

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS ESTADO DE MÉXICO



**PROPUESTA INTEGRAL PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN
MODELO DE LABORATORIO DE REDES DE
COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PARA FINES DIDÁCTICOS**

TESIS QUE PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE MANUFACTURA
PRESENTA

JOSÉ GERARDO ÁLVAREZ HERNÁNDEZ

Asesor: Dr. DANTE JORGE DORANTES GONZÁLEZ

Comité de tesis: Dr. VIRGILIO VÁSQUEZ LÓPEZ
M. en C. GUILLERMO SANDOVAL BENÍTEZ

Jurado: Dr. VIRGILIO VÁSQUEZ LÓPEZ
M. en C. GUILLERMO SANDOVAL BENÍTEZ
Dr. DANTE JORGE DORANTES GONZÁLEZ

Presidente
Secretario
Vocal

Atizapán de Zaragoza, Estado de México. Diciembre de 2005.

AGRADECIMIENTOS

A mi Any, mi esposa y compañera, por su apoyo, comprensión, paciencia y el ánimo brindado a lo través de tan largo proyecto.

A David, Any y Gerardo, mis hijos, por las horas de convivencia robadas en el alcance de este objetivo.

A mis profesores, asesores y guías en la búsqueda por alcanzar un buen término de los objetivos de este trabajo, al Dr. Virgilio Vásquez López, al M. en C. Guillermo Sandoval Benítez, al M. en C. Moisés Manzano Herrera y al Dr. Dante J. Dorantes González.

Gracias.

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la necesidad que existe en la oferta didáctica en nuestro país, de implantar laboratorios de redes industriales, iniciando con el estudio de las redes de comunicación industrial, sus características físicas, prestaciones, flexibilidad, etc. Se propone utilizar los entornos de ASi en el nivel de sensores y actuadores; en el medio de proceso o de fabricación se utiliza el protocolo PROFIBUS DP; y finalmente en el nivel de gestión se utiliza Ethernet Industrial. Se presenta un breve análisis de la oferta didáctica que presentan algunas instituciones de nivel profesional en nuestro país y se enumeran las oportunidades que se abren ante este equipamiento; se propone un laboratorio tipo, con el equipo, instalaciones y costos; se presenta un panorama de la certificación en estos ámbitos y finalmente como parte importante del contenido se documentan una serie de prácticas básicas para el laboratorio, a fin de desarrollar los conocimientos teóricos.

Este reporte se compone por cuatro capítulos los que se desglosan de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se muestra un panorama general de la importancia de la manufactura y de la automatización, la historia de la Comunicación Industrial hasta llegar a los sistemas actuales, se hace un bosquejo de los laboratorios de Redes de Comunicación Industrial y la oferta didáctica que hay en nuestro país.

En el capítulo 2 se describen las redes de Comunicación Industrial y se hace un comparativo de algunas de las más representativas; también se describen la historia, las características y los componentes de las redes ASi, PROFIBUS y Ethernet Industrial.

En el capítulo 3 se presenta una propuesta para equipar un laboratorio de redes de Comunicación Industrial en el que se incluyen los aspectos de alcance, equipamiento, recursos humanos y económicos; se hace una propuesta de desarrollo didáctico, se muestra un panorama de certificación de los especialistas de dicho laboratorio y se propone una serie de prácticas básicas para su aplicación y desarrollo.

Finalmente, en el capítulo 4, se presentan las conclusiones del trabajo, se analiza la profunda necesidad que tiene nuestro país de avanzar en este contexto y se realizan algunas recomendaciones sobre los trabajos futuros.

ABSTRACT

In the present work it's analyzed the need in the didactic offer in our country to implant laboratories of industrial networks, beginning with the study of the networks of industrial communication, its physical characteristics, presentations, flexibility, etc. It's proposed to use the environments of AS-Interface in the level of sensors and actuators; in the level of process or cells, to use the protocol PROFIBUS DP and finally in the level of management Ethernet Industrial is in use. Is showed a brief analysis of the didactic offer that is presented in some institutions of professional level in our country and there are enumerated the opportunities that are opened before this equipment; a laboratory type is proposed, with the equipment, facilities and costs; a panorama of the certification is introduced in these areas and finally as an important part of this work, a series of basic practices for the laboratory are documented, in order to develop the theoretical knowledge.

This report consists of four chapters those that are organized of the following way: the chapter one shows a general overview of the importance of the manufacture and of the automation, the history of the industrial communication until the current fieldbus systems come to, there is done a sketch of the laboratories of Networks of Industrial Communication and the didactic offer that exists in our country.

In the chapter two there are described the networks of Industrial Communication and the comparative of some of the most representative; also there are described the history, the characteristics and the components of the networks AS-Inteface, PROFIBUS and Ethernet Industrial.

In the chapter three is made a proposal to equip a laboratory of networks of Industrial Communication in which the aspects of scope are included, equipment, human and economic resources; there is done offer of didactic development, is showed a panorama of certification of the specialists of the above mentioned laboratory and there proposes a series of basic practices for its application and development.

Finally in the chapter four the conclusions of the work appear, it is outlined a bit on the deep need that our country has of advancing in this context and some recommendations are realized on the future works.

CONTENIDO

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
CONTENIDO.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS.....	10
ABREVIATURAS.....	11

1 ANTECEDENTES

1.1 INDUSTRIA DE LA MANUFACTURA EN LA ECONOMÍA EN EL PAÍS.....	13
1.2 IMPORTANCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA.....	14
1.3 REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	15
1.4 JUSTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....	16

2 DESCRIPCIÓN DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

2.1 ESTRUCTURA Y NIVELES DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	25
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS BUSES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	29
2.3 BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ASI.....	33
2.3.1 HISTORIA Y APLICACIONES.....	33
2.3.2 TOPOLOGÍAS DE RED Y CARACTERÍSTICAS DEL BUS DE ASI.....	33
2.3.3 COMPONENTES DEL BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ASI.....	34
2.3.4 SISTEMAS DE SEGURIDAD EN EL BUS DE COMUNICACIÓN ASI.....	39
2.4 INTERFASE MULTIPUNTO (MPI).....	41
2.4.1 CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LA INTERFASE MPI.....	41
2.4.2 COMUNICACIÓN POR MEDIO DE DATOS GLOBALES.....	42
2.5 BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PROFIBUS.....	45
2.5.1 HISTORIA Y APLICACIONES.....	45
2.5.2 CARACTERÍSTICAS DE PROFIBUS.....	46
2.5.3 COMPONENTES DEL BUS DE COMUNICACIÓN PROFIBUS.....	47
2.5.4 VARIANTES DEL PROTOCOLO PROFIBUS.....	51
2.5.4.1 PROFIBUS DP.....	51
2.5.4.2 PROFIBUS FMS.....	53
2.5.3.3 PROFIBUS PA.....	53
2.5.3.4 PROFINET.....	54
2.5.3.5 PROFIDRIVE.....	56
2.5.3.6 PROFISAFE.....	56
2.6 ETHERNET INDUSTRIAL.....	58
2.6.1 HISTORIA Y APLICACIONES.....	58
2.6.2 CARACTERÍSTICAS DE ETHERNET INDUSTRIAL.....	59
2.7 DISPOSITIVOS HMI.....	60

2.7.1 PANEL DE OPERACIÓN OP 170B.....	61
2.8 CONCLUSIONES.....	62
3 PROPUESTA PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN MODELO DE LABORATORIO DE REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PARA FINES DIDÁCTICOS	
3.1 ALCANCE PROPUESTO DEL LABORATORIO.....	63
3.2 INSTALACIONES FÍSICAS.....	64
3.3 EQUIPAMIENTO E INVERSIÓN ECONÓMICA.....	66
3.4 ORGANIZACIÓN DE RECURSOS.....	68
3.5 GUÍA DIDÁCTICA, METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS EN EL PERIODO ESCOLAR.....	68
3.6 PROPUESTA DE PRÁCTICAS PARA EN LABORATORIO DE REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	69
3.6.1 PRÁCTICAS A NIVEL INTRODUCCIÓN.....	70
3.6.2 PRÁCTICAS A NIVEL DE DISPOSITIVOS DE CAMPO ASI.....	70
3.6.3 PRÁCTICAS DE COMUNICACIÓN MPI.....	71
3.6.4 PRÁCTICAS DE NIVEL DE CELULA O DE FABRICACIÓN.....	72
3.6.5 PRÁCTICAS A NIVEL GESTIÓN.....	72
3.6.6 PRÁCTICAS PARA DISPOSITIVOS HMI.....	73
3.6.7 PRÁCTICAS DE DAGNOSTICO DE FALLAS.....	73
3.7 LA CERTIFICACIÓN EN EL USO DE LAS HERRAMIENTAS DE REDES.....	73
3.8 CONCLUSIONES.....	75
4 CONCLUSIONES GENERALES Y TRABAJOS FUTUROS.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	79
APENDICE	
A PRÁCTICA NO. 2 <i>INTRODUCCIÓN AL PLC S7-300</i>	83
B PRÁCTICA NO. 3 <i>CONOCIMIENTO BÁSICO Y CONFIGURACIÓN DEL IPC DE FESTO</i>	98
C PRÁCTICA NO. 4 <i>CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL BUS DE COMUNICACIÓN ASI MEDIANTE EL SOFTWARE Y EQUIPO DE FESTO</i>	105
D PRÁCTICA NO. 6 <i>CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN MEDIANTE EL PROTOCOLO MPI</i>	115
E PRÁCTICA NO. 7 <i>CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PROFIBUS DP CON SIEMENS</i>	125
F PRÁCTICA NO. 9 <i>CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL OP 170B</i>	142
G PRÁCTICA NO. 11 <i>DIAGNOSTICO DE FALLAS EN ESCLAVOS ASI MEDIANTE LA PASARELA DP ASI</i>	

<i>LINK 20E</i>	161
-----------------------	-----

ANEXOS

ANEXO A

MÓDULOS QUE COMPONEN LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE FESTO.....	167
---	-----

ANEXO B

COTIZACIÓN POR EQUIPAMIENTO.....	174
----------------------------------	-----

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1.1 Composición del PIB Nacional durante 2004, en porcentajes
- Fig. 1.2 Ahorro en costo por usar un bus de campo
- Fig. 1.3 Ahorro en costos para la instalación de una red ASi
- Fig. 1.4 Proyecto CIM del ITESM CEM
- Fig. 2.1 Estructura de una red industrial en una empresa, llamado también concepto CIM
- Fig. 2.2 Los tres niveles de comunicación industrial
- Fig. 2.3 La red AS-Interface se puede montar con topología en línea, estrella o árbol.
- Fig. 2.4 Ejemplo de un maestro de AS-Interface: CP342-2 para SIMATIC S7-300
- Fig. 2.5 El arrancador de motor dentro la red AS-Interface.
- Fig. 2.6 Cable ASi
- Fig. 2.7 Perfil del cable ASi
- Fig. 2.8 Fuente de alimentación para AS-Interface
- Fig. 2.9 Utilización de repetidores y extensores en la red ASi.
- Fig. 2.10 Ejemplo de conexión de la pasarela DP ASi.
- Fig. 2.11 Direccionador AS-Interface.
- Fig. 2.12 Monitor de seguridad y esclavos de seguridad en AS-Inteface.
- Fig. 2.13 Ejemplo de una subred MPI
- Fig. 2.14 Ejemplo del círculo GD y de paquete GD
- Fig. 2.15 Ejemplo de una subred PROFIBUS
- Fig. 2.16 Esquema del método de acceso PROFIBUS
- Fig. 2.17 Productos Siemens para la PROFIBUS
- Fig. 2.18 Estructura del cable PROFIBUS.

- Fig. 2.19 Cable PROFIBUS
- Fig. 2.20 Conectores PPROFIBUS
- Fig. 2.21 Estado de los interruptores en los conectores PROFIBUS
- Fig. 2.22 Conexiones en una red PROFIBUS DP
- Fig. 2.23 Conexiones en una red PROFIBUS FMS
- Fig. 2.24 Esquema de aplicación de PROFIBUS PA
- Fig. 2.25 Tendencias de la automatización distribuida
- Fig. 2.26 Aplicación de PROFIdrive
- Fig. 2.27 Modelo de protección de PROFIsafe
- Fig. 2.28 Procesador de Comunicaciones CP 434-1, para Ethernet Industrial.
- Fig. 2.29 Panel de Operador OP 170B
- Fig. 3.1 Propuesta A para la distribución física del laboratorio de redes
- Fig. 3.2 Propuesta B para la distribución física del laboratorio de redes
- Fig. 3.3 Propuesta C para la distribución física del laboratorio de redes

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.1 PIB Nacional, promedio trimestral durante 2004 (Millones de pesos).
- Tabla 1.2 Aspectos tecnológicos que cubre la oferta didáctica en México.
- Tabla 2.1 Comparativo de los ASi, PROFIBUS y Ethernet Industrial.
- Tabla 2.2 Comparativo de las generalidades de algunos buses de comunicación industrial.
- Tabla 2.3 Características físicas de algunos buses de campo.
- Tabla 2.4 Comparación de los mecanismos de transporte de algunos buses de campo.
- Tabla 2.5 Comparación sobre las características de desempeño de algunos buses de campo.
- Tabla 2.6 Direcciones en MPI.
- Tabla 2.7. Características del OP 170B

ABREVIATURAS

ASi	Interfase Sensor Actuador.
AWG	American Wire Gauge.
BIA	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (Instituto Berufsgenossenschaftliches para la seguridad Industrial.
CA	Corriente Alterna.
CCD	Control de Calidad por Dispositivo.
CIM	Manufactura Integrada por Computadora.
CP	Procesador de Comunicaciones.
CPU	Unidad Central de Procesamiento.
CSMA/CD	Método de Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones.
DP	Periferia Descentralizada.
DSC	Sistema de Control Distribuido.
FCS	Sistema de Comunicación de Bus.
FDL	Fieldbus Data Link.
FMS	Fieldbus Message Specification.
GD	Datos Globales.
HMI	Interfase Hombre – Máquina.
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers.
IMD	Instituto para el Desarrollo de la Administración.
IPC	Computadora Industrial.
ITESM	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
LAN	Red de Área Local.
MMU	Manchester Metropolitan University.
MPI	Interfase Multi Punto.
ONU	Organización de las Naciones Unidas.
OP	Panel de Operador.
PA	Automatización de Procesos.
PARC	Palo Alto Research Center.
PELV	Protective Extra Low Voltage (Protección Adicional contra alto voltaje).
PIB	Producto Interno Bruto.
PID	Tipo de control Proporcional, Integral y Derivativo.
PG	Dispositivo Programador.
PLC	Controlador Lógico Programable.
PROFIBUS	Process Field Bus.
PVC	Policloruro de vinilo.
SCADA	Sistema para Supervisión, Adquisición y Control de Datos.
SFM	Sistema Flexible de Manufactura.
TBMCG	Grupo Consultor TBM.
UL	Underwriters Laboratories Inc.

1 ANTECEDENTES

En este capítulo se analiza el impacto que tiene la industria de la manufactura en la economía de nuestro país; se muestran datos sobre estudios realizados que mencionan las barreras que limitan el crecimiento; se presenta la manera como se ve México en el contexto mundial, en los comparativos y estudios internacionales. Una vez identificado el impacto que tiene la tecnología en la mejora de los niveles económicos nacionales, se muestra un panorama de la evolución de las comunicaciones y su utilización en la industria hasta llegar a los sistemas actuales de comunicación industrial; se presenta la situación actual de la oferta didáctica en nuestro país y finalmente, se muestran tanto la problemática como los objetivos del presente trabajo.

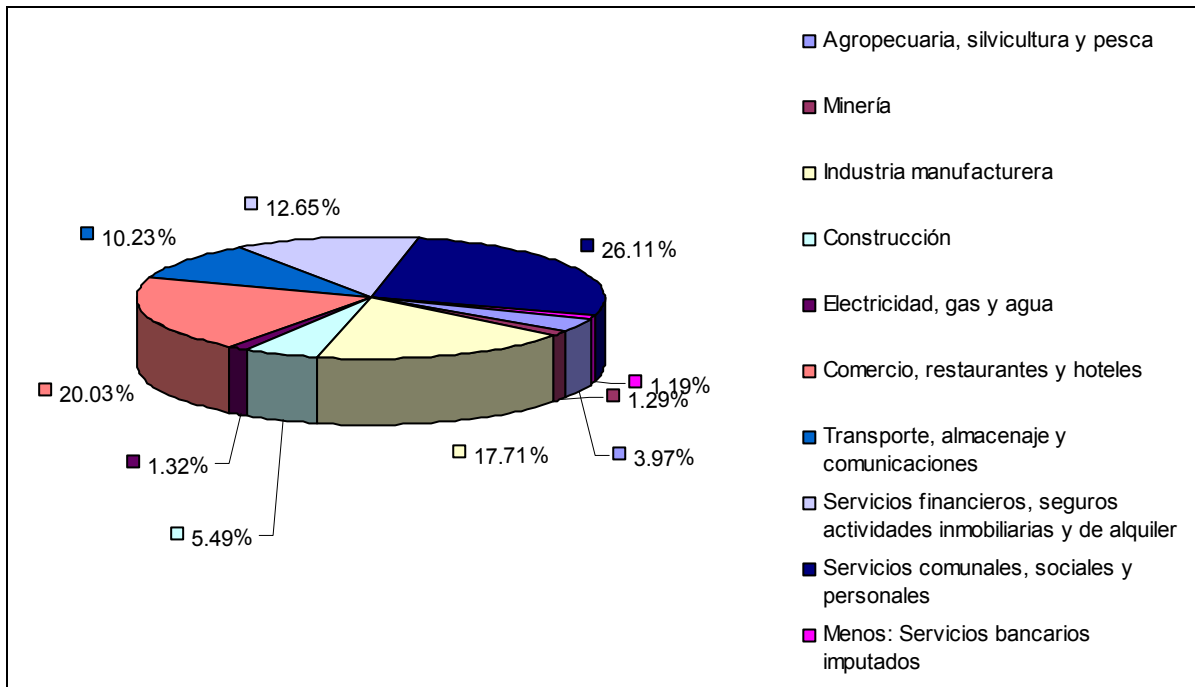
1.1 IMPORTANCIA DE LA MANUFACTURA EN LA ECONOMÍA DEL PAÍS

En nuestro país, de acuerdo con los datos proporcionados por el INEGI en el boletín publicado en agosto de 2005, la industria manufacturera aporta al PIB nacional el 17.71 %. Es importante notar que el sector industrial aporta el 30.08 % del total, y la Industria manufacturera aporta el 58.88% de esta contribución, como se muestra en la tabla 1 y la figura 1.1. Por esta razón es muy importante que nuestro país implemente herramientas y tecnología que permita eficientar la industria y esto se traduzca en mejores niveles de vida para todos [1].

