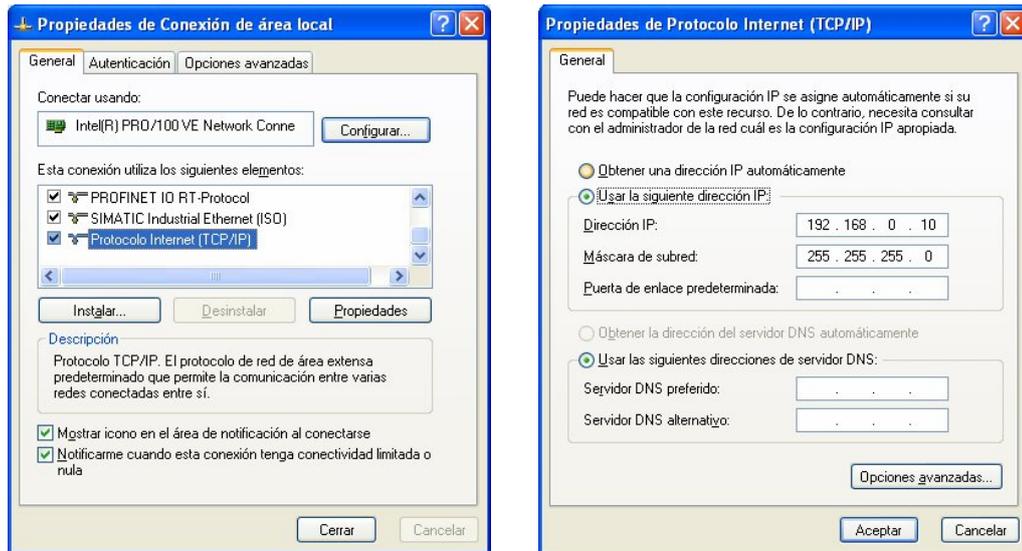


Figura. 4.8. Direccionamiento IP de la tarjeta de red

2. Realizar la configuración de hardware en la aplicación HW Config de STEP 7

Abrir el Administrador SIMATIC de STEP 7 . Elegir la opción “**Archivo > Nuevo**”, indicar el nombre de proyecto (ejemplo: Práctica 1). Una vez creado el proyecto, insertar un equipo SIMATIC 300 haciendo clic con el botón derecho del ratón y eligiendo en el menú emergente “**Insertar nuevo objeto > Equipo SIMATIC 300**”.

En el equipo SIMATIC 300 creado, hay que configurar el hardware que reproduzca el hardware del PLC con el que se va a realizar la práctica. Para ello hacer doble clic sobre el icono hardware  Hardware dentro del equipo SIMATIC 300. Como resultado se abre la aplicación HW Config.

En la aplicación de hardware hay que configurar el equipo. Lo primero será insertar el bastidor donde se va a alojar PLC. En el catálogo (Ver Figura 4.9) existente la aplicación configurar hardware, seleccionar **SIMATIC 300 > BASTIDOR 300 > Perfil Soporte**. Una vez insertado el bastidor hay que indicar que hay conectado a cada uno de los slots del bastidor:

⇒ En el slot 1 insertamos la fuente de alimentación **SIMATIC 300 > PS-300 > PS 307 5A**.

- ⇒ En el slot 2 insertamos la CPU **SIMATIC 300 > CPU-300 > CPU 315F-2 PN/DP**. Al insertar la CPU 315F-2 PN/DP se muestra la ventana de propiedades de la interfaz PROFINET X2. Insertar la **dirección IP de la CPU** y la máscara de subred. Hacer clic en el botón de comando "Nueva..." y asignar un nombre a la nueva subred (Ejemplo: Profinet). En la Figura 4.10 se muestra la configuración de la interfaz PROFINET X2. A continuación hacer clic en el botón "Aceptar". Como resultado se habrá creado una nueva subred Industrial Ethernet.
- ⇒ En el slot 3 está reservado para el módulo interface.
- ⇒ En el slot 4 insertar el módulo de E/S digitales **SM-300 > DI/DO-300 > SM-323**.
- ⇒ En el slot 5 insertar el módulo de E/S analógicas **SM-300 > AI/AO-300 > SM-334**.

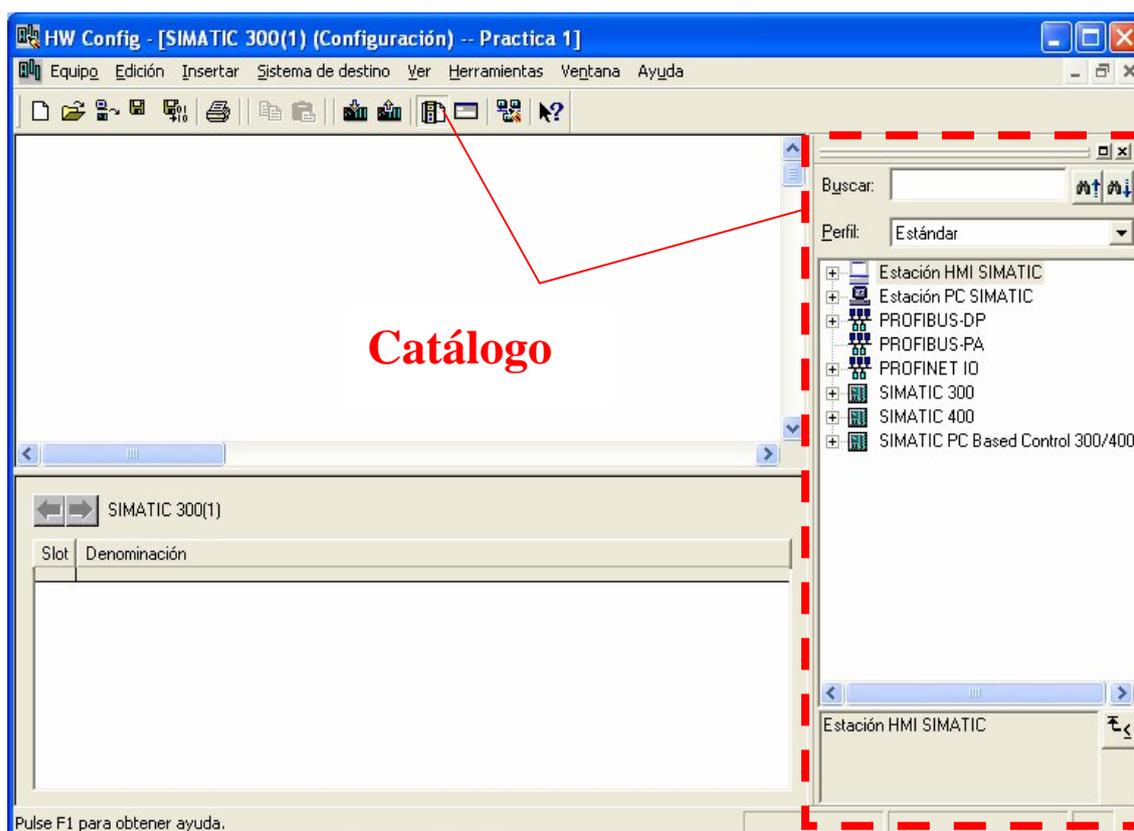


Figura. 4.9. Catálogo de aplicación HW-Config

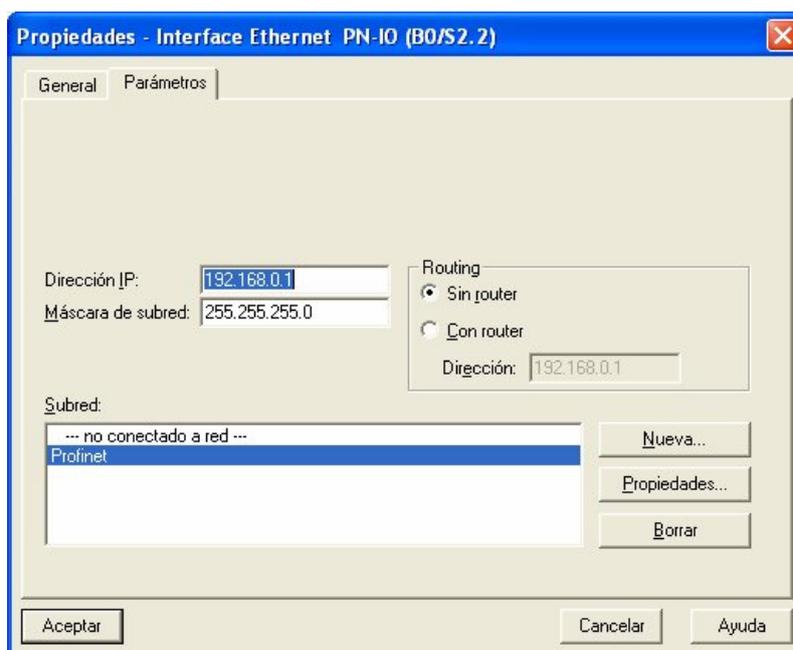


Figura. 4.10. Configuración Interfaz Profinet de CPU 315F-2 PN/DP

En la Figura 4.11 se puede ver un detalle de cómo quedaría la configuración del hardware realizado.

Una vez hecha la configuración de hardware del PLC S7-300, se puede ajustar las opciones de la interfaz Profinet en HW Config si se desea. Hacer clic en la CPU 315F-2 PN/DP, en la interfaz PROFINET X2 dado el caso, para la presente práctica no es necesario ningún ajuste.

Para mostrar la subred industrial creada anteriormente y poder añadir dispositivos Profinet, hacer clic derecho en la interfaz **"PROFINET X2 > Insertar sistema PROFINET IO"**. En esta práctica no se va a configurar ningún dispositivo IO. El switch Scalance X208 es transparente en la red Profinet y no es necesario configurarlo como dispositivo Profinet. La Figura 4.12 muestra la configuración de hardware con la subred Profinet.

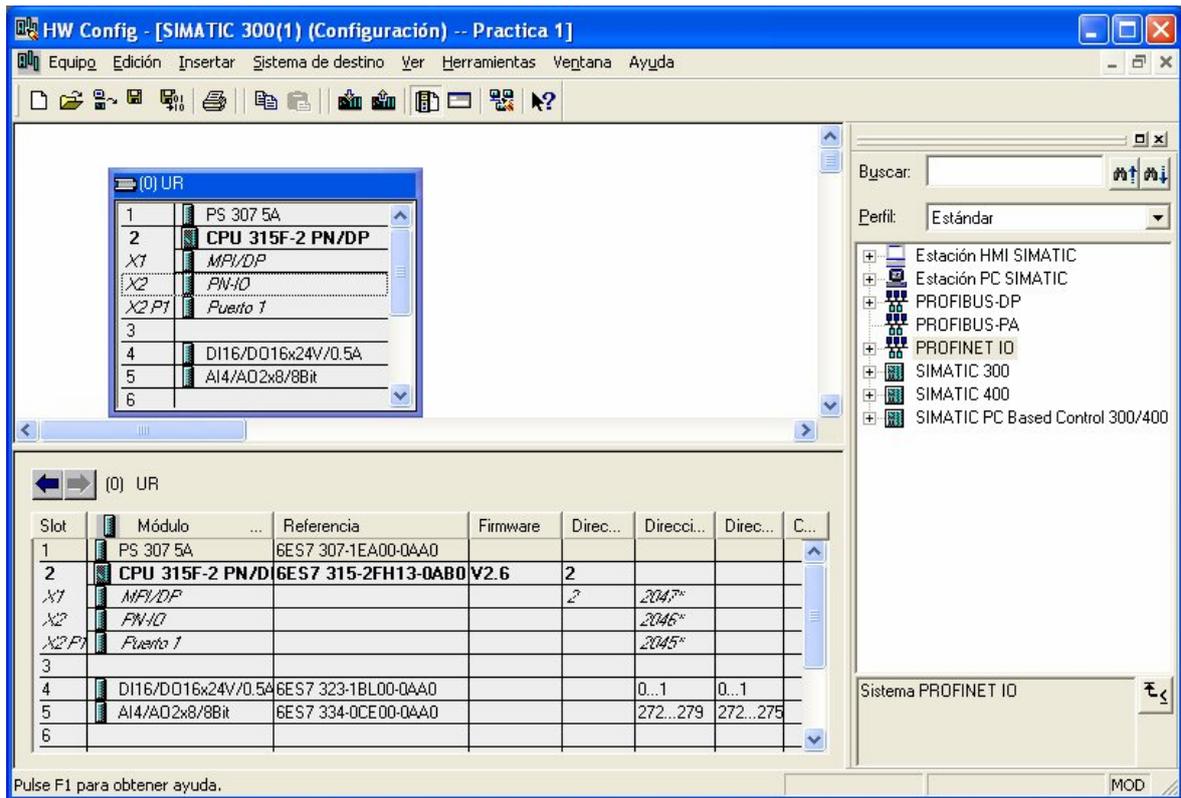


Figura. 4.11. Detalle de la configuración de hardware

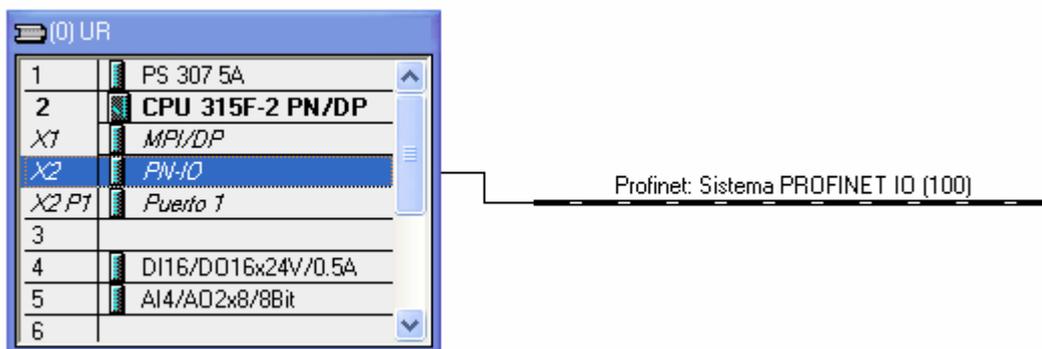
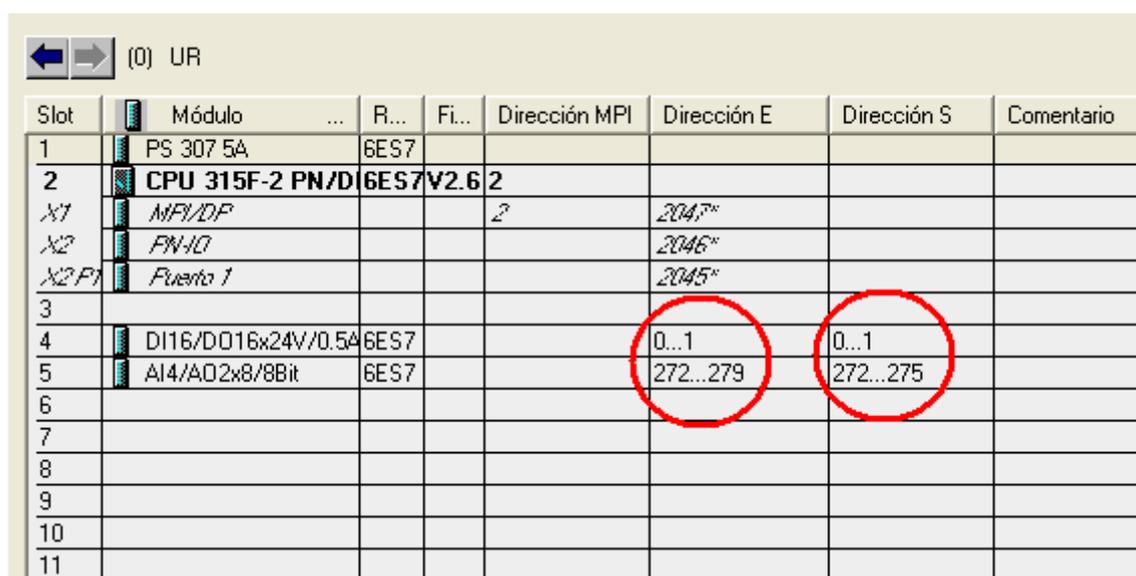


Figura. 4.12. Representación de una subred Profinet

Los bytes para el direccionamiento de entradas/salidas digitales y analógicas de los módulos SM 323 y SM 334 del PLC S7-300 que se deben usar en la programación se observan en la Figura 4.13.



Slot	Módulo	R...	Fi...	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S	Comentario
1	PS 307 5A	6ES7					
2	CPU 315F-2 PN/DP	6ES7	V2.6	2			
X1	MPI/DP				2047*		
X2	PN-ID				2046*		
X2 P1	Puerto 1				2045*		
3							
4	DI16/DO16x24V/0.5A	6ES7			0...1	0...1	
5	AI4/AO2x8/8Bit	6ES7			272...279	272...275	
6							
7							
8							
9							
10							
11							

Figura. 4.13. Bytes de direccionamiento de entradas y salidas

Para guardar la configuración y asignar la dirección IP configurada a la CPU elegir el comando de menú "**Equipo > Guardar y compilar**". Como resultado se compila la configuración de hardware y se guarda. Elegir el comando de menú "**Sistema de destino > Cargar en módulo**". Aparece el cuadro de diálogo para seleccionar el módulo de destino como se muestra en la Figura 4.14.

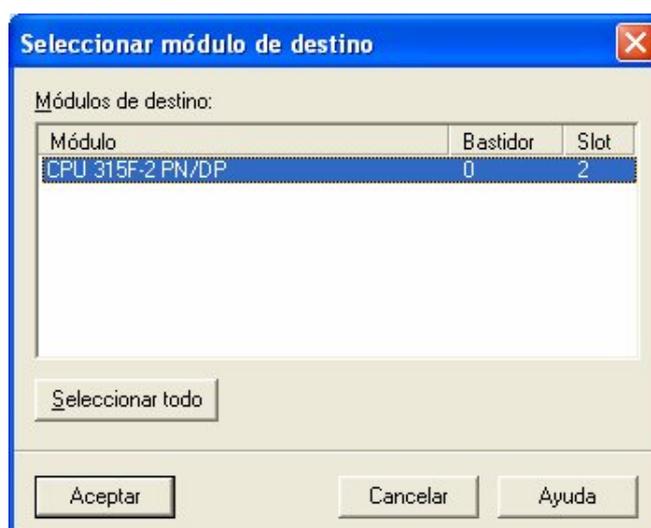


Figura. 4.14. Selección de módulo de destino

Confirmar el cuadro de diálogo con "Aceptar" y aparecerá el cuadro de diálogo que permite seleccionar la dirección IP de la estación con la dirección IP que se configuró anteriormente como se muestra en la Figura 4.15. La CPU todavía no aparece en "Estaciones accesibles".

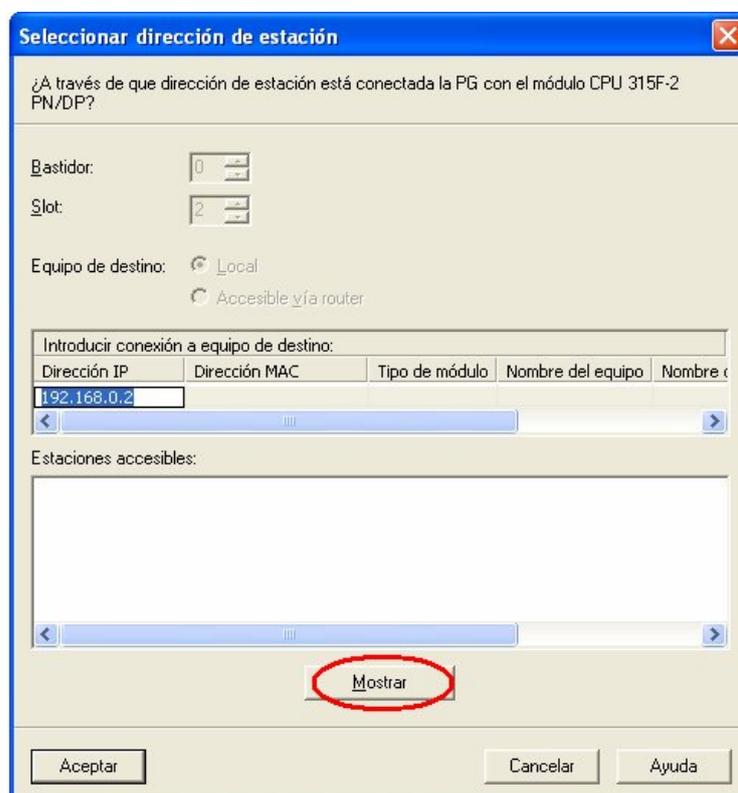


Figura. 4.15. Selección de dirección de la estación

Hacer clic en el botón "Mostrar" y como resultado la unidad de programación lee la dirección MAC de la CPU y muestra la dirección IP con la que estaba configurada anteriormente en el cuadro de diálogo como se muestra en la Figura 4.16. En caso de no tener configurada ninguna dirección IP solo aparecerá la dirección MAC de la CPU.

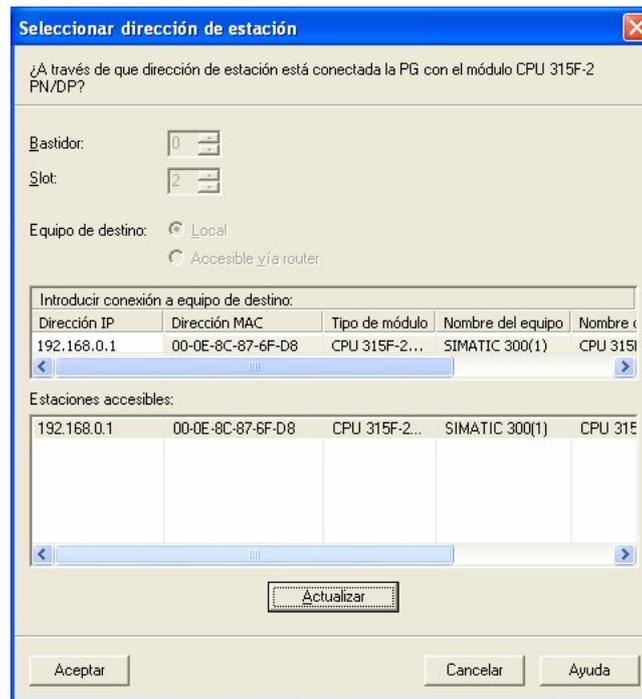


Figura. 4.16. Dirección MAC y Dirección IP de la CPU

Seleccionar la fila con la dirección MAC de la CPU y confirmar con "Aceptar". Como resultado la nueva dirección IP se asigna a la CPU y se carga la configuración, observar la Figura 4.17. Cerrar la aplicación HW Config con el comando "Equipo > Salir".

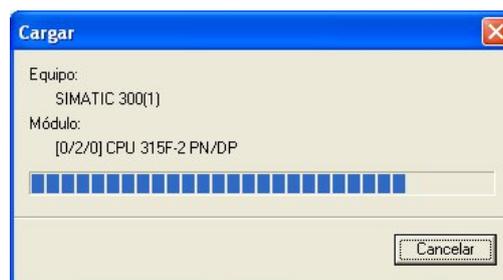


Figura. 4.17. Carga de la configuración y direccionamiento IP de la CPU

3. Diseñar el programa que realiza el control de nivel del tanque descrito en la Guía de Práctica N° 1.

En la ventana del proyecto hacer clic en opción “**Herramientas > Preferencias**”. Se abre el cuadro de diálogo “Preferencias”, en la pestaña “Idioma” elegir la opción “**Inglesa**” y hacer clic en aceptar, ver Figura 4.18. Como resultado la denominación de todos los datos globales será de la forma inglesa: Marcas (M), Temporizadores (T), Contadores (C), Entradas (I), Salidas (Q).

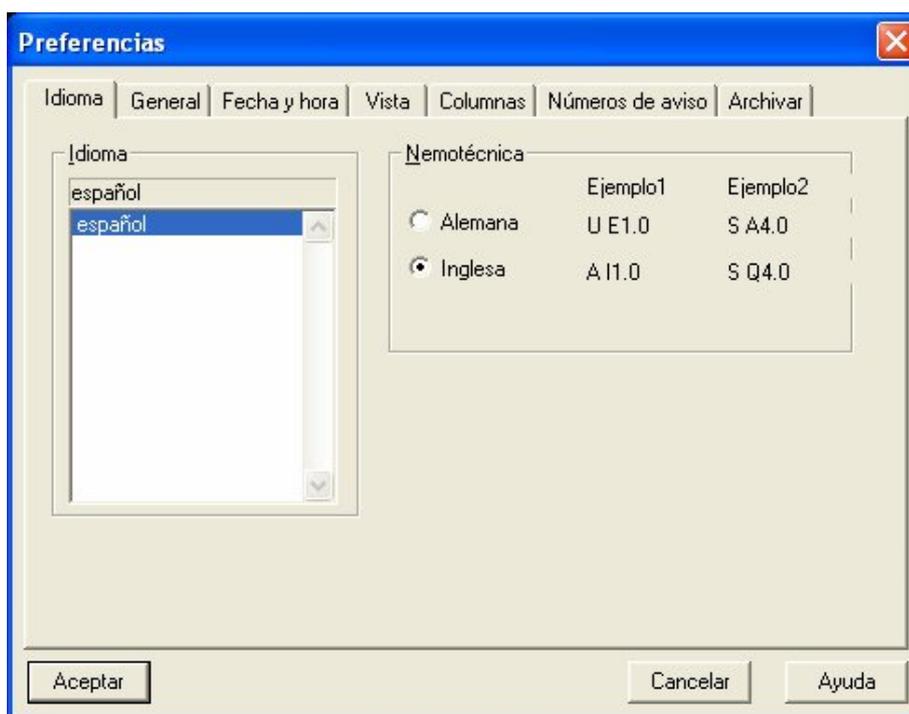


Figura. 4.18. Cuadro de diálogo Preferencias

En la ventana del proyecto “Práctica 1” navegar hasta la carpeta **Programas S7** y abrir el icono **Símbolos** con un doble clic. Ver Figura 4.19.

En la ventana del “Editor de símbolos” asignar un nombre de símbolo y un comentario a todas las direcciones de entrada y salida digitales del S7-300 que se van a utilizar en el proceso de control de nivel del tanque. En la Figura 4.20 se muestra la asignación de símbolos para las direcciones de entrada y salida digitales del módulo SM323 en el PLC S7-300 utilizadas en la presente práctica.