Tabla 1.1 PIB Nacional, promedio trimestral durante 2004 (Millones de pesos) [1].

Sectores productivos	Aportación por sector	Áreas económicas	Porcentaje	Aportación
		Agropecuaria, silvicultura y pesca	4.07%	281,392
Total Sector Industrial	30.08 %	Minería	1.32%	91,523
		Industria manufacturera	17.71%	1,253,500
		Construcción	5.63%	388,947
		Electricidad, gas y agua	1.35%	93,144
Total Sector de Servicios	69.92 %	Comercio, restaurantes y hoteles	20.52%	1,418,090
		Transporte, almacenaje y comunicaciones	10.48%	724,264
		Servicios financieros, seguros actividades inmobiliarias y de alquiler	12.96%	895,732
		Servicios comunales, sociales y personales	26.75%	1,848,760

Fig. 1.1 Composición del PIB Nacional durante 2004, en porcentajes [1].



1.2. IMPORTANCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

Recientemente la empresa TBM Consulting Group (TBMCG) con sede en el Reino Unido realizó una encuesta sobre la productividad durante el año 2004 en cinco países, entre los cuales se incluyó a México. Los otros países considerados fueron Estados Unidos, Alemania, Reino Unido y Brasil. La encuesta revela que existen tres factores básicos por los que se presenta una baja productividad. El primero es la resistencia a los cambios, que está relacionada con el uso de la nueva maquinaria o con los procesos que su implementación requiere, tanto por la parte administrativa como por la parte operativa; la segunda barrera es la disponibilidad de fondos para realizar inversiones en mejoras, y la tercera, es la falta de preparación de los empleados para el manejo de maquinaria [2].

Un informe del *World Competitiveness Yearbook* en 2002, publicado por el IMD, que clasifica a 49 países, ubica a México en el lugar 49 por la cooperación tecnológica entre sus empresas, 48 por su interés en la ciencia y la tecnología; en el 47 por su financiamiento para el desarrollo tecnológico; y en el 46 por su nivel científico en la educación, así como por la relación que guarda su investigación básica con el desarrollo económico a largo plazo [3].

Si entendemos que la competitividad a largo plazo depende en gran medida del proceso de aprendizaje y la acumulación de capacidades tecnológicas y que la habilidad para crear y manejar la tecnología son características clave de los países con mayor presencia en el mercado, esto nos debe indicar cuál es la dirección en la que nuestro país debe invertir.

Las experiencias de los proyectos *e-México* y *e-Gobierno* han rebasado las expectativas que generó la presente administración en materia de conectividad y consolidación de infraestructura, pero, a decir de los expertos, aún existen grandes rezagos en la generación de contenidos, de educación a distancia y de fomento a la salud.

No es gratuito entonces que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) otorgue el cuarto lugar mundial a México en materia de sofisticación de servicios electrónicos de gobierno, que le valieron obtener el Premio Estocolmo a las iniciativas de *e-Gobierno* y al portal de atención ciudadana de la Presidencia de la República, y a la vez se sitúe a nuestro país en los últimos lugares de las clasificaciones de competitividad global, pues según el estudio del *IMD Competitiveness Yearbook 2004*, México ocupa el lugar 56 a nivel mundial, mientras que el coeficiente de inventiva representa apenas 0.05%, comparado con países como Corea, donde este índice alcanza los 15 puntos, respectivamente; es decir, es 300 veces superior al de nuestra nación. [7]

1.3 REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Con la creación de los procesadores en los años 40's, surge la necesidad de establecer medios de comunicación entre estos dispositivos, naciendo así las primeras redes de información.

La red de comunicación más antigua se originó con la utilización de puertos físicos de baja velocidad, por los cuales sólo se permitía esta comunicación entre dos computadoras a través de lo que en estos días conocemos como puertos seriales y puertos paralelos. A la par del desarrollo de estos puertos se crearon las instrucciones de comunicación, las cuales permitieron el intercambio de información entre los procesadores creando al mismo tiempo un lenguaje de comunicación al cual se le denominó "Protocolo", estas instrucciones se han ido desarrollando de acuerdo a las necesidades de cada fabricante de sistemas de cómputo y desarrolladores de paquetes de software de comunicación.

A partir de los años 80's, se llegó al desarrollo de los primeros sistemas computarizados de uso industrial con el nacimiento de los Sistemas de Control Distribuido (DSC). Estos sistemas están integrados por unidades de microprocesadores, las cuales permiten la comunicación y el control de los dispositivos de campo. El siguiente nivel que lo integra es un sistema supervisor, el cual realiza las funciones de adquisición de datos y la programación de las unidades de dispositivos de campo. La filosofía de control de este tipo de sistemas se determinó como una integración del tipo piramidal; para lo cual los usuarios podían escalar su sistema para llegar al final del camino a una integración total de la planta.

A la par de este desarrollo tecnológico, los Controladores Lógicos Programables (PLC) han tenido avances considerables y en la actualidad ya no sólo éstos se dedican al control lógico sino que han venido a incursionar en el campo de la instrumentación para el control de procesos, y con la flexibilidad que nos proporcionan las redes de comunicación actuales, han creado en los PLC's una opción adicional para las empresas de procesos de contar con redes de comunicación más veloces y sobre todo el desarrollo de sistemas de comunicación de protocolo abierto que nos brinda la bondad de integración de planta a todos los niveles de control con un sistema planar que proporciona una integración de comunicación mucho más flexible [4].

1.4 JUSTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

Se ha encontrado que, en la actualidad, en México no existe un intento formal por estudiar las redes de comunicación industrial para fines didácticos, tal como se presenta en este trabajo. Las compañías como FESTO y otras empresas de integración sólo proveen equipos instalados, hechos a la medida de los presupuestos, llamados Sistemas Flexibles de Manufactura (SFM) o Laboratorios de mecatrónica, armados bajo ciertas prestaciones establecidas por el vendedor. Las cuales tienen poca capacidad de modificaciones y cambios en la programación, sólo permiten la interacción a nivel usuario, y las aplicaciones en el área de mecatrónica se ven limitadas a una administración de los sistemas de automatización instalada. La oferta que se presenta incluye aspectos importantes de los enfoques mecatrónicos, sin embargo, estos no se pueden manipular, no brindan una interacción a profundidad y no permiten aportar para la futura aplicación en la industria, ya que finalmente se manejan como cajas cerradas, sin entender lo que en realidad está sucediendo atrás de la pantalla. [8]

FESTO ha instalado Sistemas flexibles de manufactura en diferentes instituciones de niveles medio superior y superior, estos equipos tienen el nombre de MPS500, estos sistemas pueden cubrir las siguientes tecnologías:

- Electroneumática
- Programación de PLC
- Sistemas de bus de campo
- Programación y simulación de Robots
- Sistema de flujo de materiales en lazo cerrado
- Tecnología de sensores
- Convertidores de frecuencia para control de velocidad en motores de CA
- Comunicación de entradas y salidas
- Sistemas de transporte
- Motores de CA
- Sistemas de posicionamiento
- Sistemas de medición por elementos analógicos

- Tecnologías de manipulación
- Sistemas de control de calidad por cámaras CCD

A continuación se muestra una relación de Instituciones de nivel superior que han adquirido parte o todos los equipos.

1. Universidad Tecnológica de Coahuila, Dirección de carrera de Mecatrónica, Coahuila.
2. Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos, Dirección, Magdalena, Puebla.
3. Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Hermosillo, Sonora.
4. Universidad La Salle, Servicios de Apoyo Académico, Obregón, Sonora.
5. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Coordinación de Ingeniería en Mecatrónica, Ciudad Juárez, Chihuahua.
6. Instituto Tecnológico de Tehuacán Puebla, Laboratorio de Ingeniería en Electrónica, Puebla.
7. Universidad Tecnológica de Tijuana, Dirección de Carrera en Mantenimiento y Producción, Tijuana, Baja California Norte.
8. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California Norte.
9. Centro de Estudios Tecnológicos Industriales, Coordinación de Control Automático, Guadalajara, Jalisco.
10. Universidad Autónoma de Nuevo León, Coordinador en Técnico Superior Universitario, Monterrey, Nuevo León.
11. Centro de Estudios Universitarios, Coordinación del Sistema, Monterrey, Nuevo León.
12. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario Lagos de Moreno, Coordinación de la carrera de Mantenimiento, Jalisco.
13. Universidad Tecnológica de Aguascalientes, Dirección de la Carrera de Mantenimiento Industrial, Aguascalientes.
14. Universidad Tecnológica de Tulancingo, Coordinación de Carrera, Hidalgo.

Otras compañías que también venden estos equipos para fines didácticos son:

- Dedutel [8].
- Amatrol [9].
- Rockwell Automation [10].
- Schneider [11].
- De Lorenzo Group [12].
- Intelitek [13].

Los laboratorios de automatización y control de los diferentes campus del sistema Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), ha iniciado con dicho estudio y en este contexto, el Campus Estado de México es precursor en la materia, ya que junto con el Campus Monterrey, han realizado una serie de investigaciones para la aplicación de estas tecnologías.

Es muy importante resaltar la oferta didáctica que las instituciones tienen como Laboratorios de Mecatrónica, estos se han equipado al adquirir los productos ya mencionados de FESTO, lo dista

mucho de las aplicaciones necesarias ya que debe incluir: un laboratorio de Automatización, otro de Control, uno más de Diseño de Sistemas Lógicos, un adicional de Mediciones Eléctricas, otro de Instrumentación con enfoque hacia Mecatrónica y finalmente un laboratorio de Redes de Comunicación Industrial. Y sólo se está cumpliendo con el laboratorio de Automatización que pudiera ser más aprovechado si se lograra mayor apertura en la manipulación, configuración y programación de los equipos a nivel hardware y software.

Para conocer la oferta didáctica que existe en nuestro país en lo que se refiere a carreras; hay 45 instituciones que ofrecen la carrera en Ingeniería en Mecatrónica, de las cuales 23 pertenecen al sistema ITESM, 11 son Universidades privadas, y otras 11 son Universidades públicas o Institutos Tecnológicos regionales.

En relación a la carrera en ingeniería en Control y Automatización existen 11 instituciones que la ofrecen, de las cuales 7 son públicas y 4 son privadas [14].

En la tabla 1.2 se hace un estudio sobre los niveles de comunicación industrial que ofrecen algunas de estas instituciones, en esta tabla se consideró lo siguiente:

- *Nivel de Campo*: que involucra sensores y actuadores como ASi, Control Net, etc.
- *Nivel de célula o de fabricación*: en el que se encuentra PROFIBUS, Device Net y otros.
- *Nivel de gestión*, tal como Ethernet Industrial.
- *HMI (Interfase Hombre - Máquina)*: se considera si existe esta interacción Hombre-Máquina.
- *Aplicaciones*: en el que se analiza si existen algunos dispositivos de pruebas básicas en el laboratorio, tales como motores, estaciones de verificación, etc.

Tabla 1.2 Aspectos tecnológicos que cubre la oferta didáctica en México.

Institución	Nivel de Campo	Nivel de Célula	Nivel de Gestión	HMI	Aplicaciones
UACJ [15]	ASi *	PROFIBUS*	X	Panel*	Laboratorio de Mecatrónica FESTO
IPN UPIITA [16]	X	X	X	X	PLC Allen Bradley
ITESM CEM [17]	ASi	PROFIBUS	Ethernet Industrial	OP 170B winCC	Micro Master, PLC Siemens y Festo en los tres entornos de red.
ITESM MTY [18]	ASi, Control Net	PROFIBUS, Device Net	Ethernet Industrial	Panel	Variadores de velocidad Allen Bradley y Siemens
ITESM Laguna [19]	IDEC [23]	IDEC	X	Touch Screen IDEC	Control de velocidad PID, Calderas
I. T. Saltillo [20]	X	X	Ethernet de Festo	X	PLC Allen Bradley, Festo y Siemens.
U. Anáhuac [21]	X	PROFIBUS	X	X	X
U. Iberoamericana [22]	X	X	Datos	LabVIEW [24]	S7200

* En cuanto a la oferta de la UACJ, en su Laboratorio de Mecatrónica, que fue adquirido a FESTO, tiene instaladas estos dos entornos de red y el dispositivo de visualización, sin embargo, la capacidad de programación y configuración de los protocolos esta limitada a la administración del Software SCADA instalado para la operación de todos los dispositivos incluidos en el paquete.

Es interesante mencionar que salvo las Instituciones del sistema ITESM, la oferta didáctica en redes industriales se limita a la automatización, a nivel de manejo de PLC's y en el mejor de los casos a la utilización de los sistemas armados de FESTO ya mencionados.

Justificación

Históricamente, la situación de la tecnología en nuestro país ha indicado que seguimos utilizando tecnología obsoleta en un gran porcentaje de las empresas manufactureras. Sin embargo, la manufactura ha tenido cambios importantes en los últimos años, la globalización de las economías y los Tratados de Libre Comercio que nuestro país ha concertado, permiten que empresas multinacionales, de gran escala, realicen inversiones clave, por lo que empresas nacionales deben invertir en la modernización de sus instalaciones, a fin de mantener el ritmo de producción, buscando ser competitivos en los aspectos cruciales de costo, calidad y tiempo.

Existen muchas ventajas en la integración de redes de comunicación industrial, tales como:

- Posibilidades de intercambio de información entre dispositivos.
- Facilidad de comunicación Hombre-Máquina.
- Adquisición de datos de los dispositivos de campo a fin de crear estadísticas de control de calidad, gestión y otros propósitos.
- Facilidad de cambios para adaptarse a la evolución y diversificación de productos.
- Posibilidad de aplicaciones de alto nivel que permitan utilizar bajo un mismo entorno protocolos diversos, a fin de mantener la estandarización en las comunicaciones dentro de la planta.
- Ahorro en inversión al implementar los buses de campo, comparado con el mazo de cables o el cableado en paralelo, así como el ahorro en la planeación, instalación y el hardware, como se muestra en la figura 1.2
- Capacidad de modificar el funcionamiento de equipo al ajustar el programa, sin necesidad de reemplazar partes o conexiones.

El ejemplo mostrado en la figura 1.2 corresponde a un estudio realizado por el Dr. Rathje para Profibus PA [24], y el ejemplo mostrado en la figura 1.3 corresponde a la instalación del cableado para una fresadora utilizando ASi [27].

Fig. 1.2 Ahorro en costo por usar un bus de campo [23].

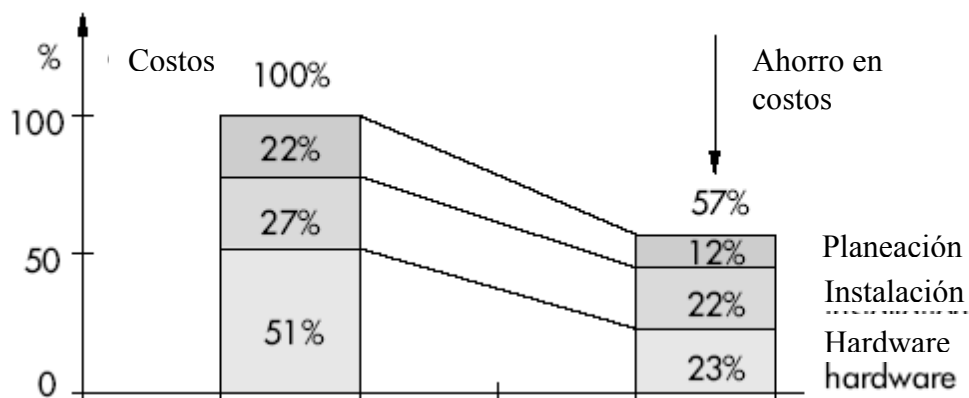
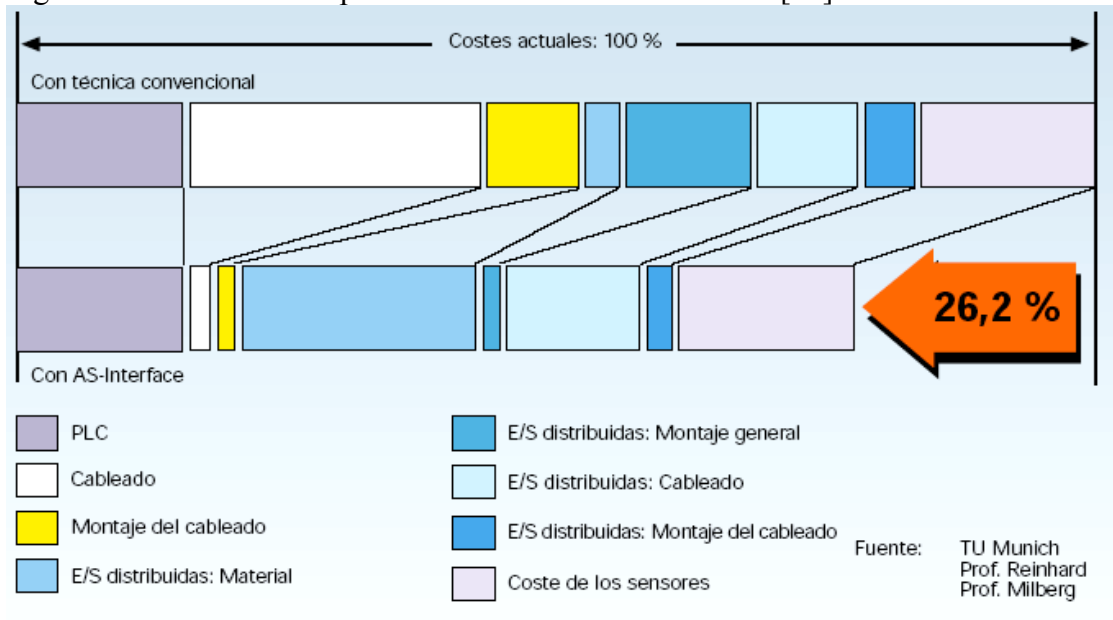


Fig. 1.3 Ahorro en costos para la instalación de una red ASi [27].