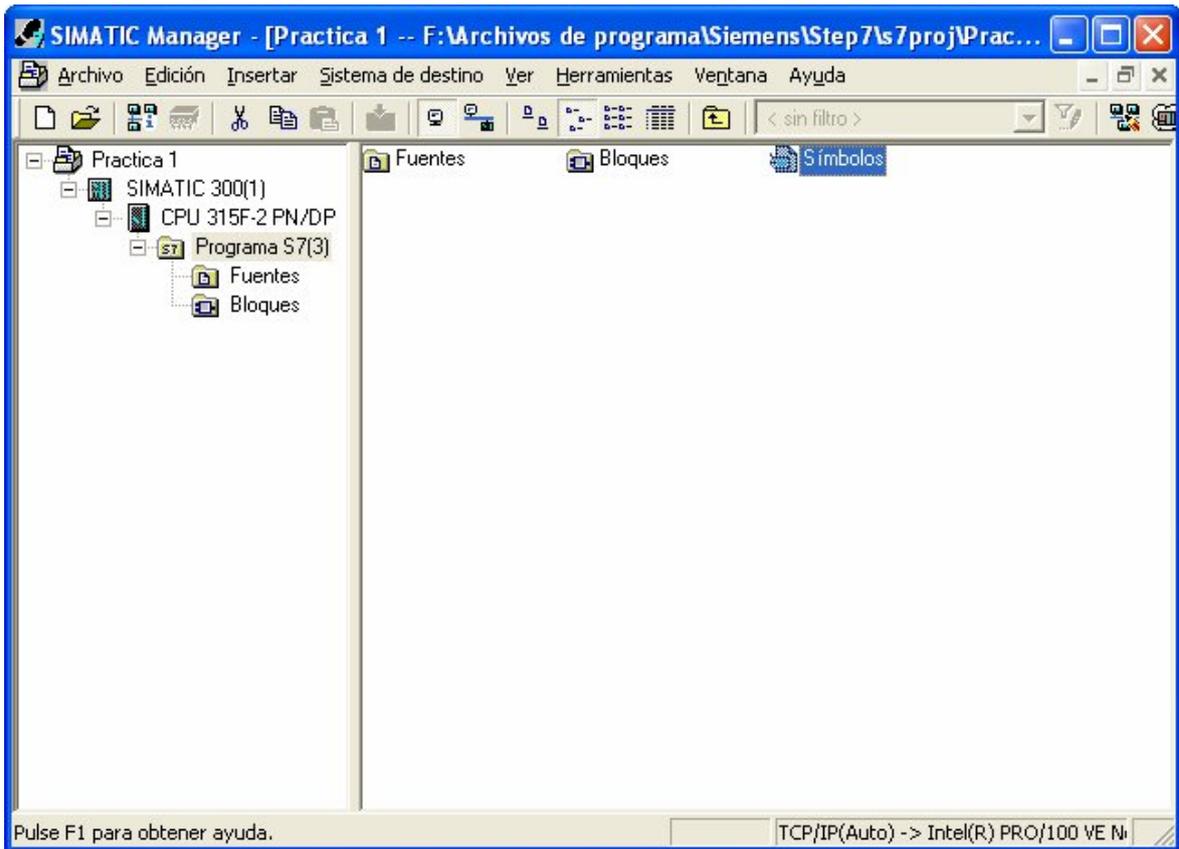


Figura. 4.19. Ventana de proyecto SIMATIC Manager

The screenshot shows the 'Editor de símbolos' window. The title bar reads 'Editor de símbolos - [Programa S7(3) (Símbolos) -- Practica 1\SIMATIC ...'. The menu bar includes 'Tabla', 'Edición', 'Insertar', 'Ver', 'Herramientas', 'Ventana', and 'Ayuda'. The window displays a table of symbols with the following data:

	Estado	Símbolo	Direcció	Tipo de dato	Comentario
1		BY1	I 0.0	BOOL	Sensor de nivel HL (nivel alto)
2		BY2	I 0.1	BOOL	Sensor de nivel LL (nivel bajo)
3		Start V1	I 1.0	BOOL	Pulsador Start de válvula V1
4		Stop V1	I 1.1	BOOL	Pulsador de Stop de válvula V1
5		Start V2	I 1.2	BOOL	Pulsador Start de válvula V2
6		Stop V2	I 1.3	BOOL	Pulsador de Stop de válvula V2
7		Programa Principal	OB 1	OB 1	Programa Principal
8		B1	Q 0.0	BOOL	Salida hacia Bomba1
9		V1	Q 0.1	BOOL	Salida hacia válvula V1
10		V2	Q 0.2	BOOL	Salida hacia válvula V2
11		Luz HL	Q 0.3	BOOL	Luz indicadora nivel alto
12		Luz LL	Q 0.4	BOOL	Luz indicadora nivel bajo
13					

The status bar at the bottom indicates 'Pulse F1 para obtener ayuda.'.

Figura. 4.20. Tabla de símbolos de Práctica Nº 1

Cerrar la ventana del “Editor de símbolos”. La programación se la realizará en un bloque de función (FB 1), el bloque de función se lo llamará desde el bloque de organización principal del PLC S7-300 (OB1). Hacer clic derecho en el bloque de organización OB1, elegir **Insertar nuevo objeto > Bloque de función**, como se muestra en la Figura 4.21.

Como resultado se abrirá una ventana de “Propiedades” para el bloque de función. Poner el “Nombre simbólico” y el “Comentario de símbolo” para el bloque de función FB1, ver Figura 4.22. Confirmar con Aceptar la creación del bloque de función. En la ventana del proyecto hacer doble clic en el bloque de función creado FB1.

Realizar la lógica de programación para el proceso de control de nivel del tanque de acuerdo a la descripción de la Guía Práctica N° 1.

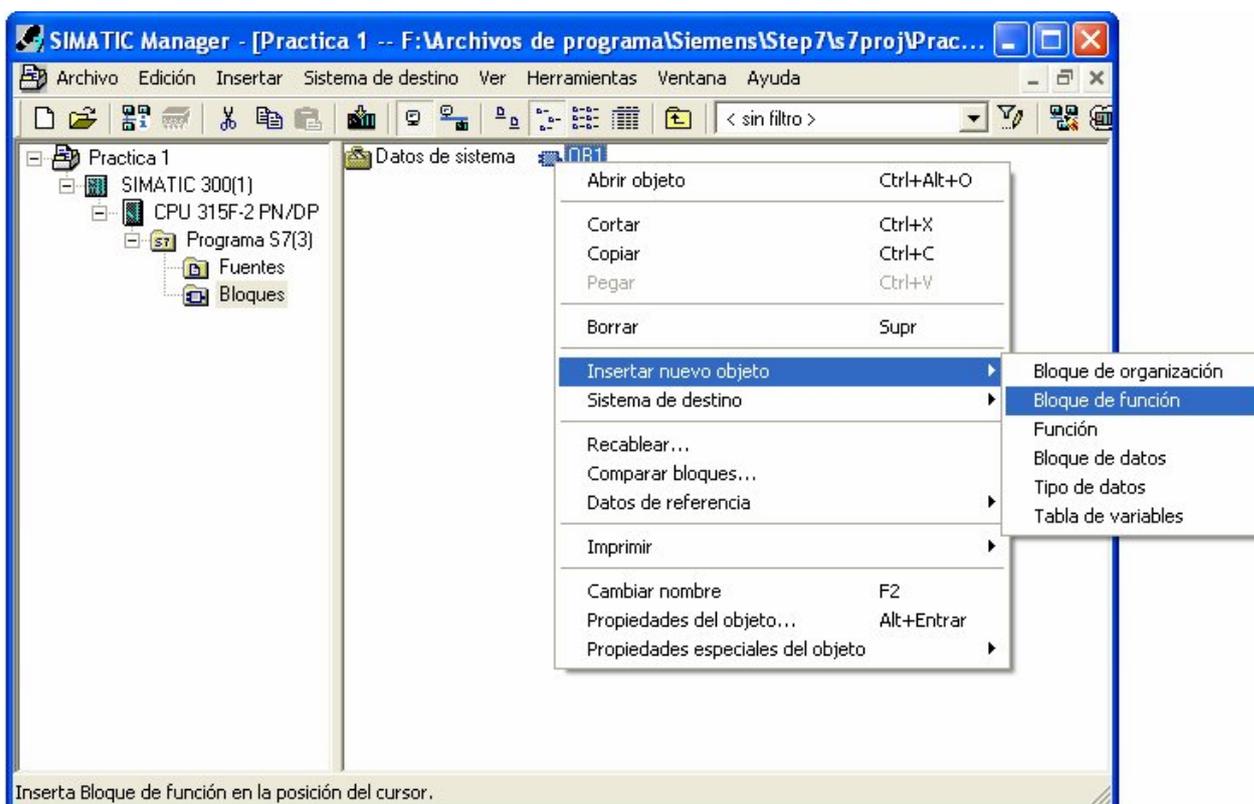


Figura. 4.21. Bloque de función

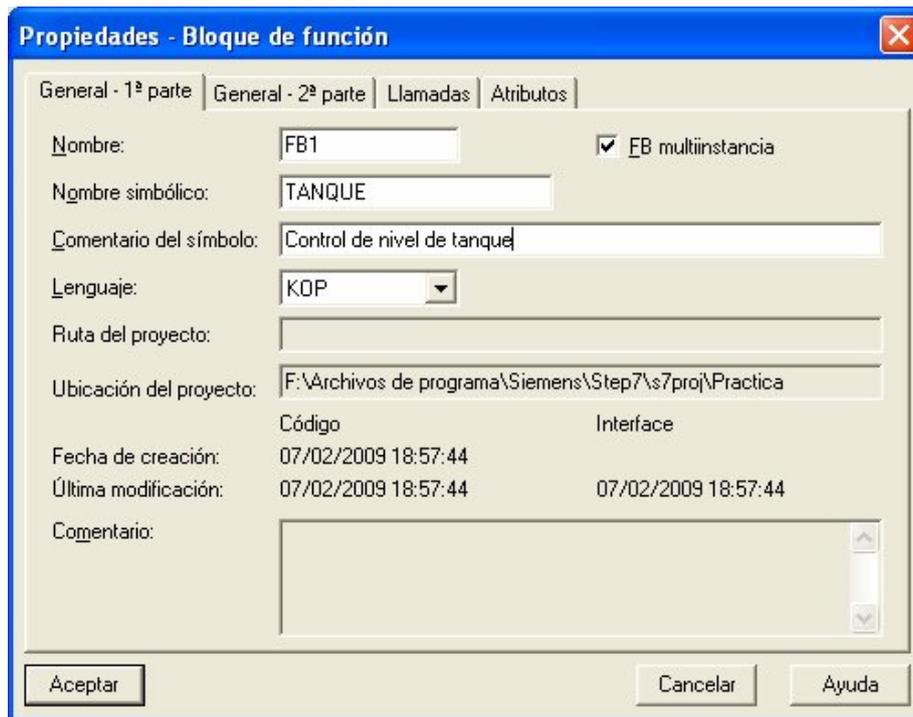


Figura. 4.22. Propiedades de Bloque de función

Realizar el programa de usuario en el bloque de función **FB1** y llamarlo desde el bloque del programa principal **OB1**.

El programa de usuario del control del nivel del tanque se encuentra en el **Anexo 8**.

Una vez terminado el programa de usuario, cargar el programa en el PLC S7-300. En la ventana del proyecto seleccionar la carpeta "Bloques". Hacer clic en la opción del menú "**Sistema de destino > Cargar**". Ver Figura 4.23.

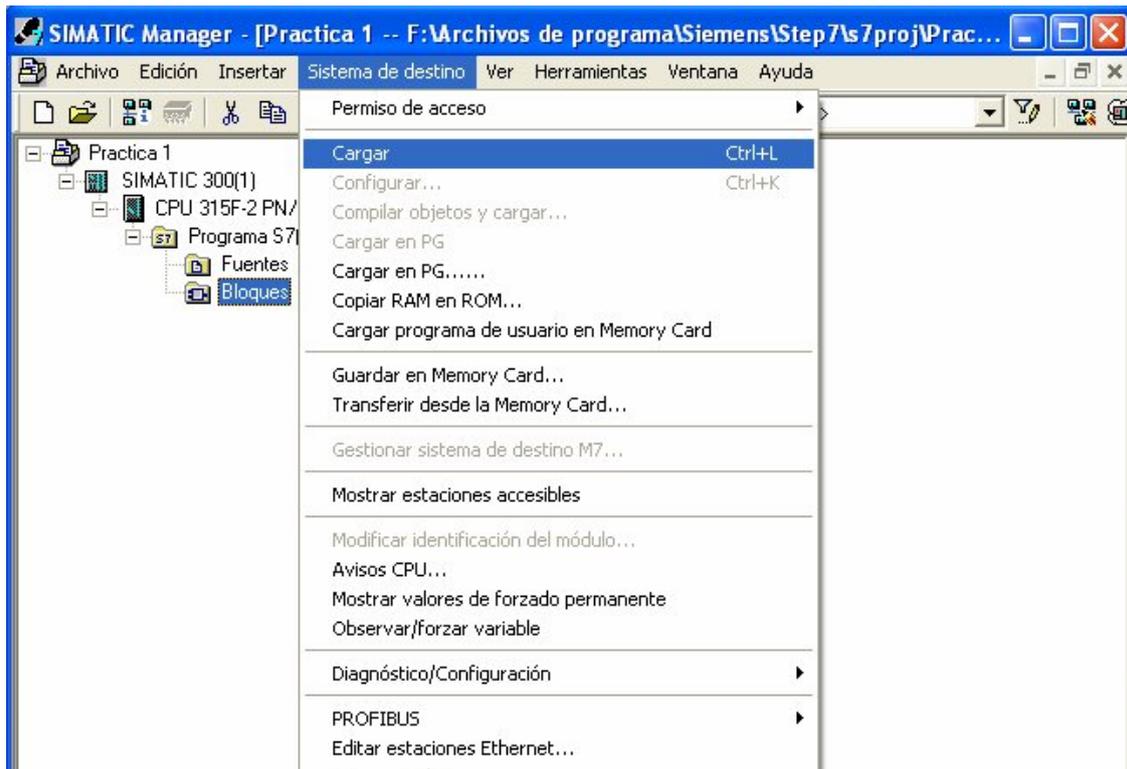


Figura. 4.23. Cargar programa de usuario en PLC

4. Simular el proceso de control de nivel del tanque en el sistema de entrenamiento Profinet

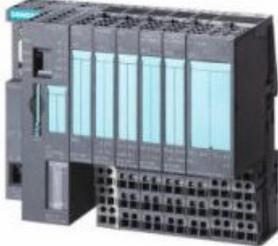
Las simulaciones de la Práctica N° 1 en el sistema de entrenamiento Profinet se realizaron con éxito.

4.2.2. Práctica N° 2**Profinet IO con periferia descentralizada ET-200S**

Para la descripción de la presente práctica referirse a la Guía de la Práctica N° 2 establecida en Guía de Prácticas del Capítulo IV.

Los equipos a utilizarse son los siguientes:

Tabla. 4.4. Equipos utilizados en Práctica N° 2

Equipo	Imagen
<p><i>Autómata Programable S7-300 CPU 315F-2 PN/DP</i> <i>Módulo E/S digital SM-323 16 DI/16 DO</i> <i>Módulo E/S analógico SM-334 4 AI/2 AO</i></p>	
<p><i>Switch Scalance X208</i></p>	
<p><i>Periferia Descentralizada ET-200S</i></p>	

DESARROLLO

1. Realizar la configuración de hardware para una subred Profinet IO en la aplicación HW Config de STEP 7.

La práctica N° 1 descrita anteriormente contiene la configuración de hardware del PLC S7-300. Abrir la aplicación HW Config en la ventana de proyecto. Ir al catálogo de hardware e insertar el **IM151-3 PN HF** en la carpeta “PROFINET IO > I/O > ET 200S” en el “Sistema PROFINET-IO” mediante arrastrar y soltar. Insertar los distintos módulos del ET 200S conforme a la configuración real del dispositivo Profinet IO desde el catálogo de hardware a la tabla de configuración como se muestra en la Figura 4.24.

- ⇒ En el slot 1 insertamos el módulo de potencia PM-E 24-48V.
- ⇒ Desde el slot 2 al slot 6 insertamos los módulos electrónicos digitales 2DI DC24V HF.
- ⇒ En el slot 7 insertamos el módulo de potencia PM-E 24-48V.
- ⇒ Desde el slot 8 al slot 12 insertamos los módulos electrónicos digitales 2DO DC24V/0,5A HF.