Implantar una estrategia para la creación de un laboratorio de redes de comunicación industrial permitirá abrir la visión en cuanto a la capacidad y alcance de esta tecnología. El conocimiento obtenido impactará en los aspectos clave de equipamiento, aplicaciones, manejo y programación, requerimientos humanos, de espacio físico, de inversión y sobre todo, será de beneficio en el entorno productivo y de formación de los afectados.

En el desarrollo e implantación de un Laboratorio en Redes de Comunicación Industrial (LRCI) el campo es tierra virgen, es decir, no existe en nuestro país ninguna institución de enseñanza superior que presente una oferta educativa a este alcance, existen células de fabricación, más no propiamente redes de comunicación.

Considerando el número de empresas dedicadas a la automatización, son realmente pocas las que ofrecen soluciones basadas en redes de comunicación industrial; y este conocimiento lo manejan como su valor intelectual más preciado, lo que lo convierte en inversión vedada para muchas de las microempresas en nuestro país.

Hay cuatro áreas importantes en las que la implantación de este Laboratorio tendrá un efecto positivo muy importante, estas áreas son:

1. Investigación y capacitación tecnológica.
2. Enriquecimiento del perfil de los egresados.
3. Extensión educativa.
4. Capacitación a empresas.

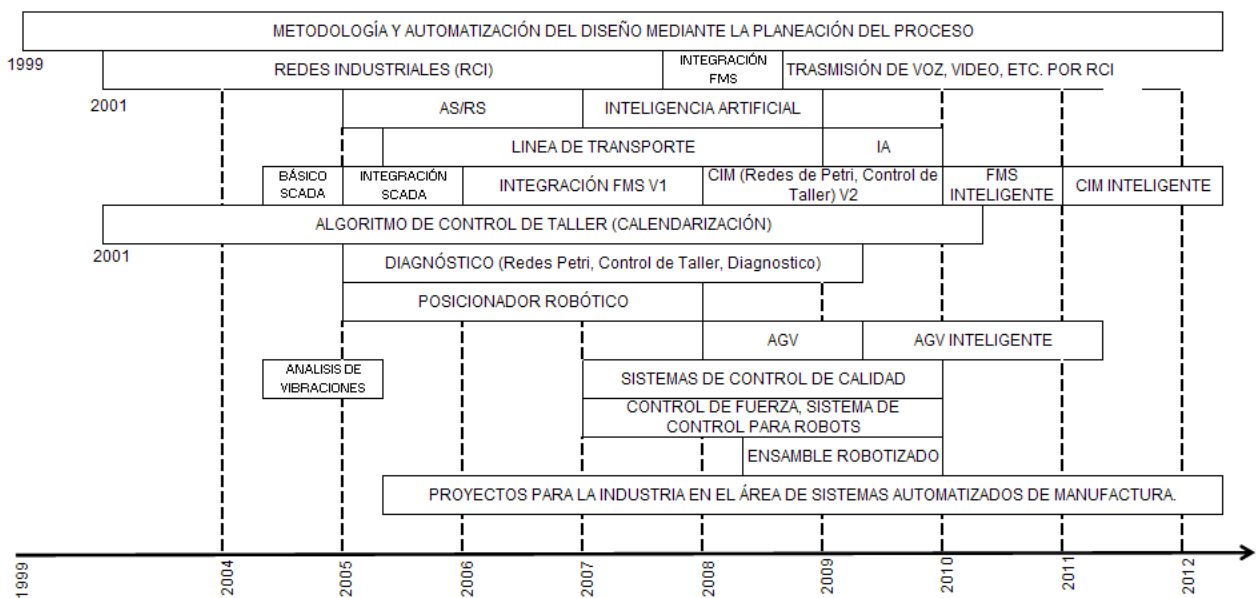
1.- Investigación y capacitación tecnológica.

Este proyecto servirá de base para la investigación y capacitación tecnológica y aplicaciones futuras, algunas de las cuales pueden ser:

- En dispositivos analógicos tales como variadores de velocidad, motores a pasos, y dispositivos controlados mediante PID's y otros dispositivos de control electrónico.
- Aplicación de software SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, por sus siglas en inglés, su traducción al español es Sistema para Supervisión, Control y Adquisición de Datos). El software SCADA con el que se cuenta actualmente en el campus es WinCC, las prestaciones de este tipo de software son muy valiosas, algunos de los bloques en aplicaciones específicas son:
 - Configuración del entorno de trabajo.
 - Interfaz gráfico del operador.
 - Programación de módulos de trabajo.
 - Gestión y archivo de datos
 - Comunicaciones.

De hecho existe el proyecto inicial de integración en la comunicación de Redes Industriales, aplicando un SCADA, e implementándolo en un proceso sencillo de control de calidad, en este proyecto se utilizaron los tres entornos de red, ASi, PROFIBUS DP y Ethernet Industrial [6].

Fig. 1.4 Proyecto CIM del ITESM CEM



- Creación e integración de un CIM, *Computer Integrated Manufacturing*, por sus siglas en inglés, la traducción al español es Manufactura Integrada por Computadora, que sea el producto de los avances del Campus Estado de México en esta área de investigación, de diseño y estructura integrados basándose en el conocimiento que se adquiera en este campo. Porque este trabajo es parte de la cátedra de investigación titulada “Desarrollo de una metodología y automatización del diseño de sistemas flexibles de manufactura”, cuyo objetivo es el desarrollo de una metodología técnico-económica para la justificación de la implementación de sistemas automatizados de

manufactura, basados en las redes de comunicación industrial [5]. Para mayor referencia del plan véase la figura 1.4.

- Será la base para otros trabajos de tesis, que son parte del mismo trabajo de investigación de la cátedra mencionada.

2.- Enriquecimiento del perfil de los egresados.

Esta es una ventaja adicional, el nivel de la enseñanza debe evolucionar, no es suficiente con mostrar la teoría, ahora se debe enlazar el campo de la enseñanza con el mundo de las aplicaciones reales, y además anticiparse a estas, dado el marco de referencia de nuestro país, es el momento de involucrarse en la gran revolución tecnológica que implican estos avances.

Algunas de las aportaciones a los estudiantes, futuros profesionales de las empresas pueden ser:

- Impulsar la mejora y el avance en el grado de automatización de la planta productiva en nuestro país, al utilizar las herramientas de automatización en todos los niveles de aplicación, nivel de sensores y actuadores, nivel de campo o célula de fabricación y al nivel de gestión o administración
- Permitir la creación y aplicación de metodologías para el diseño y desarrollo de nuevos productos, selección, procesamiento y protección de materiales, métodos y sistemas de producción y automatización e integración de la manufactura.
- Proveer de herramientas, técnicas y métodos de manufactura extendida que reconozcan y manejen el valor estratégico que aporta la ingeniería de comunicaciones industriales.

3.- Extensión educativa

El impacto de este laboratorio en la extensión educativa será:

- La utilización y desarrollo en la Maestría en Ciencias de la Ingeniería con las especialidades de:
 - Manufactura Computarizada.
 - Control y Automatización.
 - Robótica.
- Aplicación en diplomados como Módulo de Redes de Comunicación Industrial.
- Incluir esta información en tópicos para la carrera de Ingeniería en Mecatrónica.

4.- Capacitación a empresas.

Finalmente existe un campo en que este laboratorio será de gran ayuda, y es el de servicio de capacitación hacia el personal técnico de la iniciativa privada. Este personal de las empresas requiere de aprender el manejo, uso, configuración y programación de sistemas complejos con equipo de entrenamiento práctico, y en el futuro esta necesidad será más apremiante. Tanto FESTO como SIEMENS no tienen ninguna objeción en el uso de su software para estos propósitos.

De lo anterior podemos marcar la importancia de realizar la investigación y la inversión necesaria para implantar el uso y explotación de un Laboratorio de Redes de Comunicación Industrial, que es una importante herramienta de enseñanza, investigación y capacitación.

Planteamiento del Problema

Implementar el desarrollo de un nuevo laboratorio de redes de comunicación industrial, considerando los requerimientos en aspectos tales como inversión, espacio físico, equipamiento y contenido básico de prácticas con fines didácticos, abarcando los principales niveles de red ASi, PROFIBUS DP y Ethernet Industrial, y realizando aplicaciones básicas.

Objetivos

Los objetivos planteados en el presente trabajo son:

- 1.- Análisis del estado del arte de redes de comunicación industriales y su importancia en el entorno, desarrollo e infraestructura (hardware y software).
- 2.- Desarrollo de una metodología para la implantación de un Laboratorio de Redes de Comunicación Industrial para fines didácticos.
- 3.- Definición del modelo operacional y funcional de un laboratorio de Redes en una institución educativa que contemple los aspectos de didáctica, funcionalidad, crecimiento y la certificación de instructores.
- 4.- Desarrollo del contenido, pruebas y validación de un conjunto de prácticas básicas que involucren los protocolos de comunicación industrial ASi, y PROFIBUS DP y Ethernet Industrial.

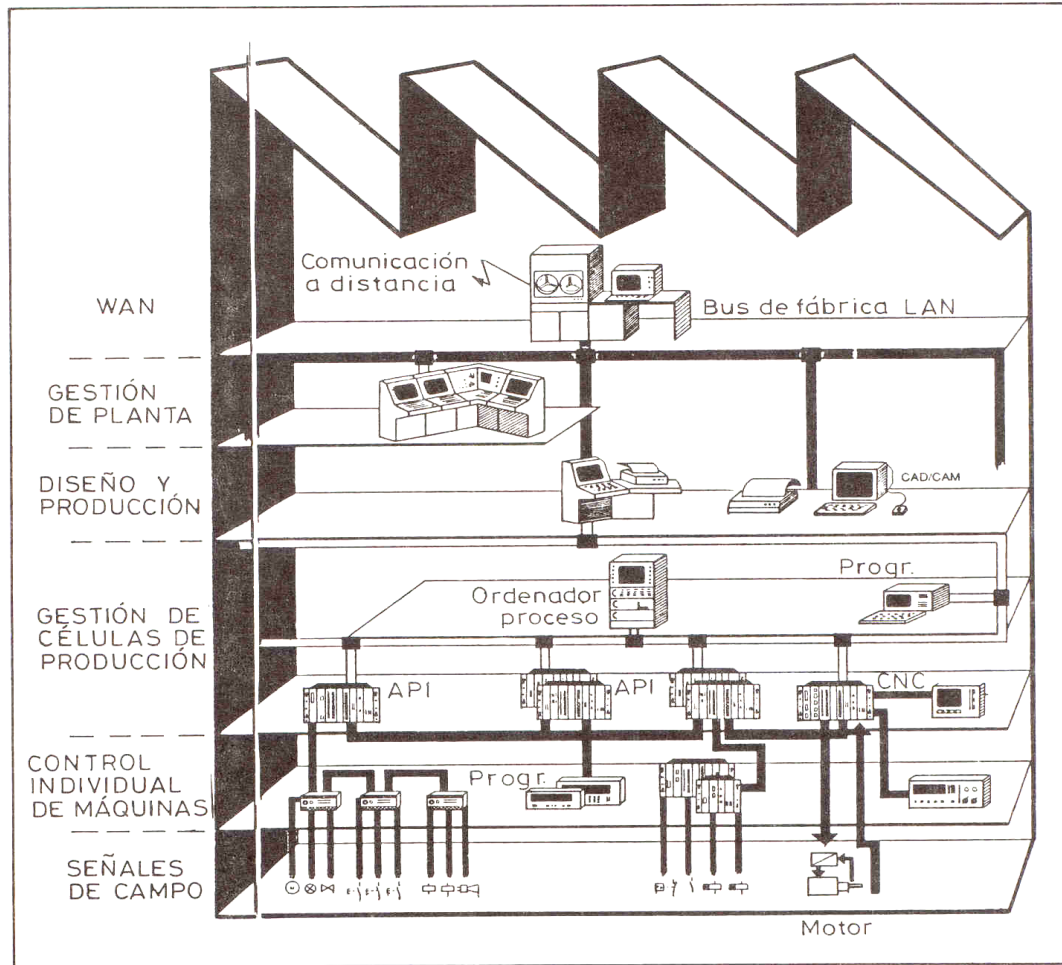
2. DESCRIPCIÓN DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

En el presente capítulo se presenta una panorámica de las redes de comunicación industrial, en el que se muestra la jerarquización de la comunicación explicando los tres entornos de red utilizados; el nivel de sensores y actuadores, también llamado el nivel de campo; el nivel intermedio también conocido como nivel de célula, de proceso o de fabricación; y el nivel superior o de gestión. Se realiza un comparativo de algunos de estos buses de comunicación de diferentes marcas y protocolos; y se describen las redes ASi, la comunicación MPI, el bus de comunicación PROFIBUS y la comunicación a través de Ethernet Industrial, analizando su historia, características, aplicaciones y componentes.

2.1 ESTRUCTURA Y NIVELES DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

La automatización de las industrias ha tenido un proceso de implementación gradual y por partes, aprovechando en cada momento los últimos desarrollos que ofrecían las nuevas tecnologías, sobre todo los circuitos integrados digitales. Esto ha dado lugar a la existencia de *islas automatizadas*, que consisten en una serie de equipos (PLC's, variadores de velocidad, controladores numéricos, ordenadores de diseño y gestión, etc.) aislados entre sí y dedicados cada uno al control de una máquina o de una parte cerrada del proceso [26].

Fig. 2.1 Estructura de una red industrial en una empresa, llamado también concepto CIM [26].



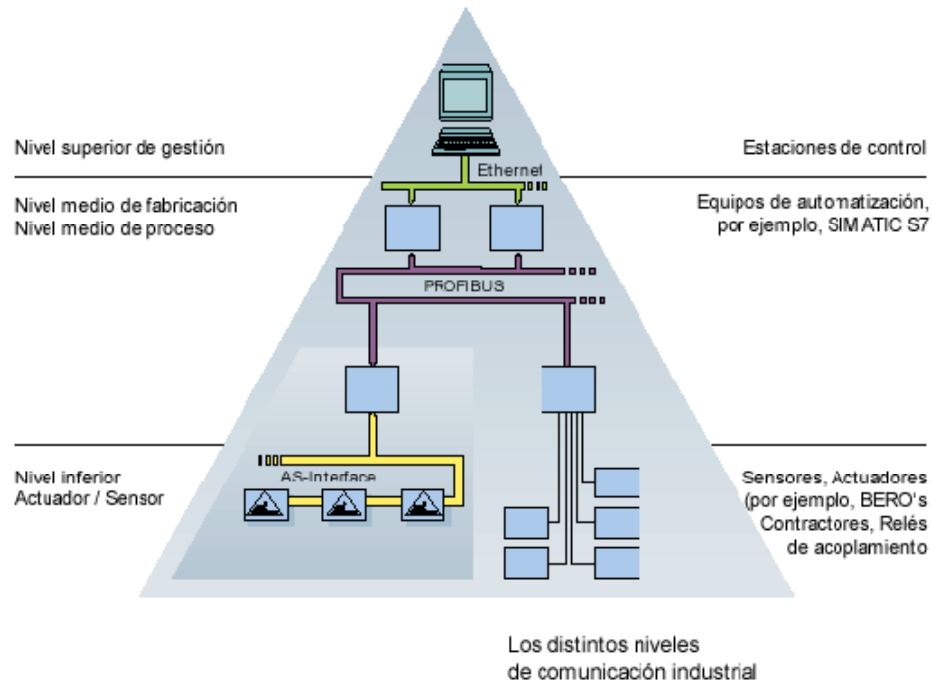
Los avances de toda la inversión que se realizó en el pasado tienen posibilidades de incrementar sus ventajas, si se logran comunicar entre sí estas llamadas islas automatizadas. La integración debe hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados.

La comunicación entre estas islas automatizadas, si bien es técnicamente posible, no se lleva a cabo en algunos casos por la diversidad de medios físicos y protocolos empleados y, en definitiva, por la falta de compatibilidad entre los códigos y los lenguajes de cada una de estas partes.

Lo deseable y la tendencia actual es enlazar estas islas a través de sistemas de comunicación que permitan la transmisión de datos entre ellas y sean lo suficientemente abiertos para poder enlazar PLC's, controles numéricos, estaciones robotizadas, etc., con otros procesadores de comunicación o host y ser el medio para acceder, incluso a redes de comunicación de mas altas prestaciones.

Esto da lugar a una estructura de las redes de comunicación industrial, en la cual podemos distinguir claramente tres niveles, divididos según una determinada jerarquía funcional. En cada nivel hay diferencias en la velocidad de transferencia, en el grado de protección, en el tipo y uso de los datos transmitidos, como se muestra en la figura 2.2 [27].

Fig. 2.2 Los tres niveles de comunicación industrial [27].



- Nivel inferior

Este es el nivel de Bus de campo, también llamado nivel de sensores y actuadores, es el más próximo al proceso y se encarga de la integración de pequeños automatismos (PLC compactos, multiplexores de entradas y salidas, controladores PID equipos de medición, etc.) en las llamadas islas, que controlan las distintas parcelas del proceso. Generalmente, en el nivel más alto de estas redes, se suelen encontrar uno o varios PLC's modulares de gama alta, que pueden actuar como maestro de la red o en estructuras de maestro flotante. Una gran cantidad de los dispositivos conectados suministra o necesita señales binarias. La cantidad de datos necesaria en este nivel no es muy elevada, sin embargo, la velocidad y la frecuencia de transmisión debe ser muy grande. El conjunto constituye lo que suele llamarse célula de fabricación.

- Nivel Medio de fabricación

Este es el nivel LAN (Local Area Network), también llamado nivel medio de proceso, esta jerárquicamente encima del anterior y se encarga normalmente de enlazar células de fabricación en grupos más grandes. En este nivel se suelen encontrar los autómatas de gama alta y los ordenadores de proceso dedicados a las tareas de diseño, control de calidad, etc.

- Nivel alto o de gestión

En este nivel, se conectan entre sí las PC's y las estaciones de trabajo de la instalación. A veces, incluso se conectan PC's de diferentes instalaciones o se conectan PC's con estaciones de trabajo

remotas. Todos estos equipos se encargan de supervisar y gestionar todo el proceso. El volumen de datos se mueve en el entorno de mega bites, la velocidad de transmisión es muy alta, pero normalmente la frecuencia de transmisión no es muy elevada.

Tabla 2.1 Comparativo de los ASi, PROFIBUS y Ethernet Industrial [31].

	ASi	PROFIBUS	ETHERNET
Norma	IEC-TG-17B	EN 50170	IEEE 802-13
Velocidad de Transmisión	167 Kbits/seg	9.6 Kbits/seg hasta 12 Mb/seg	10 Mb/seg hasta 100 Mb/seg
No. de Equipos	1 Maestro 31 Esclavos	127 Estaciones (32 activas)	1024 Estaciones
Medios Físico	Cable 2 hilos (Cable Amarillo)	2 hilos apantallados, o fibra óptica de vidrio o plástico (Cable Morado)	Cable coaxial o par trenzado industrial (ITP) o fibra óptica de vidrio (cable verde)
Extensión de la Red	100m (300 m con repetidores)	10 km aprox. (medio eléctrico) 100 km (fibra óptica)	Depende de muchos factores
Método de Acceso al Bus (Protocolo)	Maestro / Esclavo	Profibus DP: Maestro Esclavo, FDL: Paso de testigo	CSMA / CD

Finalmente, la tecnología de bus de campo cuenta con un rango amplio de servicios el cual los convierte en beneficios para el usuario, los más importantes son:

- **Simplicidad:** Comparándolo al equipo analógico tradicional.
- **Exactitud:** Debido al sistema robusto con el que cuentan y las técnicas de verificación.
- **Compactos:** La reducción considerable de cables genera menor espacio de instalación, y en los gabinetes de instalación de los dispositivos de control y el manejo de un solo bus de comunicación contra el mazo de cables de otras tecnologías.
- **Bajo costo:** Las ventajas que proporciona el sistema comunicación de bus (FCS), a largo plazo se traduce en un ahorro monetario.
- **Reducción de ingeniería:** Debido al diagnóstico de fallas con la que cuenta esta tecnología se logran reparaciones rápidas, tiempos de calibración cortos, poco mantenimiento, etc.
- **Escalable:** La arquitectura FCS es fácil de modificar e incrementar, además que los límites de expansión son altos [28].

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS BUSES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.

A continuación se presenta una serie de tablas en las que se realizan comparativos de los buses de comunicación industrial en diferentes aspectos, encaminadas a mostrar la variedad y la amplia gama de prestaciones de las diferentes marcas y tipos.

En la tabla 2.2 se presenta un panorama de las generalidades de las marcas, fechas de introducción, las normatividad de cada bus y alguna característica particular cada uno.

Tabla 2.2 Comparativo de las generalidades de algunos buses de comunicación industrial [29].

Nombre del Bus de Campo	Desarrollador de la Tecnología	Año de Introducción	Norma Básica	Comentarios
PROFIBUS DP/PA	Siemens	DP-1994, PA-1995	EN 50170 / DIN 19245 part 3(DP) /4 (PA), IEC 1158-2 (PA)	ASICs de Siemens y Profichip, Productos de más de 300 vendedores
INTERBUS-S	Phoenix Contact, Interbus Club	1984	DIN 19258 EN 50.254	Productos de más de 400 proveedores
DeviceNet	Allen-Bradley	March 1994	ISO 11898 & 11519	17 vendedores de chip, 300+ vendedores de productos, especificación abierta
ARCNET	Datapoint	1977	ANSI/ATA 878.1	Chips, Tarjetas, ANSI docum.
AS-I	AS-I Consorcio	Fall 1993	Submitted to IEC	AS-II.C. Mercado Abierto
Foundation Fieldbus H1	Fieldbus Foundation	1995	ISA SP50/IEC 61158	Chips, software y productos de diversos vendedores
Foundation Fieldbus High Speed Ethernet (HSE)	Fieldbus Foundation	En desarrollo, fase en pruebas de lab. Especificaciones preliminares disponibles para miembros.	IEEE 802.3u RFC for IP, TCP & UDP	Muchos vendedores para componentes Ethernet, a un costo extremadamente bajo.
IEC/ISA SP50 Fieldbus	ISA & Fieldbus F.	1992 – 1996	IEC 1158/ANSI 850	Diversos vendedores del Chip
Seriplex	APC, Inc.	1990	Seriplex spec	Chips disponibles para múltiples interfaces
WorldFIP	WorldFIP	1988	IEC 1158-2	Diferentes vendedores del Chip
LonWorks	Echelon Corp.	March 1991		Información pública en el protocolo
SDS	Honeywell	Jan., 1994	Honeywell Specificat. Submitted to IEC, ISO11989	17 vendedores de chip, mas de 100 productos
ControlNet	Allen-Bradley	1996	ControlNet International	Especificación abierta, , 2 vendedores del Chip
CANopen	CAN In Automation	1995	CiA	17 vendedores del chip, 300 vendedores de productos, especificación abierta.
Ethernet	DEC, Intel, Xerox	1976	IEEE 802.3, DIX v. 2.0	Multitud de Chips y Productos
Modbus Plus	Modicon			Prop. Privada, requiere licencia de ASIC
Modbus RTU/ASCII	Modicon		EN 1434-3 (layer 7) IEC 870-5 (layer 2)	Especificación abierta, no requiere software especial.
Remote I/O	Allen-Bradley	1980		Propiedad privada
Data Highway Plus (DH+)	Allen-Bradley			Propiedad privada

En la tabla 2.3 se comparan las características físicas las topologías de red, el medio físico de transmisión, las prestaciones en dispositivos que se pueden conectar y las distancias que alcanza cada red.

Tabla 2.3 Características físicas de algunos buses de campo [29].

Fieldbus Name	Topología de la red	Medio Físico.	Máx. Disp. o nodos	Max. Distance
PROFIBUS DP/PA	Línea, estrella y anillo	Par trenzado o fibra	127 nodos (124 esclavos - 4 seg, 3 rptrs) + 3 maestros	100m entre segmentos @ 12Mbaud; 24 Km (fiber) (baudrate, depende del medio)
INTERBUS-S	Segmentado con "T" drops	Par trenzado, fibra, y slip-ring	256 nodos	400 m/segmento, 12.8 Km total
DeviceNet	Trunkline/dropline with branching	Par trenzado para señal y alimentación	64 nodos	500m (baudrate dependiente) 6Km c/ repetidores
ARCNET	Estrella, bus, estrella distribuida	Coaxial, par trenzado, Fibra	255 nodos	Coax 2000 Pies; Par trenzado 400 Pies; Fibra 6000 Pies.
AS-I	Bus, anillo, árbol, estrella	Cable dos líneas	31 esclavos	100 metros, 300 con repetidor
Foundation Fieldbus H1	Estrella o bus	Par trenzado o fibra	240/segmento, 65,000 segmentos	1900m @ 31.25K alambre
Foundation Fieldbus HSE	Estrella	Par trenzado, fibra	Direccionamiento IP – esencialmente ilimitado	100m @ 100Mbaud par trenzado 2000m @ 100Mbaud fibra duplex
IEC/ISA SP50 Fieldbus	Estrella o bus	Par trenzado, fibra.	IS 3-7 non IS 128	1700m @ 31.25K 500M @ 5Mbps
LonWorks	Bus, anillo, loop, estrella	Par trenzado, fibra, línea de alimentación	32,000 / dominio	2000m @ 78 kbps
ControlNet	Línea, árbol, estrella, o combinaciones	Coaxial, fibra	99 nodos	1000m (coaxial) 2 nodos 250m con 48 nodos 3km fibra; 30km fibra c/ repetidor
CANopen	Trunkline/Dropline	Par trenzado + Señal y alimentación opcional	127 Nodos	25-1000m (depende del baudrate)
Industrial Ethernet	Bus, estrella, Daisy-Chain	Coaxial delgado, Par trenzado, fibra coaxial gruesa (raro)	1024 nodos, expandible a más vía ruteadores	Thin: 185m 10 Base T (par trenzado): Max 100m long (90 m cable horiz, 5m drops, 1m patch) Max 4 hubs/repeat. entre nodos 4Km distancias c/s ruteadores Fiber: 100 Base FX 400m 2.5 Km multi mode c/s interruptores; 50 Km mono mode c/ Interruptores.
Modbus Plus	Línea	Par trenzado	32 nodos por segmento, 64 máx.	500m por segmento
Modbus RTU/ASCII	Línea, estrella, árbol Red c/ segmentos	Par trenzado	250 nodos por segmento	350m
Remote I/O	Linear Trunk	Twinaxial	32 nodos / segmento	6 km
DH+	Linear Trunk	Twinaxial	64 nodos / segmento	3 km

En la tabla 2.4 se comparan los mecanismos de transporte que incluye los métodos de comunicación, las propiedades de la transmisión, el tamaño de los datos transferidos, los métodos de control de acceso, la revisión de errores y el tipo de diagnóstico que realiza.

Tabla 2.4 Comparación de los mecanismos de transporte de algunos buses de campo [29].

Nombre del Bus de campo	Métodos de comunicación	Propiedades de Transmisión	Tamaño de datos transferido	Método de Control de acceso	Revisión de error	Diagnósticos
PROFIBUS DP/PA	Maestro esclavo Punto a Punto.	DP: 9.6, 19.2, 93.75, 187.5, 500 Kbps, 1.5, 3, 6, 12 Mbps, PA: 31.25 kbps	0-244 bytes	Paso de testigo	HD4 CRC	Estación, módulo y canales de diagnóstico
INTERBUS-S	Maestro Esclavo con total marco de transferencia	500kBits/s, full duplex	1-64 Bytes de datos, 246 parámetros de Bytes, 512 bytes h.s., bloques ilimitados	No	16-bit CRC	Localización de segmentos de errores CRC y rotura de cable.
DeviceNet	Maestro Esclavo, Multi maestro, punto a punto	500 kbps, 250 kbps, 125 kbps	8-byte de mensaje variable, con fragmentación en bloques grandes.	Sensor de carrera acceso múltiple c/ decisión no destructiva	CRC check	Bus monitoreado
ARCNET	Punto a punto	19.53K to 10M	0 to 507 bytes	Paso de testigo	16-bit CRC	Arqu en recon., en capa Datalink
AS-I	Maestro esclavo con poleo cíclico	Aliment y datos, resistencia EMI	31 esclavos con 4 entradas y 4 salidas	Maestro esclavo con poleo cíclico.	Código Manchester, hamming-2	Falla en esclavos y dispositivos.
Foundation Fieldbus H1	Cliente / servidor public/ suscrip, notif. de eventos	.25 kbps	128 octetos	Programación, múltiple backup	16-bit CRC	Diag. remoto, monit. de redes, status de parám.
Foundation Fieldbus HSE	Cliente/Servidor, Publicador/Suscriptor, Notificación evento	100Mbps	Varios, utiliza estándar TCP/IP	CSMA/CD	CRC	
IEC/ISA SP50 Fieldbus	Cliente/servidor Publicador/subscriptor	31.25 kbps IS+1, 2.6, 5 Mbps	64 octetos alta & 256 baja prioridad	Programación, tokens, o maestro	16-bit CRC	Conf. en admón. de red
WorldFIP	Punto a punto	31.25 kbps, 1 & 2.5 Mbps, 6 Mbps fiber	Ilimitado, variables 128 bytes	Decisión centralizada.	16-bit CRC, data "freshness" indicator	Device message time-out, redundant cabling
LonWorks	Maestro/ esclavo, punto a punto,	1.25 Mbs full duplex	228 bytes	Carrier Sense, Multiple Access	16-bit CRC	B. de datos errores CRC y error de dispositivos.
SDS	Maestro/ esclavo, punto a punto, multi-cast, multi-maestro	1Mbps, 500 kbps, 250 kbps, 125 kbps	8-byte mensaje variable	Sensor de carrera acceso múltiple c/ decisión no destructiva	Revisión CRC	Bus monitoreado
ControlNet	Productor / Consum, Device Object Model	5 Mbps	0-510 bytes variables	CTDMA Time Slice Multiple Access	Modified CCITT with 16-bit Polynomial	ID para nodos duple., Disposit. y falla en esclavos
CANopen	Maestro/ esclavo, punto a punto,, multi-cast, multi-maestro	10K, 20K, 50K, 125K, 250K, 500K, 800K, 1Mbps	8-byte variable message	Sensor de carrera acceso múltiple c/ decisión no destructiva	15 Bit CRC	Control de errores & mensajes de emergencia
Industrial Ethernet	punto a punto	10, 100Mbps	46-1500 Bytes	CSMA/CD	CRC 32	
Modbus RTU/ASCII	Maestro/ esclavo,	300 bps - 38.4Kbps	0-254 Bytes			
Remote I/O	Maestro/ esclavo,	57.6 - 230 kbps	128 Bytes		CRC 16	No
DH+	Multi-Maest, Pto- Pto	57.6 kbps	180 Bytes			No

Finalmente en la tabla 2.5 se muestra el comparativo de las características de desempeño de los buses, en el que se compara el tiempo de respuesta en condiciones similares, es decir, con una serie de dispositivos y tamaño de datos para verificar su velocidad de respuesta y transmisión.

Tabla 2.5 Comparación sobre las características de desempeño de algunos buses de campo [29].

Nombre del Bus de Campo	Tiempo de ciclo: 256 Discreto 16 nodos con 16 E/Ss	Tiempo de ciclo: 128 Análogas 16 nodos con 8 E / Ss	Transferencia de bloques de 128 bytes 1 nodo
PROFIBUS DP/PA	Depende de la configuración typ <2ms	Depende de la configuración typ <2ms	No disponible
INTERBUS-S	1.8 ms	7.4 ms	140 ms
DeviceNet	2.0 ms Poleo Maestro esclavo	10 ms poleo Maestro-esclavo	4.2 ms
ARCNET	Depende de la capa de aplicación	Depende de la capa de aplicación	Depende de la capa de aplicación
AS-I	4.7 ms	no posible	No posible
Foundation Fieldbus H1	<100 ms típico	<600 ms típico	36 ms @ 31.25k
Foundation Fieldbus HSE	No aplica; retardo <5ms	No Aplica; retardo <5ms	<1ms
IEC/ISA SP50	Depende de la configuración	Depende de la configuración	0.2 ms @ 5 Mbps 1.0 ms @ 1 Mbps
Seriplex	1.32 ms @ 200 kbps, m/s	10.4 ms	10.4 ms
WorldFIP	2 ms @ 1 Mbps	5 ms @ 1 Mbps	5 ms @ 1 Mbps
LonWorks	20 ms	5 ms @ 1 Mbps	5 ms @ 1 Mbps
SDS	<1 ms, event driven	5 ms polling @ 1 Mbps	2 ms @ 1 Mbps
ControlNet	<0.5 ms	<0.5 ms	<0.5 ms
CANopen	<1 ms	5 ms polling @ 1 Mbps	<2.5 ms
Industrial Ethernet	Depende de la capa de aplicación	Depende de la capa de aplicación	Depende de la capa de aplicación
Modbus Plus			
Modbus RTU/ASCII			
Remote I/O	12msec @230, 40 msec @57.6 bus cycle time		
DH+			

2.3 BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ASi.

El bus AS-Interface es una red estándar de mercado, robusta y suficientemente flexible, que cumple con todos los requerimientos para un bus de comunicación industrial. Está especialmente diseñada para el nivel “más bajo” del proceso de control. La red AS-Interface representa “los ojos y los oídos” para el control del proceso, pero utilizando técnicas de comunicación industrial.