Abrir el cuadro de diálogo “Propiedades” de la ET200S con doble clic sobre el Dispositivo IO. Colocar un nuevo nombre del dispositivo si se desea (Ver Figura 4.25). Guardar y compilar la configuración de hardware.

Para la asignación del nombre en el IM151-3 PN HF se requiere una conexión online Profinet entre la PG y el Dispositivo IO, y es absolutamente necesario que la Micro Memory Card esté insertada en el módulo IM151-3 PN HF. Con el comando “**Sistema de destino > Ethernet > Asignar nombres de dispositivos**” se transfiere el nombre del dispositivo al IM151-3 PN como se muestra en la Figura 4.26.

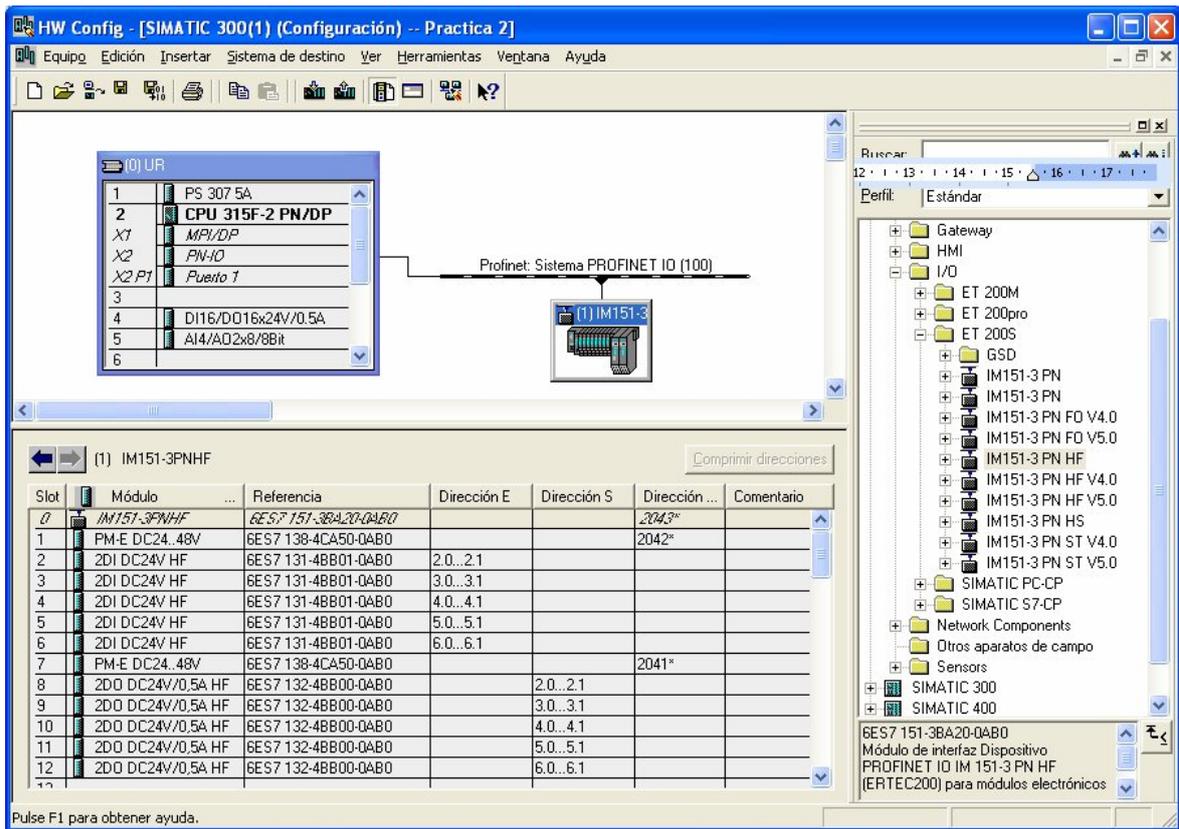


Figura. 4.24. Configuración de Hardware ET-200S

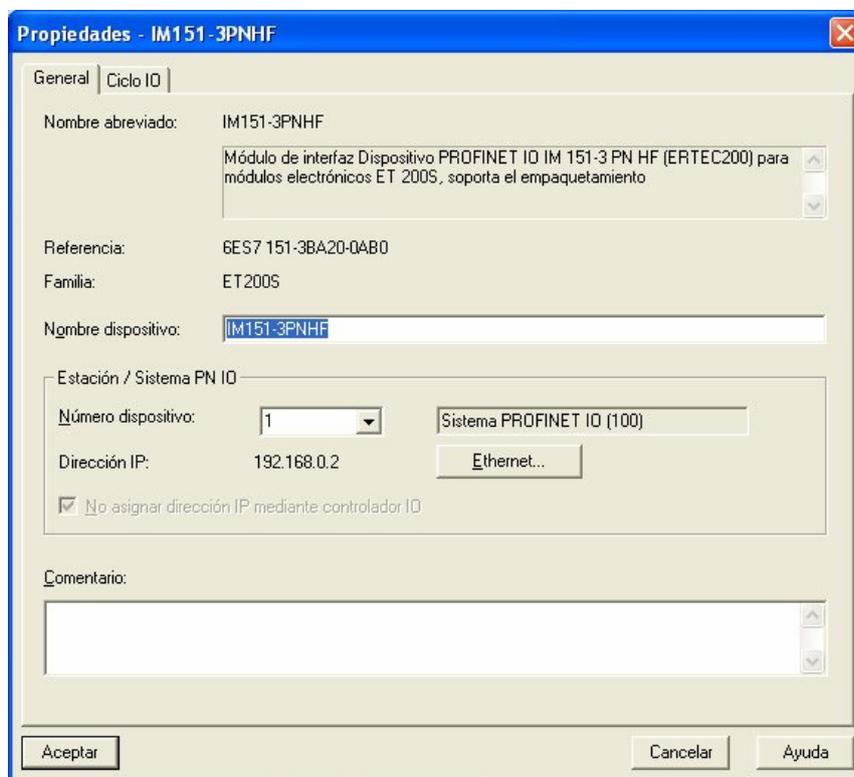


Figura. 4.25. Propiedades IM151-3 PN HF

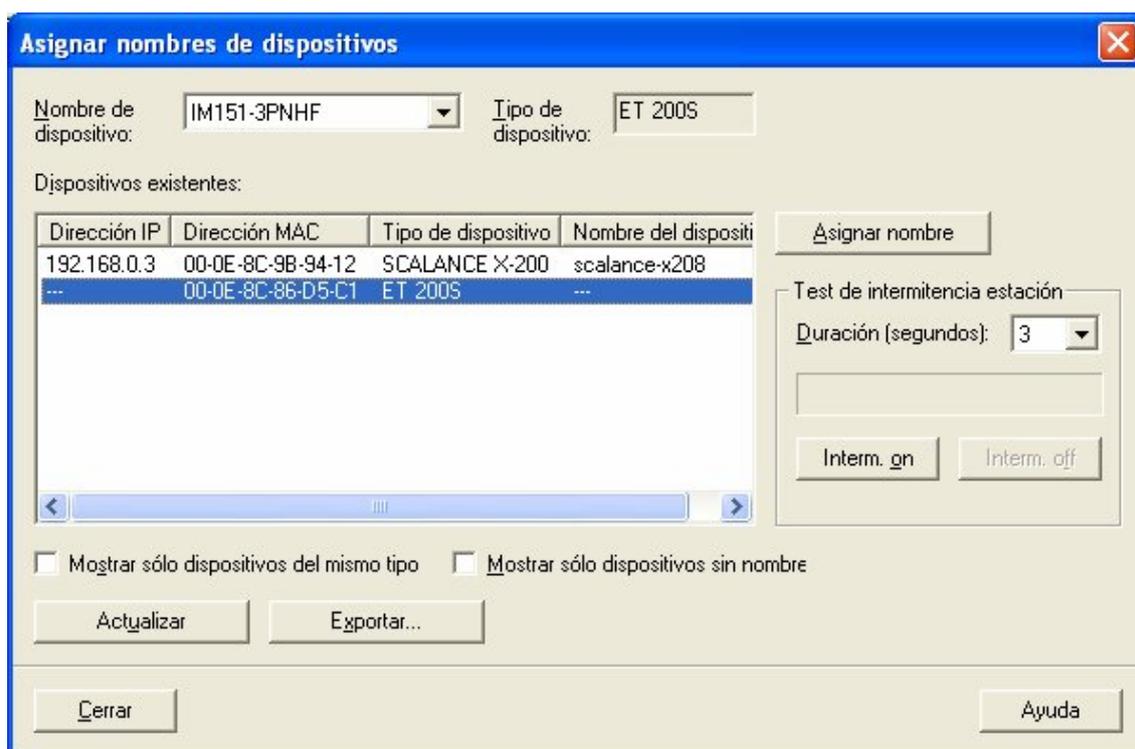


Figura. 4.26. Asignar nombre de dispositivo IM151-3 PN HF

Repetir el procedimiento anterior para el switch Scalance X208. Insertar en la red “Sistema PROFINET-IO” el switch **SCALANCE X208** que se encuentra en la carpeta “PROFINET IO > Network Components > SCALANCE X-200 mediante arrastrar y soltar desde el catálogo de hardware. Asignar el nombre al Dispositivo IO como se hizo con la periferia descentralizada. Guardar y compilar los cambios.

El Controlador IO es el encargado de asignar la dirección IP configurada a los equipos. Cargar en la CPU 315F-2 PN/DP la configuración para que se asignen las direcciones IP correspondientes a los Dispositivos IO.

En la Figura 4.27 se muestra como quedaría la configuración de hardware de la red “Profinet” para la presente práctica.

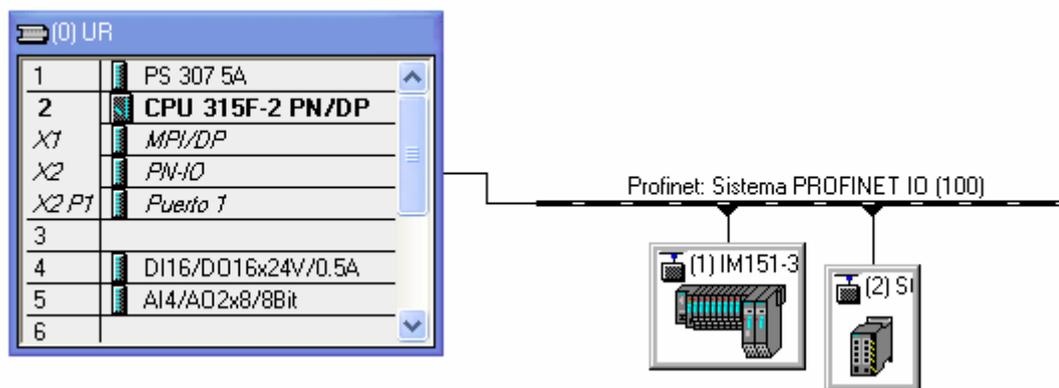


Figura. 4.27. Subred Profinet IO Práctica N° 2

Los bytes para el direccionamiento absoluto de entradas/salidas digitales de los módulos 2 DI HF, 24V y 2 DO HF, 24V de la periferia descentralizada ET-200S que se deben usar en la programación se observan en la Figura 4.28.

Slot	Módulo	Referencia	Dirección E	Dirección S	Dirección de diagnóstico
0	IM151-3PNHF	6ES7 151-3BA20-0AB0			2043*
1	PM-E DC24..48V	6ES7 138-4CA50-0AB0			2042*
2	2DI DC24V HF	6ES7 131-4BB01-0AB0	2.0...2.1		
3	2DI DC24V HF	6ES7 131-4BB01-0AB0	3.0...3.1		
4	2DI DC24V HF	6ES7 131-4BB01-0AB0	4.0...4.1		
5	2DI DC24V HF	6ES7 131-4BB01-0AB0	5.0...5.1		
6	2DI DC24V HF	6ES7 131-4BB01-0AB0	6.0...6.1		
7	PM-E DC24..48V	6ES7 138-4CA50-0AB0			2041*
8	2DO DC24V/0,5A HF	6ES7 132-4BB00-0AB0		2.0...2.1	
9	2DO DC24V/0,5A HF	6ES7 132-4BB00-0AB0		3.0...3.1	
10	2DO DC24V/0,5A HF	6ES7 132-4BB00-0AB0		4.0...4.1	
11	2DO DC24V/0,5A HF	6ES7 132-4BB00-0AB0		5.0...5.1	
12	2DO DC24V/0,5A HF	6ES7 132-4BB00-0AB0		6.0...6.1	
13					
14					
15					
16					

Figura. 4.28. Bytes de direccionamiento de entradas y salidas ET-200S

2. Aprender la configuración Profinet IO en tiempo real de los Dispositivos IO.

Para configurar la proporción de comunicación que se usa para el intercambio de datos cíclicos en tiempo real en Profinet IO, o para cambiar los tiempos de actualización de los Dispositivos IO hacer doble clic en “Sistema PROFINET IO”. Como resultado se abre la ventana “Propiedades sistema PROFINET IO”. En la pestaña “Tiempo de actualización” se realizan los cambios para el porcentaje de la comunicación utilizada para Profinet IO (Ver Figura 4.28), y más abajo se pueden modificar los tiempos de actualización para cada uno de los Dispositivos IO.

No realizar ningún cambio en la configuración, a menos que la velocidad de las funciones de la PG (ej. la carga de programas) sea muy lenta, en ese caso decrementar a un porcentaje adecuado la proporción de comunicación.