2.3.1 HISTORIA Y APLICACIONES

ASi es un sistema estandarizado, independiente del fabricante, sin bus específico de una marca, compatible con el campo gracias a su máxima resistencia a interferencias eléctricas, este bus permite acoplamiento de los elementos en lugares indistintos mediante uniones mecánicas. Es producto de un proyecto iniciado en 1990 por un consorcio compuesto por 11 empresas fabricantes de sensores y actuadores.

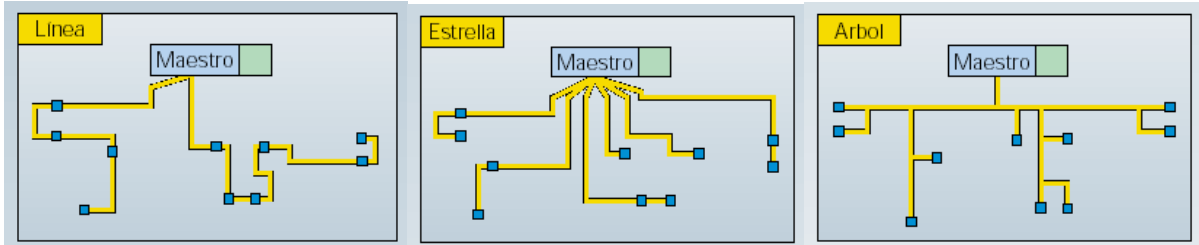
La red ASi se ha creado como un sistema maestro simple, utilizando la técnica de poleo cíclico, la velocidad de lectura es de 5 ms. Esto quiere decir que sólo existe un maestro en toda la red. Este maestro consulta y actualiza los datos de todos los esclavos de la red, empleando para ello un tiempo fijo.

A diferencia con otros sistemas de bus más complejos, la red ASi se configura de forma automática, el usuario no necesita realizar ningún ajuste, como por ejemplo, derechos de acceso, velocidad de red, tipo de telegrama, etc., con ASi se pueden conectar señales de proceso digitales y analógicas, representa la interfase universal entre el nivel de control superior (PLC) y el nivel de control inferior (actuadores y sensores). [30]

2.3.2 TOPOLOGÍAS DE RED DEL BUS DE COMUNICACIÓN ASi.

La red AS-Interface se puede montar como una instalación eléctrica estándar. Gracias al robusto principio de funcionamiento sobre el que se asienta, no hay limitaciones en cuanto a la estructura (topología de red). La red AS-Interface se puede montar en árbol, línea o estrella, como se puede observar en la figura 2.3.

Fig. 2.3 Topología en línea, estrella o árbol.



2.3.3 COMPONENTES DEL BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ASi.

Los componentes básicos de la red ASi son:

1. Maestro ASi
2. Esclavos
3. Cable ASi
4. Fuente de alimentación

1.- El maestro ASi.

El maestro de AS-Interface es el que se encarga de recoger los datos de la red y enviárselos al PLC correspondiente, y viceversa. Él mismo organiza el tráfico de datos en el cable AS-Interface y, en caso necesario, pone los datos de los sensores y actuadores a disposición del PLC o de un sistema de bus superior (por ejemplo, PROFIBUS), a través de las denominadas pasarelas DP/AS-Interface. También transmite parámetros de configuración a los esclavos, supervisa la red constantemente y suministrar datos de diagnóstico.

El maestro ejecuta todas sus funciones de manera automática. Además se encarga de realizar el diagnóstico de todo el sistema, reconoce las fallas en cualquier punto de la red, indica el tipo de fallo y determina qué esclavo lo originó.

Fig. 2.4 Ejemplo de un maestro de AS-Interface: CP342-2 para SIMATIC S7-300



2.- Esclavos

Los esclavos pueden ser módulos de E/S descentralizados, conectados con el programa de control del PLC. El esclavo de AS-Interface reconoce los bits de datos enviados por el maestro y le devuelve sus propios datos. Hay esclavos de AS-Interface de todos los tipos posibles: Módulos normales (módulos digitales, módulos analógicos, módulos neumáticos, etc.) o módulos inteligentes (arrancadores de motor, columnas de señalización, botoneras, etc.). En la figura 2.5 se muestra un arrancador de motor. Es interesante notar que los motores se pueden arrancar y proteger dentro de la red, directamente en campo; este ejemplo permite conocer la versatilidad de los esclavos en la red ASi.

Fig. 2.5 El arrancador de motor dentro la red AS-Interface.



3.- Cable ASi

El cable AS-i se ha diseñado como cable bifilar engomado, el perfil especial impide que se puedan conectar estaciones con la polaridad incorrecta. El cable plano amarillo es el estándar, su geometría es fija y asimétrica, se encarga de transmitir los datos de toda la red y la alimentación a los sensores conectados en la misma. Para los actuadores se necesita una alimentación auxiliar (tensión auxiliar de 24 V DC o 230 V AC), para el cable de alimentación auxiliar a 24 V DC se utiliza un cable de color negro, y para el cable de alimentación auxiliar a 230 V AC se utiliza el mismo cable pero en color rojo [27].

No es necesario cortar, pelar ni atornillar el cable. Para este tipo de conexión se dispone de módulos de acoplamiento en técnica de perforación de aislamiento. El cable ASi es auto cicatrizante. Esto significa que los agujeros producidos por las cuchillas de contacto en el revestimiento de goma del cable se cierran por sí mismos, restableciendo el grado de protección IP67, en el que IP significa *Internal Protección*, y el 6 se refiere a la protección contra partículas

sólidas y el 7 a la protección contra fluidos. En caso de montaje del cable en un módulo ASi, el propio cable hermetiza el orificio de entrada.

Fig. 2.6 Cable ASi

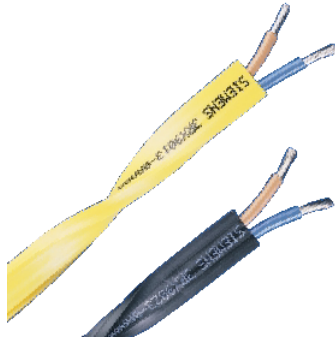
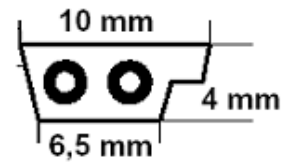


Fig. 2.7 Perfil del cable ASi



4.- Fuente de alimentación

La fuente de alimentación para la red AS-Interface suministra una tensión entre 29,5 V DC y 31,6 V DC. Utiliza el acoplamiento integrado de datos y alimentación, es decir, permite transmitir datos y suministra energía a los sensores conectados en la red. Para ello, los datos transmitidos en la red AS-Interface se envían en forma de impulsos, también se encarga de modular la tensión continua en la red. Las salidas de la red se alimentan a través del cable negro perfilado. Para este cable se puede utilizar una fuente de alimentación normal de 24 V DC que cumpla con la especificación PELV (cable de protección a tierra).

Fig. 2.8 Fuente de alimentación para AS-Interface



Componentes adicionales:

Existen algunos componentes adicionales en la red ASi tales como:

- 1.- Repetidores
- 2.- Extensores
- 3.- Pasarelas
- 4.- Dispositivo direccionador

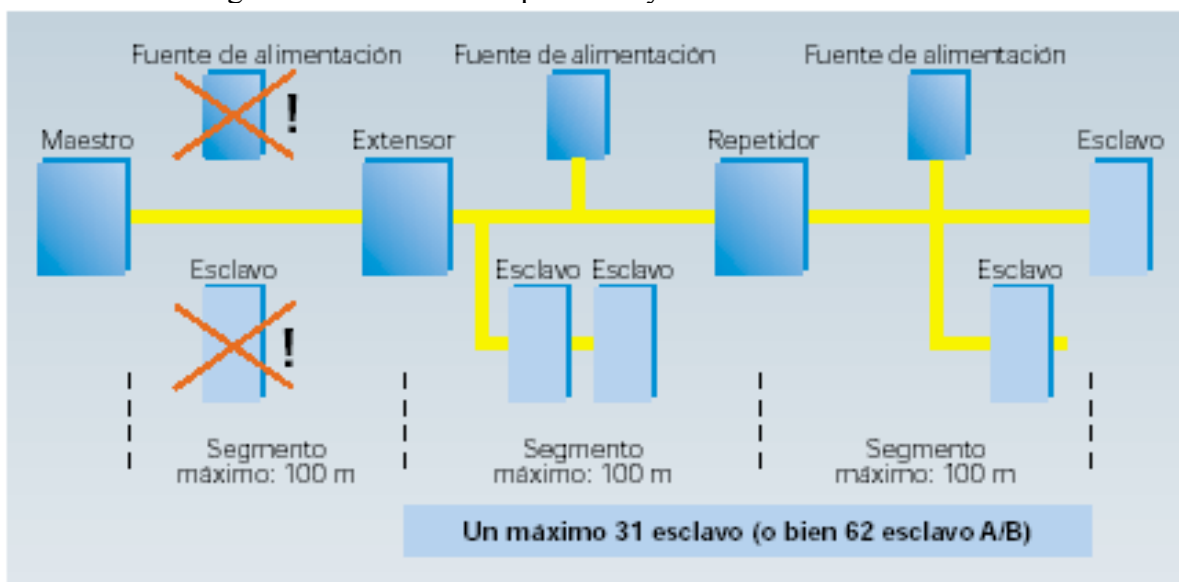
1. Repetidores

La red AS-Interface funciona sin problemas hasta una longitud de 300 metros (sin repetidor hasta 100 metros). En caso de que la instalación necesite más de 100 metros, se puede ampliar la red con 2 repetidores en serie hasta un máximo de 300 metros, 100 metros por cada nuevo segmento. El repetidor trabaja como un amplificador de señal. Los esclavos se pueden conectar en cada uno de los 3 segmentos de la red AS-Interface. Cada segmento necesita su propia fuente de alimentación.

2. Extensores

El cable de AS-Interface se puede ampliar por medio de un extensor más un repetidor. En esta configuración (PLC – Extensor – Repetidor) no se puede conectar ningún esclavo entre el PLC y el extensor, pero tampoco se necesita ninguna fuente de alimentación en este segmento. Por eso, los extensores son recomendables cuando se requiere una gran distancia (pero siempre menos de 300 metros) entre la instalación y el armario de distribución donde está conectado el PLC.

Fig. 2.9 Utilización de repetidores y extensores en la red ASi.

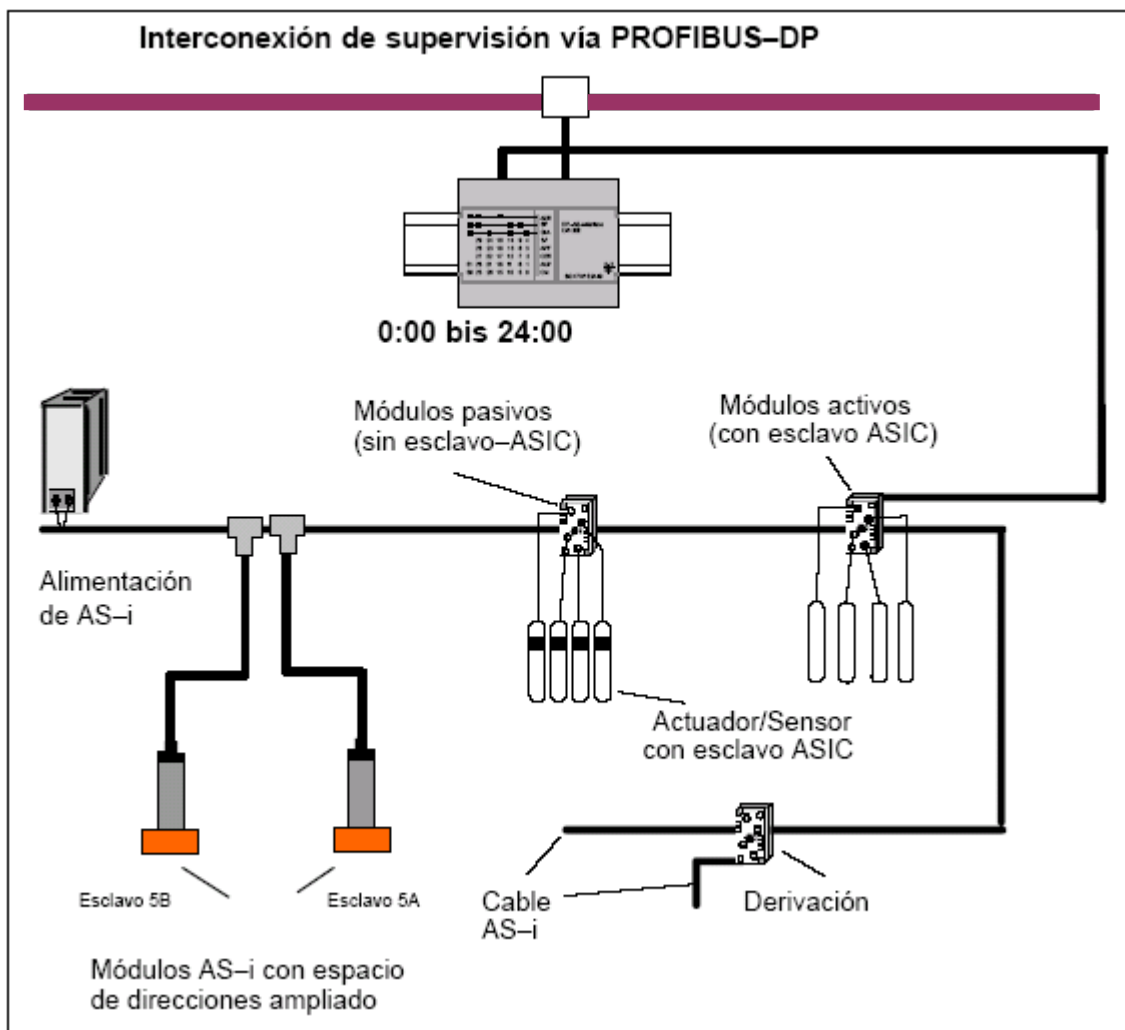


3. Pasarelas

Si se tienen estructuras de automatización complejas, la red AS-Interface se puede conectar a un sistema de bus superior (por ejemplo, PROFIBUS).

Para esto se necesita una pasarela, por ejemplo el DP/AS-i-Link 20E de Siemens, la cual funciona como maestro de AS-Interface, pero como esclavo del sistema de bus superior. La red AS-Interface se encarga de suministrar sus señales binarias al sistema de bus superior para su posterior tratamiento en el programa de PLC. En la figura 2.10 se muestra un panorama de la aplicación de la pasarela mencionada, se puede observar como esclavo DP y a la vez maestro de ASi.

Fig. 2.10 Ejemplo de conexión de la pasarela DP ASi.



4. Dispositivo direccionador.

Las direcciones de todos los participantes hay que asignarlas antes de poner en servicio la red AS-Interface. Esto se puede realizar en modo OFFLINE con la ayuda de un dispositivo de programación, o en modo ONLINE por medio del programa del PLC de la CPU del maestro. En algunos esclavos, también se puede realizar después de su montaje en la red, por medio del conector de direccionamiento que llevan integrado.

Las direcciones de esclavo pueden tener un valor entre 1 y 31 (o entre 1A y 31A, y 1B y 31B, en caso de utilizar el perfil ampliado ASi 2.1). Cualquier esclavo nuevo, tiene por defecto la dirección 0. El maestro reconoce esta dirección y no lo incluye en el proceso de comunicación normal.

La asignación de las direcciones es totalmente libre. Da absolutamente lo mismo si un esclavo posee la dirección 21 o la 28. También es indiferente el orden de los esclavos en la red. Al esclavo con dirección 21 le puede seguir el esclavo con dirección 22 o con dirección 30, por ejemplo.

Fig. 2.11 Direccionador ASInterface.



2.3.4. SISTEMAS DE SEGURIDAD EN EL BUS DE COMUNICACIÓN AS-INTERFACE.

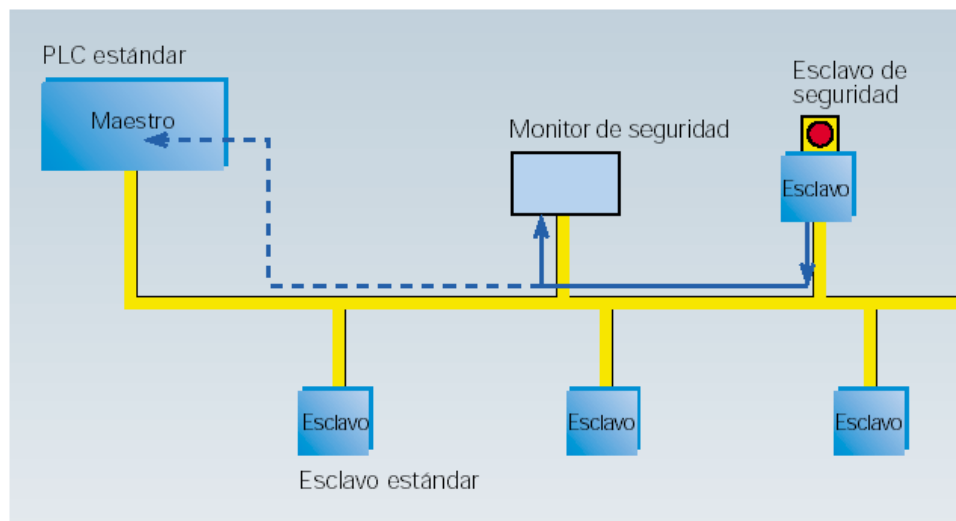
Existen también los esclavos seguros y el llamado monitor de seguridad, que se utilizan en la misma red ASi, el maestro trata a los esclavos de seguridad como a cualquier otro esclavo normal, y los conecta a la red como a un esclavo más.

El protocolo de transmisión y el cable estándar de ASi es tan robusto, que también es adecuado para transmitir los telegramas de seguridad, esto se consigue gracias a una transmisión adicional de señales entre los esclavos seguros y el monitor de seguridad. El monitor de seguridad “espera” de cada esclavo de seguridad un telegrama de 4 bits, que cambia constantemente según un determinado algoritmo, al producirse una perturbación como una rotura del cable, este telegrama no se envía al monitor de seguridad o envía constantemente grupos de 4 ceros. En este momento el monitor de seguridad reconoce el fallo, y activa la salida conectada al elemento de seguridad en menos de 45 ms; la instalación se encuentra ahora en estado seguro, y se envía un aviso al maestro para que reconozca este estado. El sistema puede ser utilizado en aplicaciones que necesiten categoría 4 de seguridad, según la norma EN 954-1 [45]; que es el máximo nivel de seguridad certificado por los organismos TÜV y BGIA.

BGIA es el Instituto para la Investigación y Prueba del Berufsgenossenschaften Alemán (BG), las instituciones para la normatividad de seguridad y prevención de accidentes en Alemania [46].

TÜV es la normatividad avalada por **TÜV Rheinland Group que proporciona** servicios de inspección, control, auditoría técnica y certificación en todos los ámbitos: calidad, medio ambiente, prevención de riesgos laborales, seguridad industrial, alimenticia, instalaciones y obra civil, incluyendo seguridad vial [47].

Fig. 2.12 Monitor de seguridad y esclavos de seguridad en ASInteface.



2.4 INTERFASE DE COMUNICACIÓN MPI

Multi Point Interface (MPI) es la interfase de comunicación y programación estándar de las CPU's de SIEMENS. Al momento de crear un proyecto en el software STEP7, automáticamente se genera un objeto de la interfase multipunto (MPI), el cual se puede ver inmediatamente en la parte derecha antes de insertar cualquier dispositivo, como se muestra en la figura siguiente.



2.4.1 CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LA INTERFASE MPI

Una de las prestaciones más valiosas de esta interfase MPI es la de establecer la conexión de dispositivos de manera simultánea, significa que pueden operar en paralelo, por ejemplo, un dispositivo de programación, un dispositivo WinCC y acoplarlos a otro PLC. Esta posibilidad de conectar dispositivos en forma simultánea depende de la capacidad de la CPU del PLC, es decir, de los canales de conexión del dispositivo, por ejemplo la CPU 314 cuenta con 4 conexiones activas por nodo.

Las características más importantes de la interfase MPI son:

- RS 485
- 187.5 Kbaudios
- Distancia hasta de 50 m (entre el primer y el último nodo) y para los repetidores.
- Componentes, cable y conectores de PROFIBUS

La interfase MPI sólo permite que una PC o PG, los cuales son dispositivos de programación de las estaciones que integran la red, tenga el acceso a la vez. Las direcciones MPI de la red se disponen de la siguiente manera:

Tabla 2.6 Direcciones en MPI

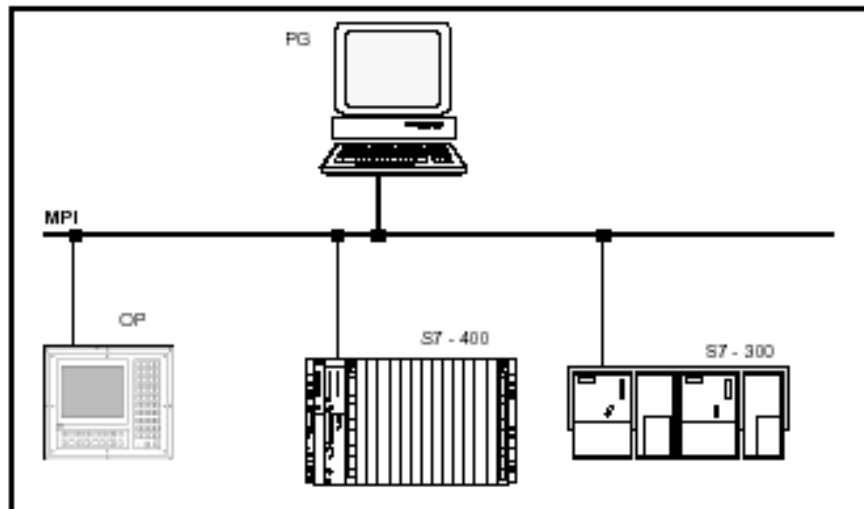
Dirección	Dispositivo	Descripción
0	OP	Panel de Operación
1	PC / PG	PC o Dispositivo Programador
2 hasta 31	CPU	PLC's

Las direcciones 0 y 1 están reservadas como direcciones fijas y no se programan, sin embargo, si se conectan dos PC de manera simultánea en la red, esta falla, a menos de de manera directa se configure la dirección de la otra PC en la dirección 0.

En la figura 2.13 se puede observar un ejemplo de la subred MPI, en esta se conectan dispositivos tales como:

- El **PG** es un dispositivo programable para los productos de la familia SIMATIC de Siemens AG, usado para programación, configuración, mantenimiento y para servicio, como ya se mencionó esta también puede ser una PC.
- El **CP** es un procesador de comunicaciones, también llamado módulo de comunicación para la instalación en una computadora o en un programador lógico programable.
- **S7-300** y **S7-400**, representa dos de las líneas de controladores lógicos programables de la familia SIMATIC, se usan en aplicaciones más complejas que necesitan de un mayor número de entradas-salidas. Ambos son modulares y ampliables. La fuente de alimentación y las entradas-salidas consisten en módulos independientes conectados a la CPU.

Figura 2.13 Ejemplo de una subred MPI



2.4.2 COMUNICACIÓN POR DATOS GLOBALES (GD)

Las CPU's S7 tienen integradas en el sistema operativo funciones de comunicación simples como la "comunicación por GD". De esta forma una CPU puede intercambiar datos con otras CPU's a través del interface MPI sin necesidad de programación. El intercambio cíclico de los datos tiene lugar en el punto de control del ciclo cuando se produce el traspaso de la imagen normal del proceso, la información se maneja en bloques de pequeñas cantidades, de hasta 22 bytes para el caso del PLC S7-300.

En la tabla de datos globales es posible registrar hasta 15 estaciones diferentes (CPU S7-300/400). La comunicación por datos globales no precisa recursos de enlace en las CPU's S7-300/400. En la comunicación por datos globales, una CPU S7-300/400 envía simultáneamente datos a todas las CPU's S7-300/400 conectadas a mismo tiempo a la subred MPI.

El tiempo de respuesta depende del ciclo del programa de usuario y vale un múltiplo n (factor de ciclo GD) del mismo. El tiempo de reacción puede calcularse aproximadamente con la fórmula siguiente:

$$T_{\text{máx.}} = \text{cicloemisor} * \text{factor cicloemisor} + \text{ciclореceptor} + \text{MPI}n^{\circ} \text{ estaciones}$$

Donde el *cicloemisor* y el *ciclореceptor* depende de la velocidad de transferencia de cada dispositivo en la subred, y el factor ciclo emisor depende del programa del usuario.

Se entiende bajo datos globales (comunes) las entradas, salidas, marcas, temporizadores, contadores o áreas en bloques de datos que se intercambian vía MPI entre dos o más CPU's S7-300/400.

La comunicación por datos globales no se programa sino que se configura (barra de menú: *Subred MPI -> Definir datos globales*). Con STEP 7 se crea una tabla de datos globales que define la configuración para el intercambio de datos. Todas las CPU's S7-300/400 deberán estar en el mismo proyecto STEP 7. En la tabla de datos globales se registra:

- Qué CPUs deben intercambiar datos en la subred MPI
- Qué datos deben emitirse/recibirse
- La longitud de un objeto GD indicada en bytes, palabras, palabras dobles o, en caso de áreas más grandes, mediante la dirección inicial y la longitud en bytes (p. ej. MW30:8).

Opcionalmente es posible definir:

- Un factor de ciclo que especifica tras cuántos ciclos de programa deben emitirse / recibirse los datos; y
- Un área de datos para las informaciones de estado.

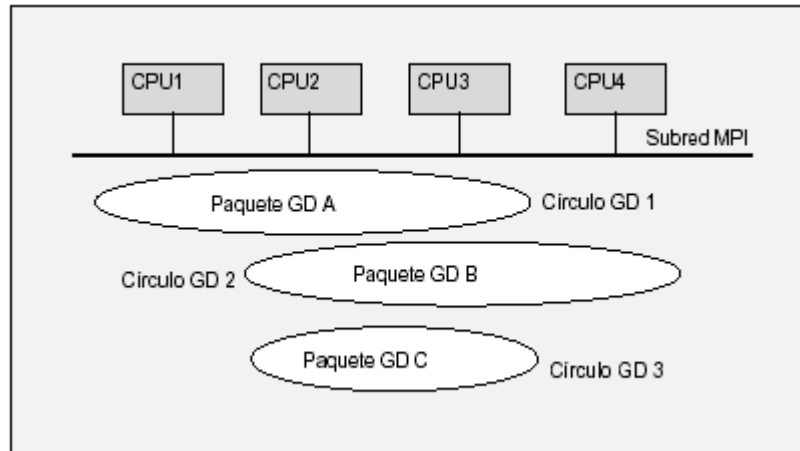
La CPU envía los datos globales al final de un ciclo y los lee al comienzo del mismo. El factor de ciclo que se define en la tabla de datos globales permite especificar tras cuántos ciclos debe realizarse el envío o recepción de los datos.

Todos los datos globales que van del mismo emisor al mismo receptor se agrupan en un paquete GD. Este se envía dentro de un telegrama. El paquete GD se identifica por un número de paquete GD. Si se supera la longitud máxima de un paquete GD de emisión, se utiliza un nuevo círculo GD.

Las CPU's que participan en el intercambio de datos de un determinado paquete GD forman un círculo GD. Si en una subred MPI hay otras CPU's que intercambian otros paquetes GD, éstas

forman un segundo círculo GD. Varios círculos pueden acceder a la misma CPU, es decir tiene la capacidad de pertenecer a varios círculos GD, como se muestra en la figura 2.14.

Fig. 2.14 Ejemplo del círculo GD y de paquete GD



2.5 BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PROFIBUS

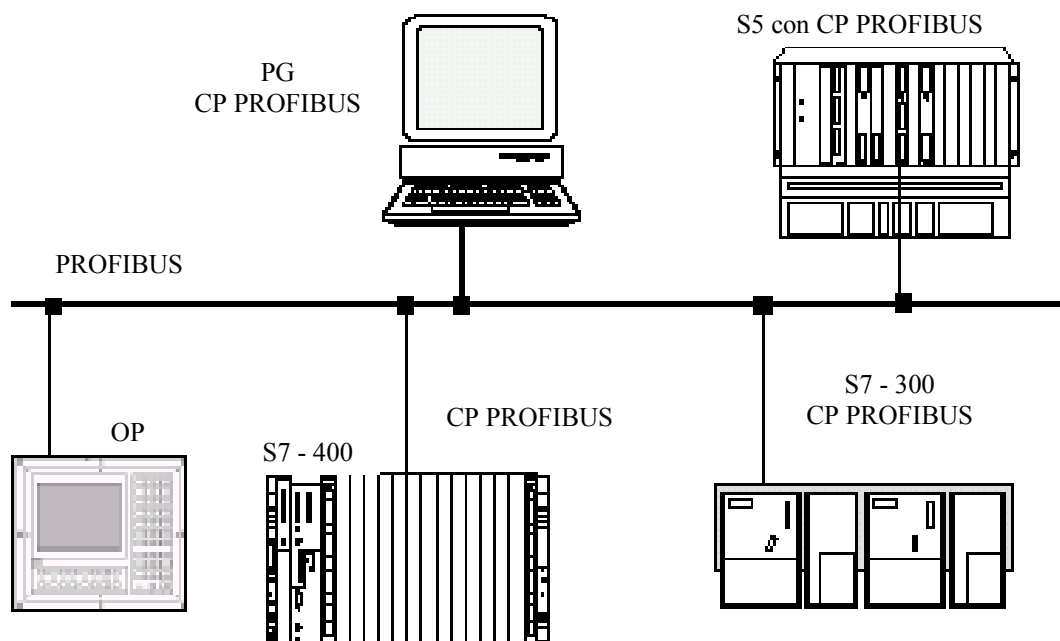
El bus de comunicación PROFIBUS (Process Field Bus), es el sistema de comunicación a nivel de proceso mas utilizado en el mundo, con más de 10 millones de dispositivos conectados en las diferentes variantes del protocolo.

2.5.1 HISTORIA Y APLICACIONES

La base de especificación del estándar PROFIBUS fue un proyecto de investigación (1987-1990) llevado a cabo por los siguientes participantes: ABB, AEG, Bosch, Honeywell, Moeller, Landis & Gyr, Phoenix Contact, Rheinmetall, RMP, Sauter-cumulus, Schleicher, Siemens y cinco institutos alemanes de investigación. Hubo además un pequeño patrocinio por parte del gobierno alemán. El resultado de este proyecto fue el primer borrador de la norma DIN 19245, el estándar PROFIBUS, posteriormente en 1993 fue definida PROFIBUS-DP, el cual se señala como el bus con más futuro en el campo de los procesos industriales [35].

Este protocolo permite la comunicación de una gran variedad de equipos que van desde PC's y PLC's hasta robots, pasando por todo tipo de elementos de campo, gracias a las posibilidades que ofrece PROFIBUS (FMS, DP y PA, etc).

Fig. 2.15 Ejemplo de una subred PROFIBUS



2.5.2 CARACTERÍSTICAS DE PROFIBUS

PROFIBUS es la red para los niveles de célula y campo. Se utiliza para transmitir cantidades de datos desde pequeñas hasta cantidades medias. Físicamente, PROFIBUS es una red eléctrica cuyas características son:

- Cable a dos hilos apantallado
- Red de fibra óptica
- Red de transmisión inalámbrica mediante infrarrojos
- Velocidad de la red: Desde 9,6 Kbit/s a 12 Mbit/s
- Podemos conectar a la red un máximo de 127 estaciones, y de éstas no puede haber más de 32 estaciones activas.

Para una red PROFIBUS se dispone de varios servicios de comunicación:

- Comunicación con PG/OP
- Protocolo S7
- Comunicación con equipos S5 (FDL)
- Comunicación estándar (FMS)
- DP Periferia descentralizada

Hay dos métodos de acceso a la red, según queramos acceder a estaciones activas (método de paso de testigo), o a estaciones pasivas (método maestro-esclavo) [31].

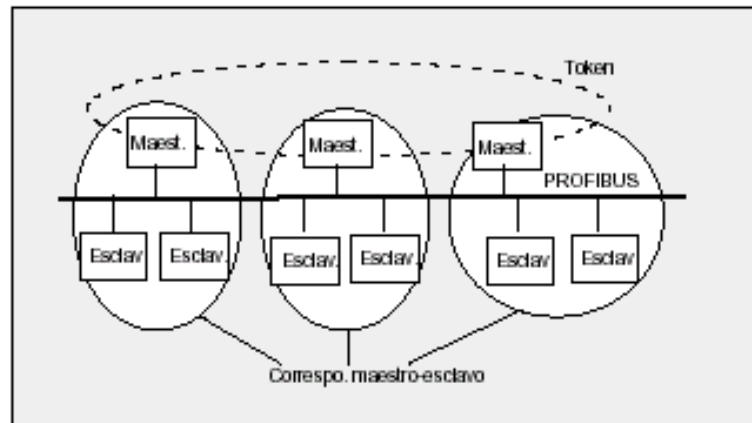
1 Método Paso de testigo:

El permiso de acceso al medio (el "Token" o testigo) se pasa de una estación activa a otra de acuerdo al orden definido en el anillo lógico. Si una estación ha recibido el *token* (a ella direccionado), entonces tiene permiso para emitir telegramas. El tiempo está prescrito por el denominado tiempo de retención del *token*. Si ha transcurrido éste, la estación sólo puede enviar un mensaje de alta prioridad. Si la estación no tiene ningún mensaje que enviar, entonces pasa el *token* directamente a la estación que le sigue en el anillo lógico. Los temporizadores de *token* correspondientes ("máx. *Token Holding Time*" etc.), se configuran para todas las estaciones activas. Las estaciones pasivas no reciben nunca el *token*. El método de acceso permite incluir o retirar estaciones durante el funcionamiento.

2 Método Maestro Esclavo.

Este método se describirá más detalladamente en el siguiente apartado 2.5.4 que se refiere a PROFIBUS DP.

Fig. 2.16 Esquema del método de acceso PROFIBUS



2.5.3 COMPONENTES DEL BUS DE COMUNICACIÓN PROFIBUS.

Los componentes básicos de una red PROFFIBUS son el software de configuración y programación, el maestro, los esclavos, el cable y los conectores.