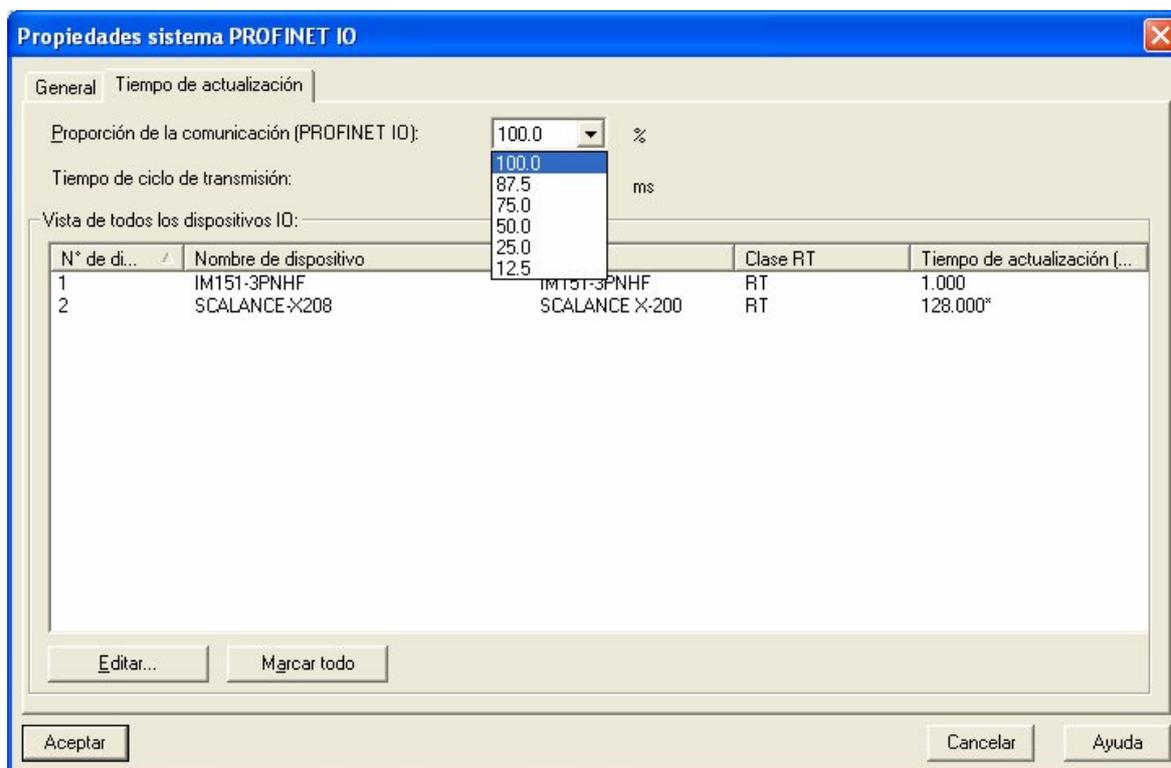
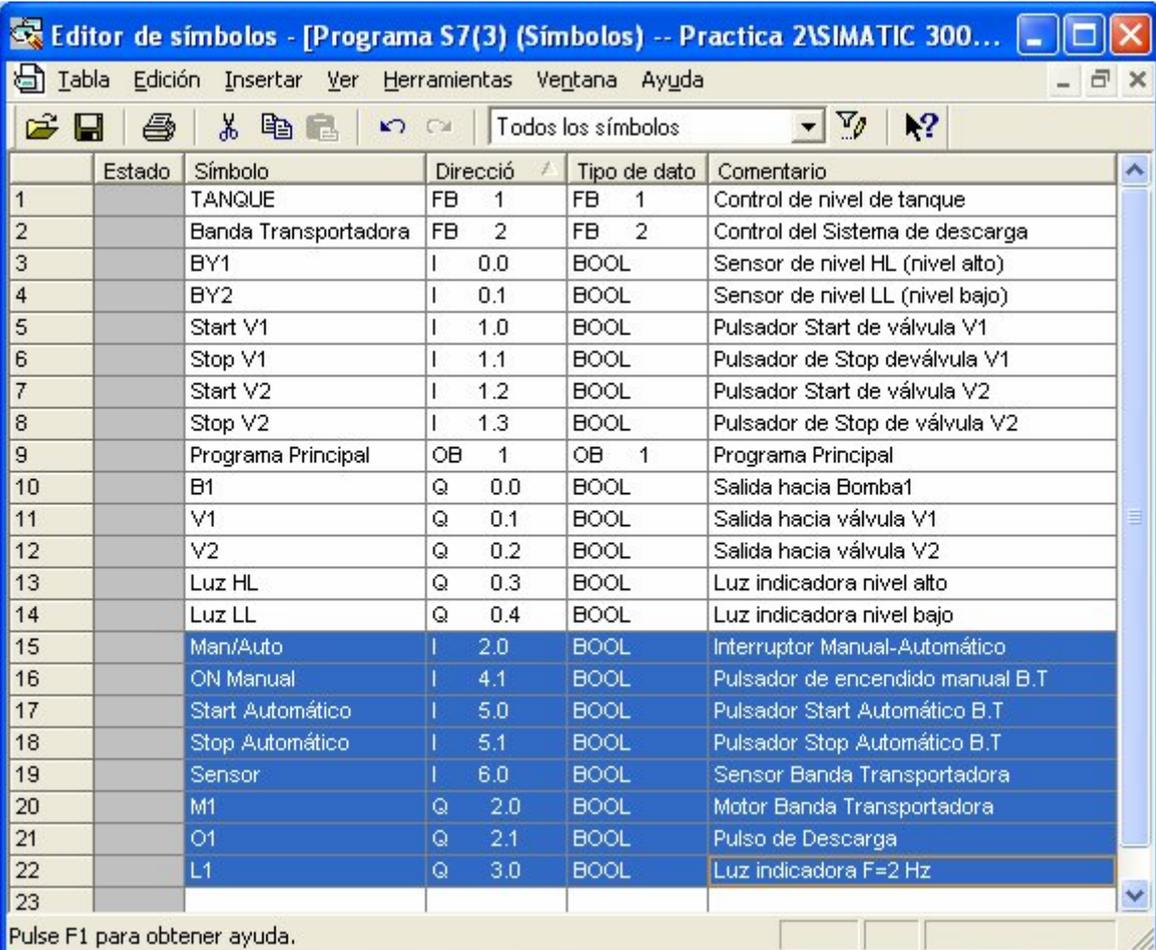


Figura. 4.29. Propiedades sistema Profinet IO

3. Diseñar el programa que realiza el control del sistema de descarga de la banda transportadora en la periferia descentralizada ET-200S anteriormente descrito.

En la ventana del proyecto “Práctica 2” navegar hasta la carpeta **Programas S7** y abrir el icono **Símbolos** con un doble clic.

En la ventana del “Editor de símbolos” asignar un nombre de símbolo y un comentario a todas las direcciones de entrada y salida digitales de la periferia descentralizada ET-200S que se van a utilizar en el sistema de descarga de la banda transportadora. En la Figura 4.29, la parte seleccionada muestra la asignación de símbolos para las direcciones de entrada y salida de la periferia descentralizada ET-200S que se van a utilizar para el la programación de acuerdo a la guía de la Práctica N° 2 descrita anteriormente.



	Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1		TANQUE	FB 1	FB 1	Control de nivel de tanque
2		Banda Transportadora	FB 2	FB 2	Control del Sistema de descarga
3		BY1	I 0.0	BOOL	Sensor de nivel HL (nivel alto)
4		BY2	I 0.1	BOOL	Sensor de nivel LL (nivel bajo)
5		Start V1	I 1.0	BOOL	Pulsador Start de válvula V1
6		Stop V1	I 1.1	BOOL	Pulsador de Stop de válvula V1
7		Start V2	I 1.2	BOOL	Pulsador Start de válvula V2
8		Stop V2	I 1.3	BOOL	Pulsador de Stop de válvula V2
9		Programa Principal	OB 1	OB 1	Programa Principal
10		B1	Q 0.0	BOOL	Salida hacia Bomba1
11		V1	Q 0.1	BOOL	Salida hacia válvula V1
12		V2	Q 0.2	BOOL	Salida hacia válvula V2
13		Luz HL	Q 0.3	BOOL	Luz indicadora nivel alto
14		Luz LL	Q 0.4	BOOL	Luz indicadora nivel bajo
15		Man/Auto	I 2.0	BOOL	Interruptor Manual-Automático
16		ON Manual	I 4.1	BOOL	Pulsador de encendido manual B.T
17		Start Automático	I 5.0	BOOL	Pulsador Start Automático B.T
18		Stop Automático	I 5.1	BOOL	Pulsador Stop Automático B.T
19		Sensor	I 6.0	BOOL	Sensor Banda Transportadora
20		M1	Q 2.0	BOOL	Motor Banda Transportadora
21		O1	Q 2.1	BOOL	Pulso de Descarga
22		L1	Q 3.0	BOOL	Luz indicadora F=2 Hz
23					

Figura. 4.30. Propiedades sistema Profinet IO

Cerrar la ventana del “Editor de símbolos”. La programación se la realizará en un bloque de función (FB2), desde el bloque de organización principal cíclico (OB1) se llamará a al bloque de función **FB2** y también al bloque de función **FB1** que controla el proceso del nivel del tanque programado en la Práctica N° 1. Hacer clic derecho en el bloque de organización OB1, elegir “Insertar **nuevo objeto > Bloque de función**”.

Como resultado se abrirá una ventana de “Propiedades” para el bloque de función. Poner de nombre simbólico “**Banda Transportadora**” y un comentario del símbolo para el bloque de función FB2. Confirmar con Aceptar la creación del bloque de función. En la ventana del proyecto hacer doble clic en el bloque de función creado FB2 para realizar la programación del sistema de descarga de la banda transportadora descrito en la Guía Práctica N° 2.

El programa de usuario del sistema de descarga de la banda transportadora se encuentra en el **Anexo 8**.

Una vez terminado el programa de usuario, cargar el programa en el PLC S7-300.

4. Simular el sistema de descarga de la banda transportadora en el sistema de entrenamiento Profinet

Las simulaciones de la Práctica N° 2 en el sistema de entrenamiento Profinet se realizaron con éxito.

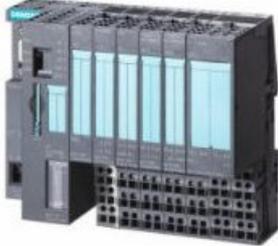
4.2.3. Práctica N° 3

Monitoreo con panel OP-177B en Profinet IO

Para la descripción de la presente práctica referirse a la Guía de la Práctica N° 3 establecida en Guía de Prácticas del Capítulo IV.

Los equipos a utilizarse son los siguientes:

Tabla. 4.5. Equipos utilizados en Práctica N° 3

Equipo	Imagen
<p><i>Autómata Programable S7-300 CPU 315F-2 PN/DP</i> <i>Módulo E/S digital SM-323 16 DI/16 DO</i> <i>Módulo E/S analógico SM-334 4 AI/2 AO</i></p>	
<p><i>Switch Scalance X208</i></p>	
<p><i>Periferia Descentralizada ET-200S</i></p>	
<p><i>Panel Operador OP-177B</i></p>	

DESARROLLO

1. Realizar la configuración de hardware para una subred Profinet IO en la aplicación HW Config de STEP 7.

En el desarrollo de la Práctica N° 1 y Práctica N° 2 se encuentra la configuración de hardware del PLC S7-300 y la periferia descentralizada ET-200S respectivamente. Para la configuración del panel operador OP-177B abrir la aplicación HW Config en la ventana de proyecto. Ir al catálogo de hardware e insertar el **OP177B** en la carpeta “PROFINET IO > HMI > SIMATIC HMI > 177 > OP177B” en el “Sistema PROFINET-IO” mediante arrastrar y soltar.

Abrir el cuadro de diálogo “Propiedades” del panel operador OP-177B con doble clic sobre el Dispositivo IO. Colocar un nuevo nombre del dispositivo si se desea (Ver Figura 4.31). Guardar y compilar la configuración de hardware.

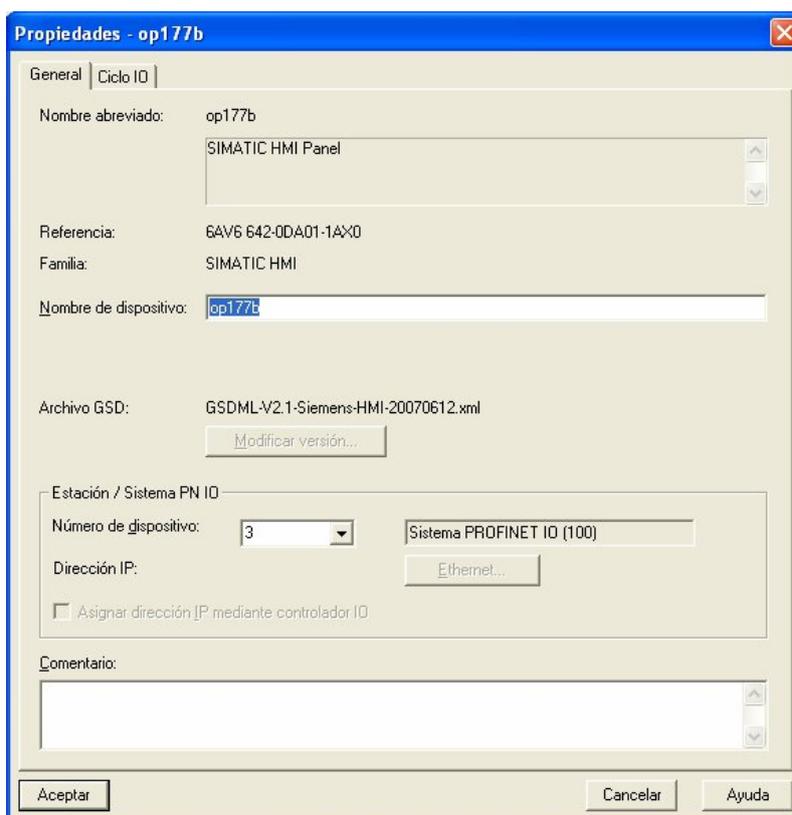


Figura. 4.31. Propiedades IM151-3 PN HF

Para la asignación del nombre del panel operador OP-177B se requiere una conexión online Profinet entre la PG y el Dispositivo IO. Transferir el nombre del dispositivo al panel operador OP-177B. Con el comando **“Sistema de destino > Ethernet > Asignar nombres de dispositivos”**

Para cambiar la dirección IP del panel operador desde la aplicación HW Config, ir al comando **“Sistema de destino > Ethernet > Editar estación Ethernet”**. Como resultado se abre la ventana “Editar estaciones Ethernet”. Ir a la opción “Examinar” y seleccionar el Dispositivo IO “OP177B” y aceptar la selección como se observa en la Figura 4.32. En la ventana “Editar estaciones Ethernet” en “Ajustar configuración IP” se mostrará la configuración IP para el Dispositivo IO seleccionado. Escribir una dirección IP que se encuentre en la misma subred Profinet y que no esté ocupada por ningún Dispositivo IO. Luego hacer clic en **“asignar configuración IP”** y esperar el mensaje de confirmación de transferencia de los parámetros hacia el Dispositivo IO. Como resultado el panel operador OP-177B se reiniciará. La dirección IP del OP177B también se puede configurar directamente desde el panel operador con la opción **“Network”** de “Control Panel”

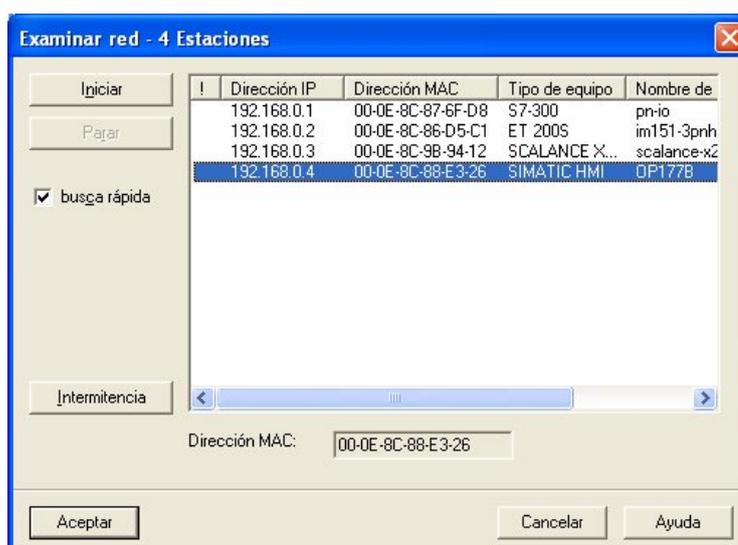


Figura. 4.32. Propiedades PROFINET de panel OP177B

Cargar en la CPU 315F-2 PN/DP la configuración realizada a los Dispositivos IO con el comando de menú "**Sistema de destino > Cargar en módulo**".

En la Figura 4.33 se muestra como quedaría la configuración de hardware de la red "Profinet" para la presente práctica.

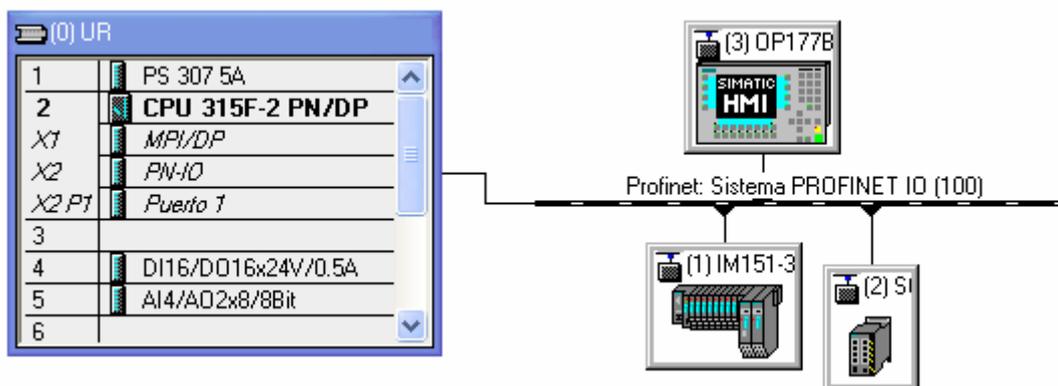


Figura. 4.33. Subred Profinet IO

Para trabajar con las teclas directas del panel operador OP-177B se debe habilitar la opción. En la pantalla del panel operador ir a "Control Panel". Abrir el cuadro de diálogos "**PROFINET**" y habilitar la opción "PROFINET IO enabled". En "Device name" poner el mismo nombre del panel de operador que fue introducido en la aplicación HW Config de STEP 7, caso contrario las teclas directas no funcionarán.

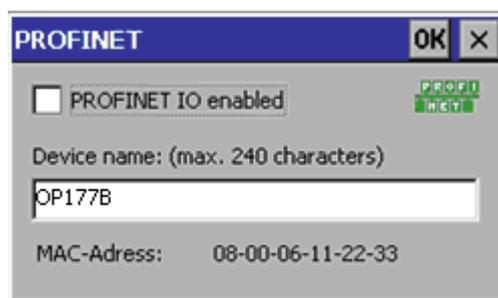


Figura. 4.34. Cuadro de diálogo PROFINET en panel OP177B

2. Crear un proyecto HMI en WinCC e integrarlo al proyecto de la presente práctica en Step7

En el panel operador abrir la ventana “Control panel”, ver Figura 4.35. Ir al icono “Transfer”. Como resultado se abre el cuadro de diálogo “Transfer settings”. Un proyecto sólo puede transferirse desde la PC de ingeniería (PG) al panel de operador si en éste está habilitado por lo menos uno de los canales de datos. Habilitar el protocolo **Ethernet** en el canal de datos 2 “Channel 2” como se muestra en la Figura 4.36.

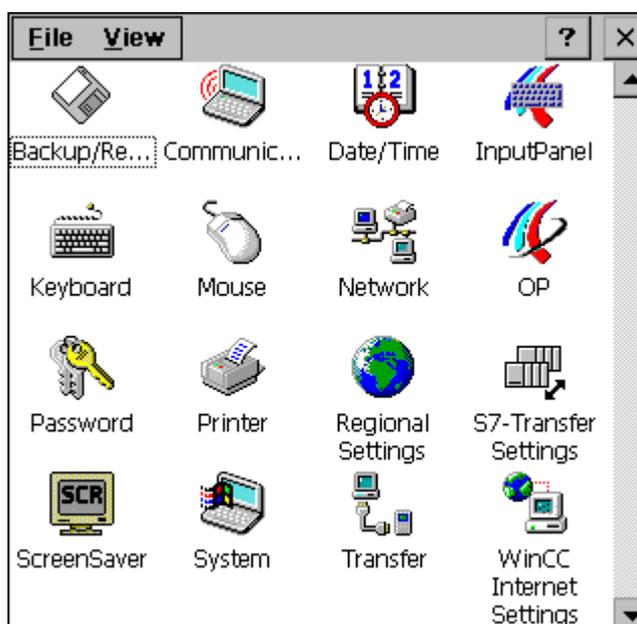


Figura. 4.35. Control panel en OP177B

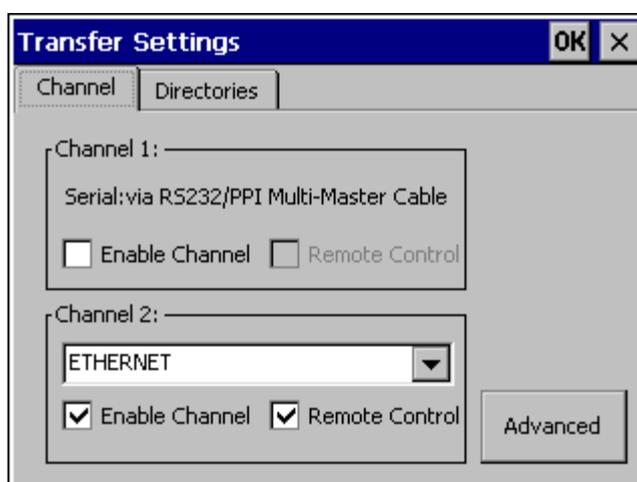


Figura. 4.36. Ventana Transfer settings

En la PC de ingeniería (PG) iniciar el software WinCC flexible. Se abrirá el asistente de proyectos de WinCC flexible. Este asistente le ayuda a crear el proyecto, guiándole paso a paso por el proceso de configuración. Elegir "Crear un proyecto nuevo con asistente de proyectos". Para supervisar el sistema de descarga de la banda transportadora seleccionar "Máquina pequeña" y hacer clic en siguiente. Seleccionar el panel de operador OP-177B, una conexión ETHERNET y el Controlador SIMATIC S7300/S7400, hacer clic en siguiente. Luego hacer clic en "Siguiente" para aplicar los ajustes estándar de la página "Plantilla". Hacer clic en "Siguiente" para aplicar los ajustes estándar de la página "Navegación de Imágenes". Hacer clic en "Siguiente" para aplicar los ajustes estándar de la página "Imágenes del Sistema". Hacer clic en "Siguiente" para aplicar los ajustes estándar de la página "Librerías". Por último introducir la información del proyecto y hacer clic en Finalizar. Como resultado se crea un proyecto de HMI en WinCC.

En la ventana de proyecto de WinCC ir al editor "Conexiones" en "Comunicaciones" para la configuración de la conexión entre el panel de operador y el PLC. Escribir los parámetros de comunicación de acuerdo a la configuración real de direcciones IP y de hardware realizada en Step 7 como se observa en la Figura 4.37.



Figura. 4.37. Parámetros de comunicación

Para integrar el proyecto HMI con Step 7 elegir la opción “**Proyecto > Integrar en el proyecto STEP 7**”. Elegir el proyecto de Step 7 que contiene la configuración de los Dispositivos IO y la programación del sistema de descarga de la banda transportadora de la Práctica N° 3. Como resultado se integrará el proyecto HMI con Step 7. En el Administrador “SIMATIC Manager” se podrá manipular el proyecto HMI como se muestra en la Figura 4.38.

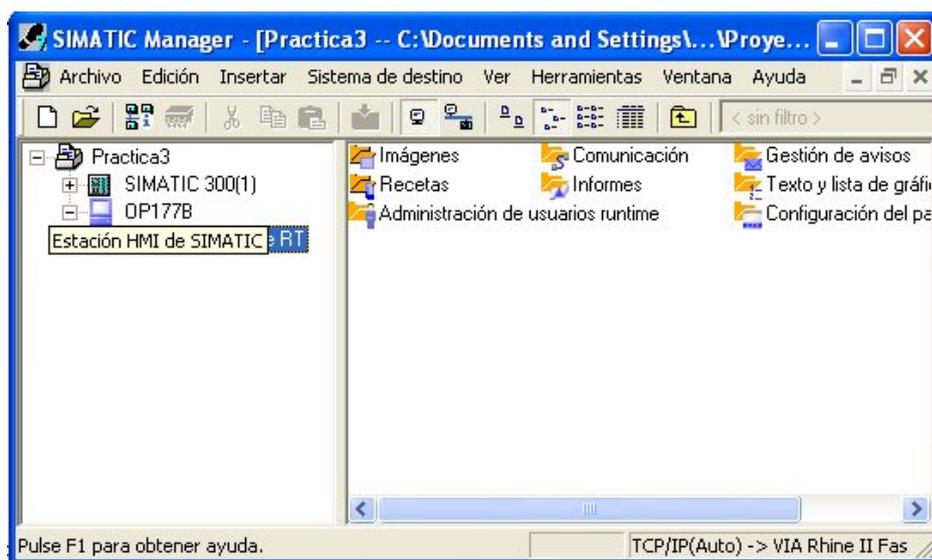


Figura. 4.38. Integración Step 7 con WinCC

En el Administrador “SIMATIC Manager” en la ventana de proyecto de la Práctica N° 3 hacer clic en el botón  “Configurar red”. Como resultado se abrirá la aplicación “NetPro”. Al iniciar Netpro se visualizan los equipos y las subredes existentes en el proyecto de STEP 7 con la configuración de red del proyecto. Hacer doble clic en la interfaz “HMI IE” del panel de operador y configurar la interfaz con la dirección IP real del OP177B como se muestra en la Figura 4.39. Como resultado se habrá enlazado la comunicación entre el proyecto HMI y el proyecto Step 7 para poder intercambiar datos entre WinCC y el Controlador IO.

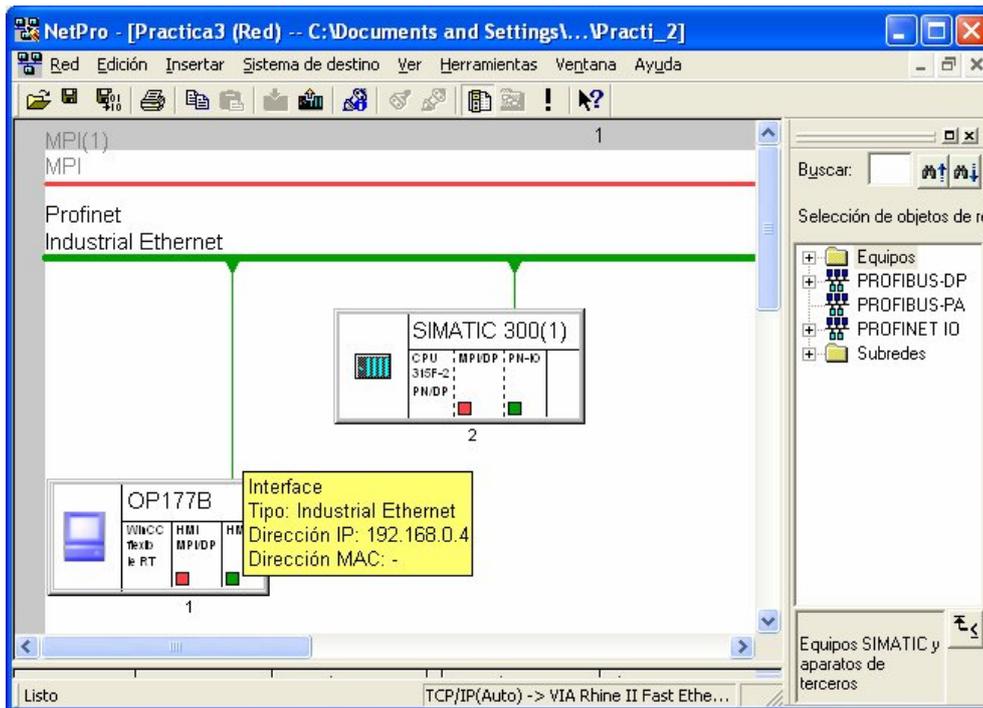


Figura. 4.39. Integración Step 7 con WinCC

Una vez realizada la integración del proyecto HMI con el proyecto en Step7, crear en WinCC las variables que se van a monitorear en la interfaz HMI utilizando la tabla de símbolos del sistema de descarga de la banda transportadora de la Práctica N° 3 como se muestra en la Figura 4.40.