Requisitos de Software:

Para PROFIBUS en SIEMENS, que también se utiliza para MPI los requerimientos son:

- Al menos STEP7 V5.0+SP1, pero se recomienda **STEP7 V5.0+SP3** o superior.
- Para las tarjetas Sofnet PROFIBUS (**CP 5411 (ISA)**, **CP 5511 (PCM CIA)**, **CP 5611 (PCI)**, **CP 5611 (on board)**) no se necesitan drivers adicionales, ya se suministran con STEP7.
- Para las tarjetas Hardnet PROFIBUS (**CP 5412(A2) (ISA)**, **CP 5613/5614 (PCI)**) son imprescindibles los drivers del SIMATIC NET CD de Noviembre del 99.

Maestro

El maestro PROFIBUS también llamado estación activa, es el encargado de la emisión de mensajes a los esclavos en la red, tiene acceso a los esclavos que tiene asignados y recibe los datos de estado de los mismos [6].

En la figura 2.17 se muestran los productos de Siemens para la comunicación PROFIBUS, en dicha tabla **Sistema** representa la familia de los dispositivos; **Módulos** se refiere a las tarjetas de comunicación, o los procesadores de comunicación; **Servicios** tiene que ver con el tipo de comunicación que permite; finalmente la **M** significa Maestro y la **S** significa esclavo [37].

Fig. 2.17 Productos Siemens para la PROFIBUS

Sistema	Módulos	Servicios
S5 95U	CPU 95U	FDL, DP (M o S)*)
S5 115/135/ 155U	CP 5431 IM 308-B/C	FMS, FDL, DP (M) DP (M o S)
S7-200	CPU 215	DP (S)
S7-300	CPU 315-2 DP CP 342-5 CP 343-5	DP (M o S) Funciones S7, FDL, DP (M o S) Funciones S7, FDL, FMS
S7-400	CPU 413-2 DP CPU 414-2 DP CPU 416-2 DP IM 467 CP 443-5 Basic CP 443-5 Extended	DP (M) DP (M) DP (M) DP (M o S), (M u S) Funciones S7, FDL, FMS Funciones S7, FDL, DP (M o S)
M7-300/400	Módulo IFM	Funciones S7, DP (M o S)
C7	CPU 626-DP	DP
OP	OP 5, OP 7, OP 15, OP 17; OP 25, OP 35, OP 37	Funciones S7 Funciones S7 Funciones S7
PC/PG	CP 5412 A2 (ISA) CP 5411 (ISA) CP 5511 (PCMCIA) CP 5611 (PCI)	Funciones S7, FDL, FMS, DP (M) ¹⁾ Funciones S7, FDL, DP (M) ²⁾ Funciones S7, FDL, DP (M) ²⁾ Funciones S7

Esclavo

Existen dos tipos de esclavos, los activos y los pasivos, para una red PROFIBUS el número de esclavos activos no debe exceder a los 32, y el número de esclavos pasivos no debe ser mayor de 127, siendo este número el máximo de esclavos permitidos en la red [6].

En el caso de SIEMENS el S7200 puede ser un esclavo DP, así como la pasarela DP ASi link 20E, que a su vez es un maestro ASi en la red.

Los **Esclavos activos** son aquellos dispositivos que pueden tomar decisiones en base a un programa colocado en su memoria, como por ejemplo el PLC S7-300 puede ser un esclavo DP y a su vez mantener un programa propio.

Los **esclavos pasivos** son los dispositivos que solo sirven de vínculo entre el maestro y los elementos que están conectados a estos, por ejemplo la pasarela DP ASi Link 20E de Siemens, permite al maestro acceder a las salidas y conocer los estados de los sensores conectados a la red ASi.

Cable

El cable de bus 6XV1 830-0AH10 es el cable de bus estándar para redes SIMATIC NET PROFIBUS. Cumple los requisitos de la EN 50170, tipo de cable A, con conductores de Cu

macizos (AWG 22). El cable de bus ha sido concebido para el tendido fijo por el interior de edificios o en un entorno protegido de los agentes climáticos (cableado “Inhouse”).

La combinación del trenzado de conductores, el apantallamiento de lámina y de la malla lo hace especialmente apropiado para el tendido en entornos industriales con fuertes interferencias electromagnéticas. La estructura garantiza además una gran confiabilidad de las propiedades eléctricas y mecánicas en estado tendido, que por medio de los elementos ciegos fortalece la estabilidad [36].

El cable de bus 6XV1 830-0AH10 está listado por UL.

Por los aditivos especiales del material de la vaina, este cable de bus:

- es difícilmente inflamable
- es autoextintor en caso de incendio
- es resistente al agua y al vapor de agua
- es limitadamente resistente a aceites minerales y grasas
- el material de la vaina está exento de halógenos.

En las figuras 2.18 y 2.19 puede apreciarse tanto el cable como la estructura del mismo.

Fig. 2.18 Estructura del cable PROFIBUS.

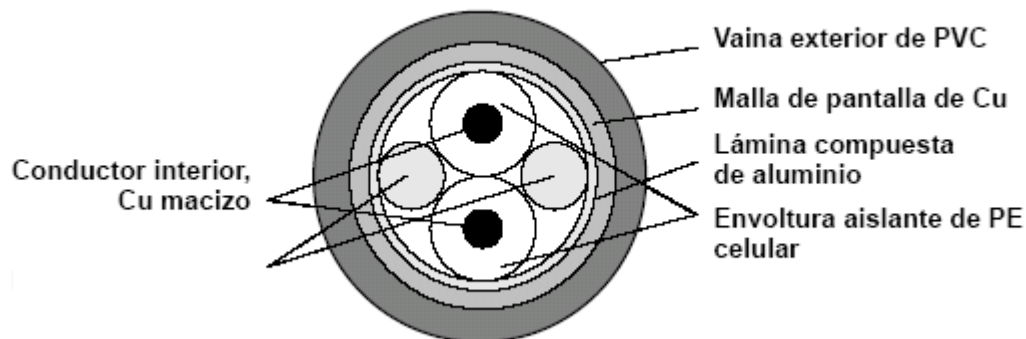


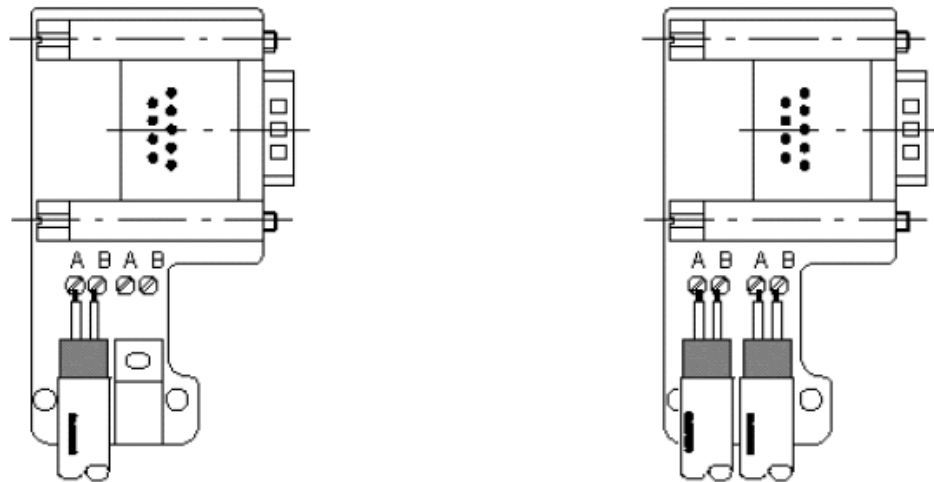
Fig. 2.19 Cable PROFIBUS



Conectores

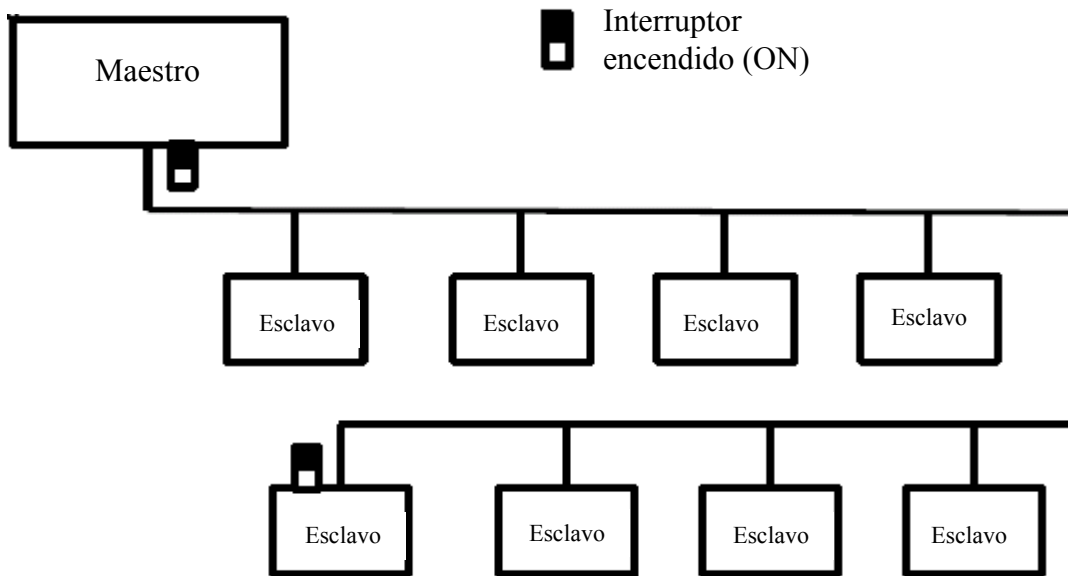
El conector de bus se utiliza para interconectar el cable de bus y la estación, el diseño del conector PROFIBUS asegura que las estaciones pueden ser conectadas y desconectadas de PROFIBUS cuando este está operando sin interferir con otras estaciones, esto lo puede observar en la figura 2.20. En la figura izquierda se muestra el conector de inicio y fin de la red mientras que la figura derecha muestra el conector como se utiliza para dispositivos en la parte intermedia, de manera que el dispositivo puede ser conectado y desconectado sin afectar el funcionamiento del bus.

Fig. 2. 20 Conectores PROFIBUS [36]



Para prevenir la interferencia entre los dispositivos, el apantallamiento del cable debe ser conectado a la tierra funcional del dispositivo, la conexión permanente y bien asegurada del conector a las estaciones tiene una mayor influencia en la operación libre de fallas de la planta. La calidad de la señal de datos en el bus es, principalmente, afectada por la interferencia inducida (si la hay) por el bus físico y por el correcto funcionamiento de la terminación en el cable del bus. Por tanto cada segmento debe ser terminado e iniciado debidamente, como se muestra en la figura 2.21.

Fig. 2.21 Estado de los interruptores en los conectores PROFIBUS [36].



2.5.4 VARIANTES DEL PROTOCOLO PROFIBUS

Existen diferentes variantes en el protocolo PROFIBUS, desarrollados en base a la necesidad de diversas aplicaciones, estas variantes son, PROFIBUS DP, PROFIBUS FMS, PROFIBUS PA, PROFINET, PROFIdrive y PROFIsafe. Cada una con características fundamentales similares pero con aplicaciones diversas. En el presente proyecto se proporciona información para ampliar un poco el panorama de la comunicación industrial, aunque el enfoque está en la configuración y programación de funciones básicas en el equipo con que se cuenta en el laboratorio y algunas aplicaciones mínimas. Para más información de las variantes de PROFIBUS puede referirse a las ligas mostradas en la bibliografía.

2.5.4.1 PROFIBUS DP

PROFIBUS-DP cumple los elevados requisitos de tiempo que se imponen para el intercambio de datos en el sector de la periferia descentralizada y los dispositivos de campo. La configuración DP típica tiene una estructura con un único maestro. La comunicación entre el maestro DP y el esclavo DP se efectúa según el principio maestro-esclavo. El maestro dirige todo el tráfico de datos en el bus, esto significa que los esclavos DP sólo pueden actuar en el bus tras solicitarlo el maestro. A tal efecto, los esclavos DP son activados sucesivamente por el maestro conforme a una lista de llamadas (lista de sondeo). Entre el maestro DP y el esclavo DP se intercambian los datos útiles continuamente (de forma cíclica), sin tener en consideración su contenido. A la periferia (la unidad ET 200) conectada a PROFIBUS como esclavo DP se accede como a cualquier otra unidad periférica situada en el módulo central o de ampliación. Es decir, es posible

acceder a los módulos periféricos directamente mediante instrucciones o durante la actualización de la imagen del proceso. Se puede hacer de 2 formas:

- 1.- A través de una CPU con puerto integrado.
- 2.- Mediante tarjeta de comunicaciones CP.

Velocidad: 12MBd, o si los esclavos no lo permiten, 1,5 MBd.

A un maestro DP (por ejemplo CPU) es posible conectar hasta un máximo de 127 estaciones esclavas PROFIBUS DP, dependiendo del CPU utilizado.

Requisitos hardware:

S7-200: Sólo puede ser esclavo de una red DP.

S7-300:

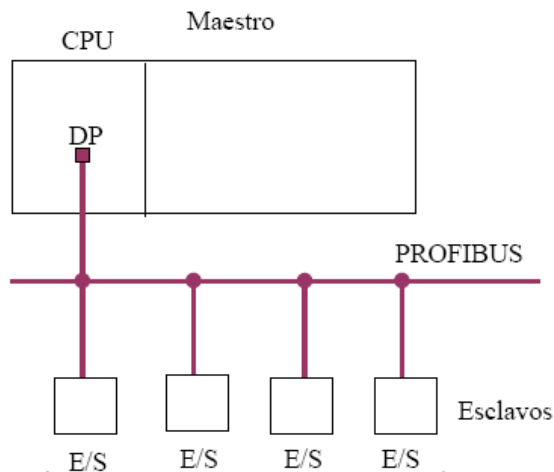
- CPU: 31X-2DP. Puertos: 1 MPI y 1 DP integrado. Por defecto está configurado como maestro, pero puede ser esclavo. Excepto: 318-2DP que sólo puede ser maestro.
- CP 342-5. Como puerto de comunicación para FMS

S7-400:

- CPU: 41X-DP (Sólo maestro). Si fuese 3DP: 1 puerto MPI, 1 puerto DP, 1 puerto configurable como MPI/DP.
- IM467: Módulo interface equivalente a un puerto DP, sólo maestro.
- CP 443-5 Extended, sólo maestro

En la periferia distribuida a través de puertos integrados en las CPU's como el caso de Siemens, se intercambian los datos entre el maestro DP y esclavos DP sencillos (módulos de E/S), a través del maestro DP. El maestro DP explora sucesivamente cada esclavo DP configurado en su lista de llamadas dentro del sistema maestro DP, transmitiendo los datos de salida o recibiendo de vuelta sus valores de entrada. Las direcciones E/S son asignadas automáticamente por el sistema de configuración. Esta configuración se denomina también sistema monomaestro, porque aquí hay conectados un solo maestro DP con sus respectivos esclavos DP a una red PROFIBUS-DP, en la figura 2.22 puede observarse esta configuración.

Fig. 2.22 Conexiones en una red PROFIBUS DP [31].



2.5.4.2 PROFIBUS FMS

PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification) ofrece servicios para la transferencia de datos estructurados (variables FMS). Hasta 237 bytes. El servicio FMS puede clasificarse en el nivel 7 del modelo de referencia ISO. Permite así una comunicación abierta con equipos de diferentes marcas [36].

Propiedades

Los servicios FMS permiten leer, inscribir y notificar las variables FMS a través de enlaces FMS, esta comunicación se realiza a través de puertos de comunicación como se muestra en la figura 2.23. El interlocutor confirma la recepción de los datos mediante un acuse de usuario, es decir la aplicación en el interlocutor remoto ha recibido correctamente los datos. La transmisión de los datos usando el servicio FMS se realiza exclusivamente a través de una red PROFIBUS

Requisitos hardware para equipos Siemens:

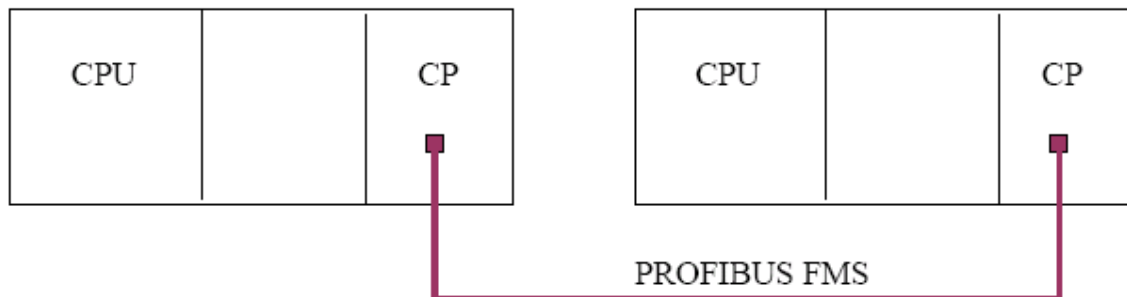
S7-300:

- CP343-5

S7-400:

- CP443-5 Basic

Fig. 2.23 Conexiones en un red PROFIBUS FMS [36].