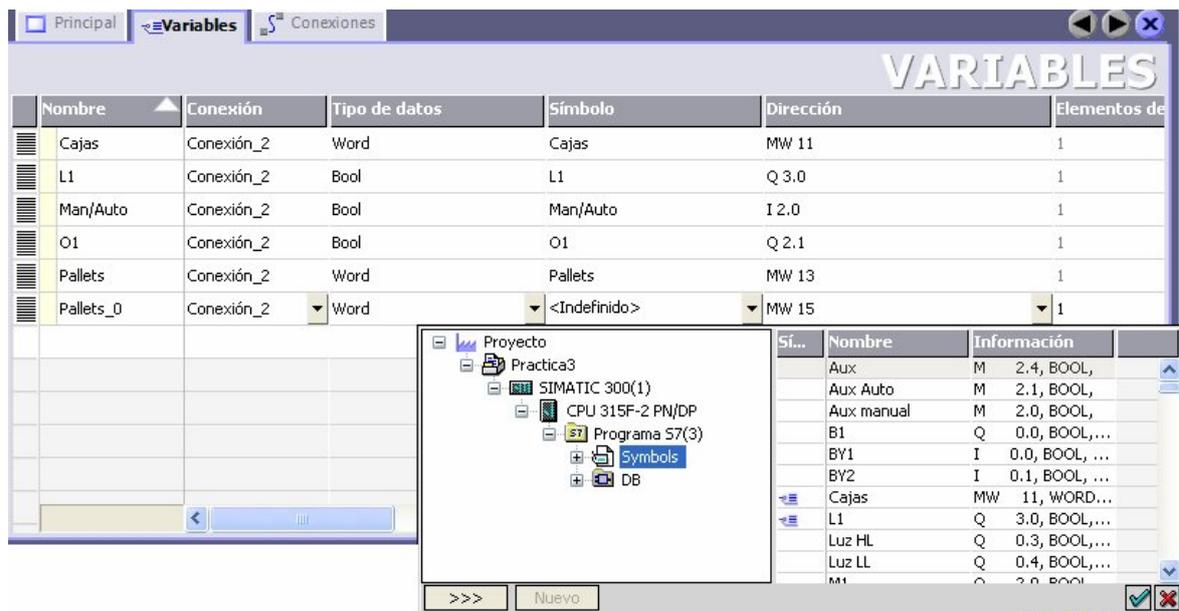


Figura. 4.40. Editor de Variables WinCC

Crear una interfaz HMI para supervisar las variables descritas en la Práctica N° 3 similar a la que se muestra en la Figura 4.41.

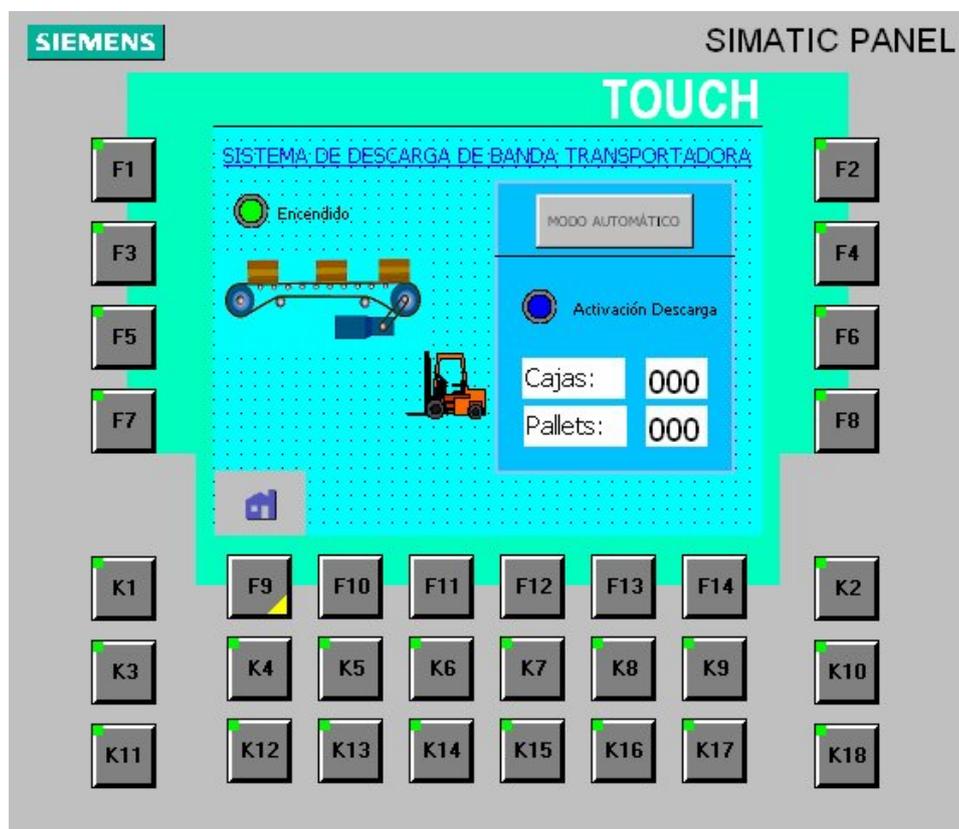


Figura. 4.41. HMI Sistema de Descarga Banda Transportadora

Una vez creado la interfaz HMI guardar el proyecto HMI. Transferir el proyecto hacia el panel operador OP177B con la opción “**Proyecto > Transferir > Configuración de la transferencia**”. En el cuadro de diálogo seleccionar el panel de operador **OP177B**, seleccionar el modo **Ethernet** y escribir la dirección IP del panel operador como se observa en la Figura 4.42, para la presente práctica la dirección del panel de operador es 192.168.0.4. Antes de hacer clic en botón “Transferir” asegurarse que el panel de operador OP177B se encuentre en modo “Transfer”. Como resultado se realizará la transferencia del proyecto HMI ubicado en la PG hacia el panel de operador OP-177B.

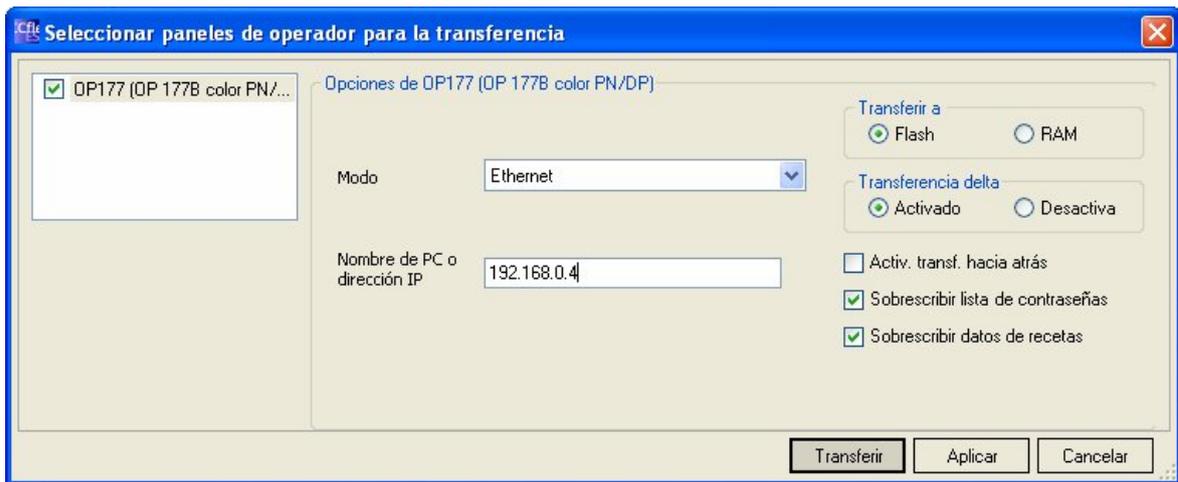


Figura. 4.42. Configuración de Transferencia

3. Simular el monitoreo del sistema de descarga de la banda transportadora en el sistema de entrenamiento Profinet con el panel OP177B.

Las simulaciones de la Práctica N° 3 en el sistema de entrenamiento Profinet se realizaron con éxito.

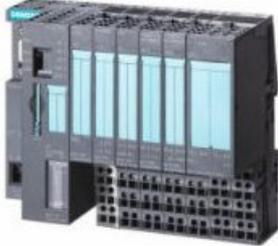
4.2.4. Práctica N° 4

Monitoreo remoto con módem wireless Ethernet SMR6310E

Para la descripción de la presente práctica referirse a la Guía de la Práctica N° 4 establecida en Guía de Prácticas del Capítulo IV.

Los equipos a utilizarse son los siguientes:

Tabla. 4.6. Equipos utilizados en Práctica N° 4

Equipo	Imagen
<p><i>Autómata Programable S7-300 CPU 315F-2 PN/DP</i> <i>Módulo E/S digital SM-323 16 DI/16 DO</i> <i>Módulo E/S analógico SM-334 4 AI/2 AO</i></p>	
<p><i>Switch Scalance X208</i></p>	
<p><i>Periferia Descentralizada ET-200S</i></p>	
<p><i>Panel Operador OP-177B</i></p>	
<p><i>Módem Wireless Ethernet SMR6310E</i></p>	

DESARROLLO

1. Realizar la configuración de red de la PC remota usando los módem wireless Ethernet SMR6310E.

Para la configuración de la red en la PC remota se requiere que los módem wireless estén en línea y conectados a la red como se especifica en el esquema de red de la Práctica N° 4 (ver Figura 4.6).

En la PC remota configurar la tarjeta de red con una dirección IP que se encuentre en la misma red Profinet de todos los Dispositivos IO, por ejemplo la dirección IP de la PC remota en la presenta práctica es 192.168.0.20.

El software Step 7 y WinCC flexible deben instalarse obligatoriamente en la PC remota en ese orden respectivamente.

Abrir la aplicación “Ajustar interface de PG-PC” de Step 7 y configurar la tarjeta de red Ethernet de la PC remota.

Abrir la aplicación “Inicio > Programas > SIMATIC > WinCC flexible 2007 Runtime > WinCC flexible 2007 Runtime Loader”. Aparecerá el cuadró de diálogo “RT Loader”. Hacer clic en el botón “Ajustes”. En “Ajustes” activar el Canal 2 y seleccionar “Ethernet” como se muestra en la Figura 4.43, clic en aceptar. En la ventana “RT Loader” hacer clic en el botón “Transferencia” y dejar listo la PC remota para posteriormente realizar la transferencia del proyecto.

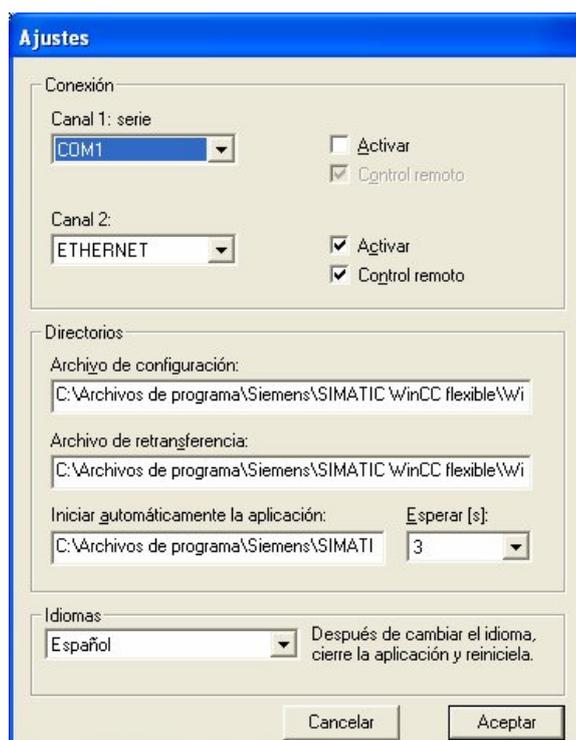


Figura. 4.43. Ajustes

2. Crear interfaz HMI para monitorear y controlar el nivel del tanque en la PC remota.

En la PC/PG crear un proyecto WinCC flexible desde Step 7. El Administrador "SIMATIC Manager" deberá haberse iniciado y el proyecto de STEP 7 de la Práctica N° 4 deberá estar abierto. El proyecto deberá contener la configuración hardware y la programación realizada en la Práctica N° 1, Práctica N° 2 y Práctica N° 3.

Abrir el menú contextual con clic derecho sobre el nombre del proyecto y elegir el comando "Insertar nuevo objeto > Equipo SIMATIC HMI" como se muestra en la Figura 4.44. Aparecerá el cuadro de diálogo "Propiedades – SIMATIC WinCC flexible RT". Elegir "PC > WinCC flexible Runtime" y hacer clic en Aceptar. Como resultado se creará un proyecto HMI de WinCC Flexible integrado con Step 7 para una PC.

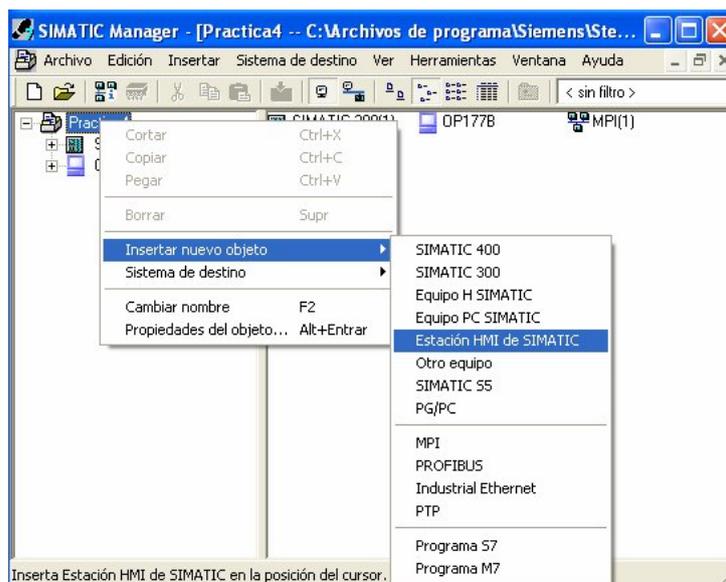


Figura. 4.44. Ventana de proyecto Step 7 – Equipo Simatic HMI

Seleccionar el proyecto WinCC creado en Step 7 para la PC remota y hacer doble clic en  “Configuración”. Como resultado se abrirá la configuración de hardware para la PC. Para la configuración del enlace de comunicación insertar el objeto “**Estación PC SIMATIC > CP-Industrial Ethernet > IE General > SW V6.2**” desde del catálogo de hardware en un slot del bastidor como se muestra en la Figura 4.45. Como resultado se abrirá el cuadro de diálogo “Propiedades – Interface Ethernet”. Seleccionar el casillero Ajustar dirección MAC / Utilizar protocolo ISO”, seleccionar la subred Profinet y escribir la dirección IP correspondiente a la PC remota. La Figura 4.46 muestra la configuración de la interfaz Ethernet IE General. Hacer clic en aceptar, como resultado se abrirá la ventana “Propiedades IE General”. Escribir “**S7ONLINE**” en “Parametrización de interface utilizada TCP/IP” como se muestra en la Figura 4.47. Aceptar la configuración realizada. Guardar la configuración y salir de de la aplicación.

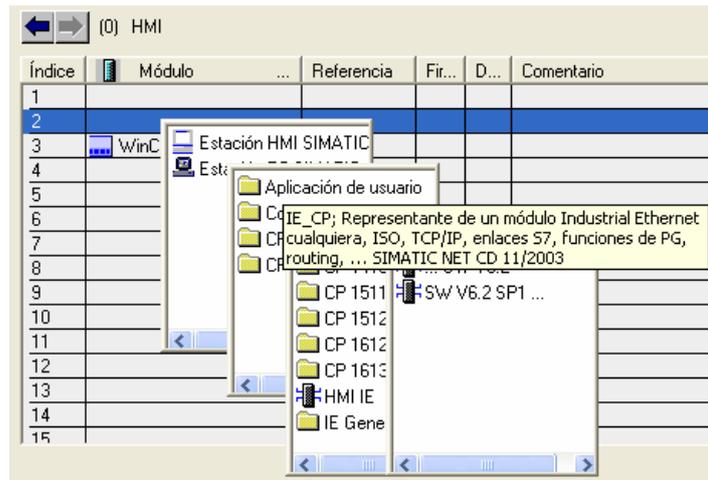


Figura. 4.45. Interfaz IE General

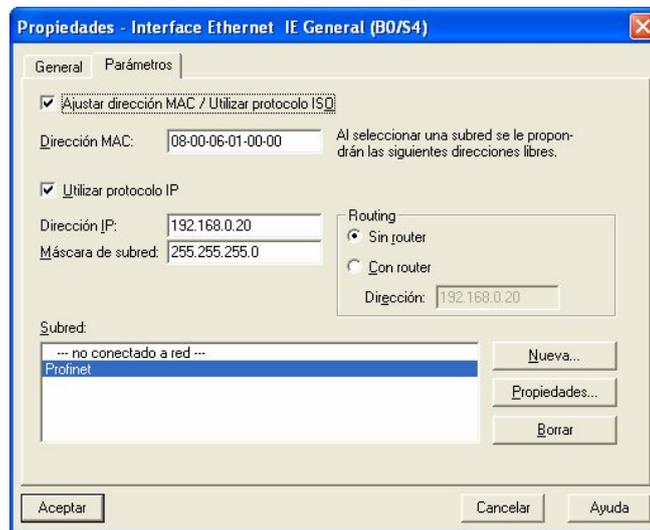


Figura. 4.46. Propiedades Interface Ethernet IE General

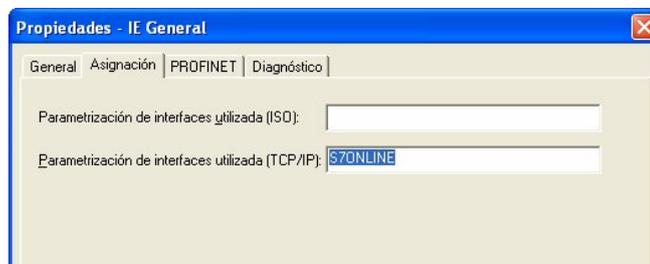


Figura. 4.47. Propiedades IE General

Verificar la configuración de los equipos en la aplicación “NetPro” como se muestra en la Figura 4.48.

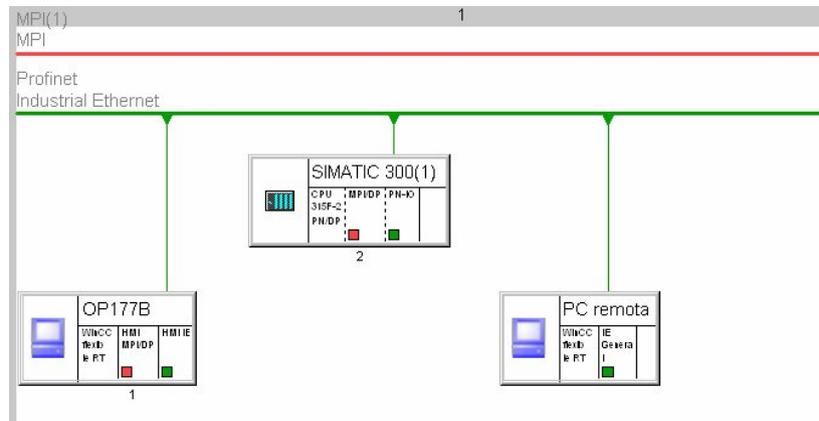


Figura. 4.48 Configuración de redes en NetPRO

Desde la ventana de proyecto en “Simatic Manager” de Step 7 abrir el proyecto HMI para la PC remota. En WinCC en “Variables” configurar las variables descritas en la Práctica N° 4 para monitorear el proceso de control de nivel del tanque. Crear la HMI de supervisión similar a la que se presenta en la Figura 4.49

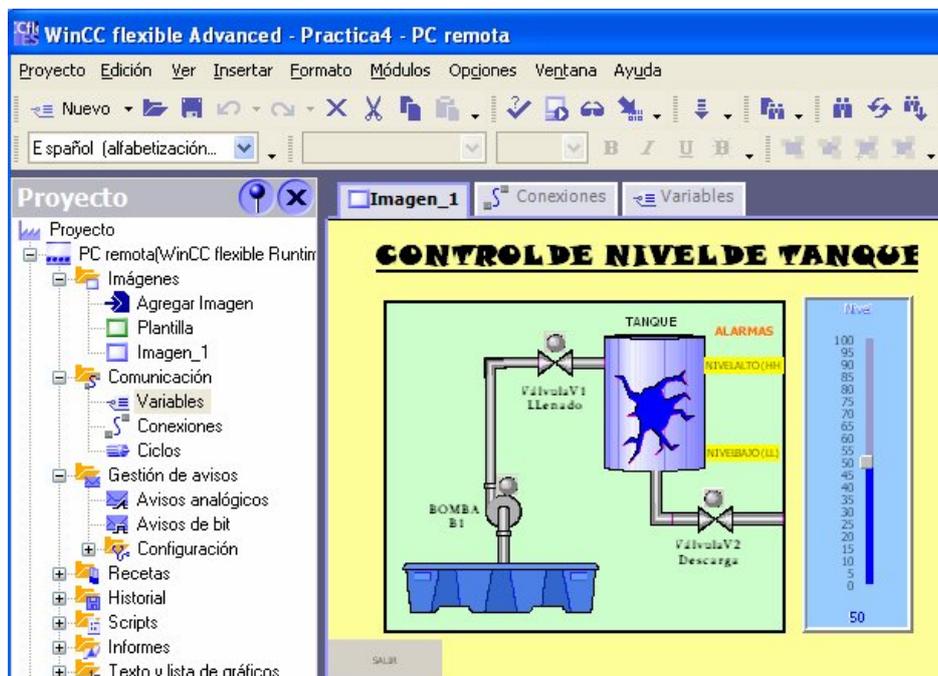


Figura. 4.49. HMI Control de nivel de tanque en WinCC

Una vez creada la interfaz HMI, guardar el proyecto HMI. Transferir el proyecto hacia la PC remota con la opción “**Proyecto > Transferir > Configuración de la transferencia**”. En el cuadro de diálogo seleccionar la PC remota, seleccionar el modo **Ethernet** y escribir la dirección IP de la PC como se observa en la Figura 4.50, para la presente práctica la dirección de la PC remota es 192.168.0.20. Antes de hacer clic en botón “Transferir” asegurarse que en la PC remota se encuentre activado el botón “Transferencia” de la aplicación WinCC flexible 2007 Runtime Loader. Como resultado se realizará la transferencia del proyecto HMI ubicado en la PG hacia la PC remota y se podrá monitorear el proceso de nivel de tanque.

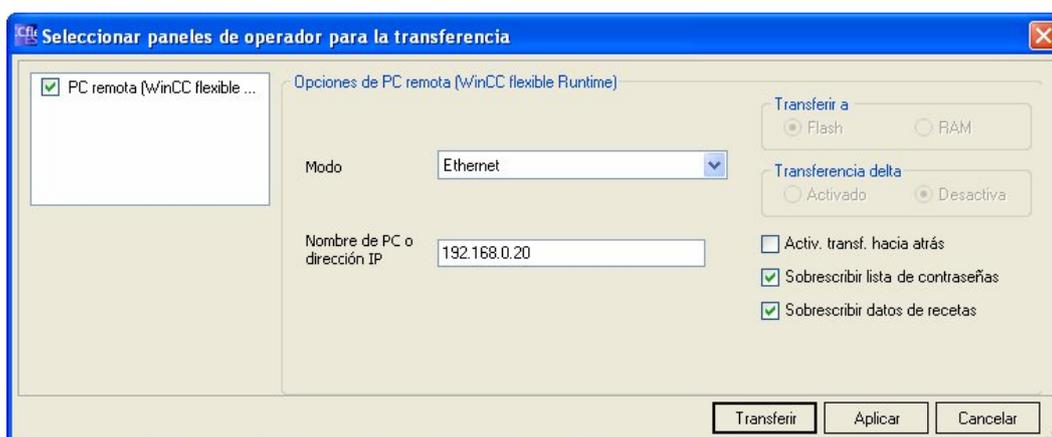


Figura. 4.50. Configuración de Transferencia

3. Simular el control de los procesos en el sistema de entrenamiento Profinet.

La supervisión del proceso de control de nivel de tanque en el sistema de entrenamiento Profinet desde la PC remota se realizó con éxito.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El diseño y la implementación del sistema de entrenamiento Profinet desarrollado en el presente proyecto satisface la necesidad de integrar los equipos con tecnología Profinet adquiridos por el Departamento de Eléctrica y Electrónica con la finalidad de apoyar y facilitar el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control.
- El sistema de entrenamiento Profinet presenta todas las condiciones funcionales, estéticas y de robustez que entrenadores utilizados por empresas reconocidas en la automatización y control.
- Los equipos integrados en el entrenador Profinet y los elementos constitutivos del mismo: interruptores, pulsadores, luces, plugs de conexión permiten implementar y simular un alto número de aplicaciones de control mediante el protocolo de comunicación industrial Profinet.
- Las guías de prácticas planteadas constituyen una fácil y adecuada instrucción para los estudiantes, presentan una escala ascendente en cuanto al nivel de conocimientos en la configuración de redes Profinet, y abarcan todos los equipos que conforman el sistema de entrenamiento Profinet.

- El desarrollo de las prácticas planteadas permite al estudiante aprender y afianzarse en el manejo de la tecnología Profinet y en el manejo del software requerido para la programación de los equipos que conforman el entrenador.

- La construcción del sistema de entrenamiento Profinet complementa la infraestructura del Laboratorio de Robótica y PLCs, y brinda a los estudiantes una herramienta para la capacitación y aplicación de conocimientos en el manejo de la tecnología Profinet y en varias áreas de la automatización.

6.2. RECOMENDACIONES

- Antes de utilizar el sistema de entrenamiento Profinet familiarizarse con los equipos y con las características técnicas de los mismos, se recomienda referirse a la descripción de los equipos en el Capítulo 3 y al manual de usuario adjunto en el proyecto en el **Anexo 9**.
- Disponer de conocimientos básicos en el manejo del software Simatic Step 7 y WinCC para facilitar el aprendizaje de la configuración de las redes Profinet y el desarrollo de las prácticas.
- No manipular el cableado del entrenador, solo hacerlo en caso de mantenimiento.
- Si es necesario realizar la desconexión de la alimentación de algún equipo, hacerlo mediante las borneras tipo fusible con las que cuenta el sistema de entrenamiento Profinet.
- Para realizar el mantenimiento del sistema de entrenamiento Profinet referirse a los planos as built del entrenador que se encuentran en el **Anexo 6 y Anexo 7**.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PIGAN, Raimond, METTER, Mark, *Automating with Profinet: Industrial Communication based on Industrial Ethernet*, Siemens, Publicis Corporate Publishing, Alemania, 2006.
- IDÁGARRA, Yerson, NIÑO, Andrés, *Diseño y Construcción de Tableros Simuladores para PLC Siemens S7-200*, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, 2006.
- PÉREZ, Christian, *Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico con Controladores Lógicos Programables*, Escuela Politécnica Nacional, 2008.
- SIEMENS, *PROFINET Descripción de Sistema*, Manual del Sistema, Agosto 2008.
- SIEMENS, *Sistema de Periferia Descentralizada ET-200S*, Manual de producto, Mayo 2006.
- SIEMENS, *PROFINET IO Getting Started: Collection*, Enero 2006.
- SIEMENS, *S7-300 Sistema de Automatización S7-300: Datos de Módulos*, Manual de Producto, Junio 2008.
- SIEMENS, *Panel de operador TP177A, TP177B y OP177B*, Instrucciones de Servicio, Agosto 2008.
- SIEMENS, *Industrial Ethernet Switches*, Instrucciones de Servicio, Agosto 2008.

- SIEMENS, catálogo Ref.: E20001-A22-M116-X-7800, Abril 2008.
- www.sitrain.siemens.com/modules/profinet_sa/index.htm, Curso Profinet Online.
- www.automation.siemens.com, Consulta de manuales e información equipos Siemens.

ANEXOS

Anexo 1

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PLC S7-300:
PS-307, CPU 315F-2 PN/DP, SM-323 Y SM-334**

Anexo 2

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PERIFERIA
DESCENTRALIDA ET-200S: IM151-3 PN HF,
MÓDULO ELECTRÓNICO 2 DI Y MÓDULO
ELECTRÓNICO 2 DO**

Anexo 3

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SWITCH SCALANCE X208

Anexo 4

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PANEL
OPERADOR OP-177B**

Anexo 5

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÓDEM WIRELESS ETHERNET SRM6310E

Anexo 6

VISTAS EXTERNAS E INTERNAS DE SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PROFINET

Anexo 7

ESQUEMA DE CONEXIONES DE SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PROFINET

Anexo 8

PROGRAMAS DE USUARIO PLC S7-300

Anexo 9
MANUAL DE USUARIO