2.5.3.3 PROFIBUS PA

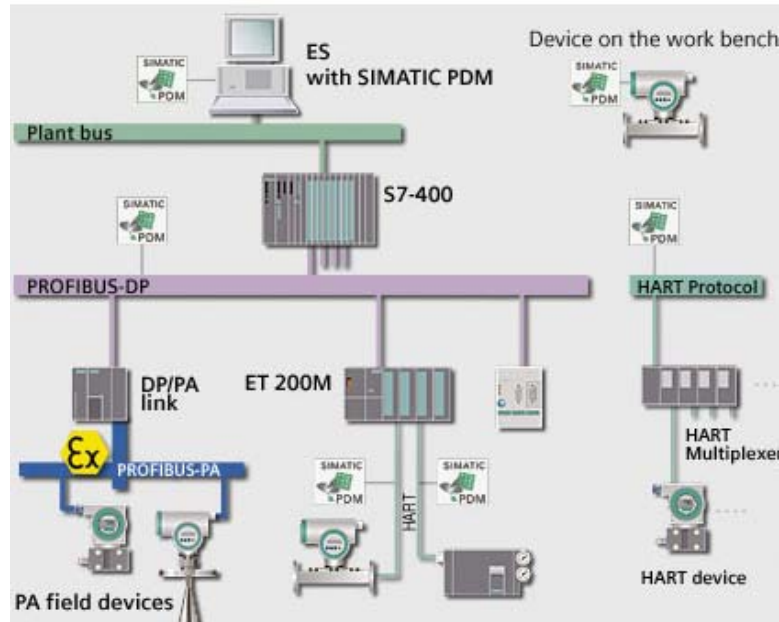
PROFIBUS PA fue explícitamente especificado para automatización de procesos, cumple las demandas de la industria química para el uso en áreas explosivas, uso en áreas en las que la alimentación eléctrica y la comunicación deben estar en el mismo cable, disponible en aplicaciones estandarizadas tipo (ya definidas). Cumple las normas NAMUR, que se compone de una serie de medidas y controles tecnológicos para la industria química.

Algunas características básicas de PROFIBUS PA son:

- Utiliza el protocolo DP-V1

- Especifica las características en el perfil de dispositivos para PA, lo que permite la interoperabilidad y la intercambiabilidad de dispositivos fabricados por diversas empresas.
- Puede ser utilizado en áreas potencialmente explosivas

Fig. 2.24 Esquema de aplicación de PROFIBUS PA [40].

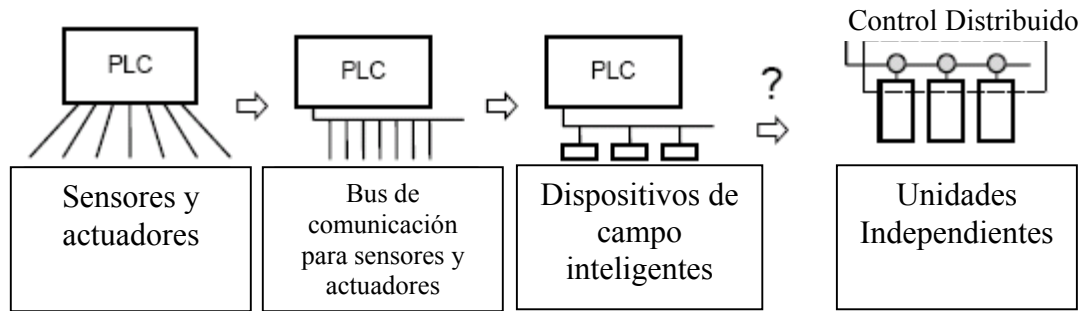


2.5.3.4 PROFINET

Los objetivos de incrementar la productividad y reducir los costos son el principal motor que impulsó el nuevo desarrollo e innovación, en el campo de las tecnologías de automatización esos objetivos tienen una dirección similar al mejorar el tamaño, la velocidad y las soluciones en el mejor costo beneficio. Los sistemas de bus han reemplazado al cableado en paralelo, la electrónica ha reemplazado a los sistemas mecánicos y el software ha reemplazado al hardware. Finalmente, después de todos esos desarrollos la introducción de los PLC's cambió totalmente las soluciones automatizadas, la automatización sigue consistiendo básicamente en un control (PLC, PC o IPC), la cual se conecta de manera central con los sensores o actuadores o de manera descentralizada vía buses de campo con los sensores y actuadores o con los dispositivos inteligentes, como se puede observar en la figura 2.25.

Los modernos microcircuitos, la tecnología de software, la ingeniería en las comunicaciones y la gran influencia comercial en los mercados hacen posible un cambio de paradigma, todo indica que el futuro en la comunicación industrial está marcado por la estandarización total en equipamiento y que la transmisión de datos será a través de la tecnología inalámbrica.

Fig. 2.25 Tendencias de la automatización distribuida [32].



PROFINet permite una solución de automatización distribuida, creado a través de la utilización de componentes prefabricados y pequeñas soluciones existentes, lo que reduce de manera significativa los costos de ingeniería asociados con el desarrollo de sistemas de automatización. El objetivo inicial es la combinación de objetos de automatización distribuida, enfocada principalmente en los componentes para mejorar la funcionalidad que puede ser parametrizada, como válvulas, unidades de medición, estaciones de control.

PROFINet es la respuesta de PNO (PROFIBUS Network Organization) para cambiar el paradigma de la ingeniería en automatización y avanzar hacia una mayor utilización de las redes Ethernet en aplicaciones de dispositivos de campo. Al utilizar PROFINet, los miembros de la PNO toman un rol de liderazgo en la creación de la siguiente fase para las soluciones en automatización al colocar las bases para el futuro de la producción exitosa [32].

PROFINet ha sido pensado bajo las consideraciones siguientes:

Apertura, usando estándares universalmente aceptados, utiliza comunicación abierta que no requiere interfaces de comunicación, lo que representa una segura y fácil implementación con los dispositivos existentes.

Consistencia, comunicación y cooperación de dispositivos en todos los niveles mediante mecanismos similares, horizontalmente, entre PLC's y verticalmente entre los niveles de administración, de célula y de campo.

Integración, plantear los sistemas de campo PROFIBUS con una perspectiva de ingeniería homogénea.

Facilidad para utilizarse, simplificando y estandarizando los modelos de aplicación, tomando en cuenta diferentes grupos de usuarios, a fin de que para todos sea muy fácil de usar.

Elevar la compatibilidad, no sólo en dispositivos sino también en las herramientas de ingeniería tales como la programación de PLC's y las configuraciones DP y demás.

Orientado a los componentes, creado para la interconexión de objetos, que puede ser realizada gráficamente, textualmente o vía instrucciones.

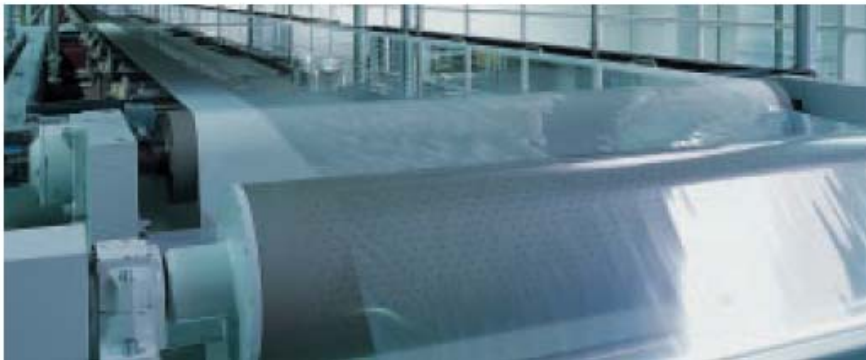
2.5.3.5 PROFIdrive

La electricidad no sólo hace funcionar máquinas, sino que hace funcionar a PROFIBUS; en este sentido, ésta ha impulsado la más reciente de las funcionalidades del DP-V2, lo que se ha llamado “sincronización en tiempo de ciclo” y “comunicación de esclavo a esclavo”

Las ventajas y beneficios de PROFIdrive son:

- Una sola tecnología de bus para controlar toda la planta, lo que permite ahorrar en capacitación, instalación, servicio etc.
- Integrar la automatización centralizada y descentralizada un solo bus de campo.
- Flexibilidad
- Orientación hacia el futuro
- Protección de la inversión.

Fig. 2.26 Aplicación de PROFIdrive



2.5.3.6 PROFISAFE

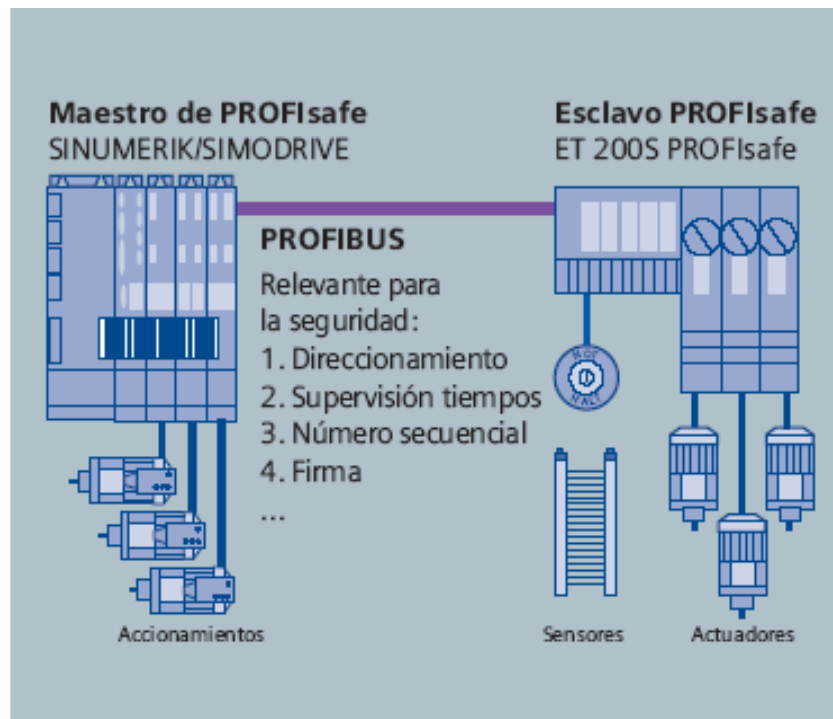
La seguridad ha ganado una importancia en constante crecimiento alrededor del mundo, tanto en la parte de daño al ambiente, como en el aseguramiento de las funciones de las máquinas y definitivamente el riesgo por daños al ser humano, todo lo anterior refuerza la necesidad de diseñar procesos seguros.

PROFIsafe fue diseñado porque existe la posibilidad de que en la red de comunicación un mensaje perdido aparezca de pronto, y sea insertado en un orden equivocado y retardado cuando puede causar daños, por lo anterior se han seleccionado cuatro medidas de las posibilidades de aseguramiento. Estas medidas son:

1. La numeración consecutiva de todos los mensajes seguros.
2. Un tiempo de control para la recepción de mensajes y su confirmación de recepción
3. Un código clave entre el emisor y el receptor.
4. Una protección adicional de datos, causando que 2 o 4 bytes se incluyan dentro del telegrama de datos transmitidos.

Este “paquete” adicional en el mensaje estándar funciona mediante una pequeña capa sobre el software de comunicación DP [34].

Fig. 2.27 Modelo de protección de PROFIsafe [41].



2.6 ETHERNET INDUSTRIAL

Ethernet Industrial es una subred para el nivel de control central y el nivel de célula destinada a intercomunicar computadores y sistemas de automatización. Sirve para intercambiar grandes cantidades de datos y para salvar grandes distancias.

2.6.1 HISTORIA Y APLICACIONES

El origen de las redes Ethernet surge en la Universidad de Hawai, donde se desarrolló, en los años setenta, el **Método de Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Detección de Colisiones, CSMA/CD** (Carrier Sense and Multiple Access with Collision Detection), utilizado actualmente por Ethernet. Este método surgió ante la necesidad de implementar en las islas Hawai un sistema de comunicaciones basado en la transmisión de datos por radio, que se llamó Aloha, y permite que todos los dispositivos puedan acceder al mismo medio, aunque sólo puede existir un único emisor en cada instante. Con ello todos los sistemas pueden actuar como receptores de forma simultánea, pero la información debe ser transmitida por turnos. Para solucionar los problemas de colisiones en la transmisión existen una serie de normas como son: antes de transmitir comprobar que no haya otra estación transmitiendo, o que en caso de colisión hacer que una estación espere un margen de tiempo aleatorio antes de volver a intentar el envío de datos. Todas estas tareas son realizadas automáticamente por el software de red a unas velocidades tan elevadas que el usuario no se da cuenta de las colisiones.

El centro de investigaciones PARC (Palo Alto Research Center) de la Xerox Corporation desarrolló el primer sistema Ethernet experimental en los años 70, que posteriormente sirvió como base de la especificación 802.3 publicada en 1980 por el Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).

Ethernet es la tecnología de red LAN más usada, resultando idóneo para aquellos casos en los que se necesita una red local que deba transportar tráfico esporádico y ocasionalmente pesado a velocidades muy elevadas. Las redes Ethernet se implementan con una topología física de estrella y lógica de bus y se caracterizan por su alto rendimiento a velocidades de 10-100 Mbps. Industrial Ethernet es una subred para el nivel de control central y el nivel de célula destinada a intercomunicar computadores y sistemas de automatización. Sirve para intercambiar grandes cantidades de datos y para salvar grandes distancias. Físicamente, Ethernet es una red eléctrica basada en un cable coaxial apantallado, un cable de par trenzado (Twisted Pair) o una red óptica.

Funciona basado en la comunicación SEND RECEIVE, es decir la identificación de interlocutores definidos en la red.

Las redes de área local (Local Area Network) son redes de ordenadores cuya extensión es del orden de entre 10 metros a 1 kilómetro. Son redes pequeñas, habituales en oficinas, colegios y empresas pequeñas, que generalmente usan la tecnología de broadcast, es decir, aquella en que a un sólo cable se conectan todas las máquinas. Como su tamaño es restringido, el peor tiempo de

transmisión de datos es conocido, siendo velocidades de transmisión típicas de LAN las que van de 10 a 100 Mbps (Megabits por segundo).

La oferta de redes de área local es muy amplia, existiendo soluciones casi para cualquier circunstancia. Podemos seleccionar el tipo de cable, la topología e incluso el tipo de transmisión que más se adapte a nuestras necesidades. Sin embargo, de toda esta oferta las soluciones más extendidas son tres: Ethernet, Token Ring y Arcnet.

2.6.2 CARACTERÍSTICAS DE ETHERNET INDUSTRIAL

En Industrial Ethernet se utilizan los protocolos ISO y TCP/IP. Debido al método del acceso utilizado, en Industrial Ethernet todos los equipos (estaciones) tienen los mismos derechos. Vía ISO-Transport o ISO-on-TCP es posible acceder a multitud de dispositivos de campo.

Equipos (estaciones) más de 1.000

Método de acceso CSMA/CD (carries sense multiple access/collision detection)

Velocidad de transferencia 10 Mbits/s

Soporte de transmisión

- Eléctrico: Cable coaxial de doble pantalla Industrial Twisted Pair
- Óptico: Cable óptico

Extensión de la red

- Eléctrica: 1,5 km
- Óptica: 4,5 km

Topologías:

- Línea
- Árbol
- Estrella
- Anillo

Servicios Funciones S7

- ISO-Transport
- ISO-on-TCP

Los componentes básicos de una red Ethernet Industrial son la tarjeta de comunicaciones, a la PC el cable coaxial y el software de comunicación. En la figura 2.28 se muestra el CP 343-1, es un procesador de comunicaciones para el PLC S7-300, sirve para comunicar este PLC a través de Ethernet Industrial,

Fig. 2.28 Procesador de Comunicaciones CP 434-1, para Ethernet Industrial.



2.7 DISPOSITIVOS DE HMI

La interfase hombre máquina (HMI) tiene la capacidad de unir a la máquina con la gente. Esta interacción personas-tecnología puede ser tan sencilla como un botón, una herramienta manual, o tan complejo como la cabina de mando de un avión gigante [38].

Estos equipos han sido concebidos para el manejo y control cómodo de máquinas, posibilitan una representación gráfica casi real de la máquina o instalación que se supervisa. El área de uso comprende, entre otras cosas, aplicaciones en la construcción de máquinas y aparatos, en la industria de impresión y de embalajes, en la industria automovilística e industria electrónica, así como en el área química y farmacéutica. Gracias al elevado grado de protección (frontalmente IP65) y al no usar discos duros ni ventiladores, los equipos de operación son apropiados también para rudos ambientes industriales y para su aplicación directamente al lado de la máquina.

Es tan variado el tipo y la familia de estos dispositivos que pueden ser tales como:

- Módulo de teclado-display
- Módulo de display 4 dígitos
- Módulo de teclado-display alfanumérico
- Módulo Visualizador de Procesos (para lazo de corriente 4-20mA)
- Módulo de señalización
- Display ascensor
- Pantallas con teclas
- Pantallas táctiles.

A continuación se presente una relación de características de rendimiento que pueden tener este tipo de dispositivos:

- Reconocimiento de transferencia automático para el download de la configuración

- Protección de password
- Campos de entrada/salida para indicar y cambiar parámetros del proceso
- Botones de comando y teclas de funciones configurables (OP 170B) para controlar bits de entrada/salida y de datos
- Superficie de estado para la configuración de indicaciones de advertencia (lámpara de aviso)
- Barras para indicar gráficamente valores dinámicos
- Biblioteca estándar para gráficos y botones de comando utilizables en ProTool CS
- Gráficos para rotular botones de comando o configurables como imágenes de fondo que llenan un formato
- Textos fijos para rotular botones de comando, imágenes del proceso o valores del proceso en un tamaño de carácter deseado
- Características de rendimiento adicionales para TP 170B y OP 170B:
- Funciones de impresión
- Curvas
- Alarma cíclica
- Alarmas
- Administración de recetas
- Almacenamiento de datos de recetas y configuraciones en tarjeta de memoria (CF-Card) opcional

2.7.2 PANEL DE OPERACIÓN OP 170B

El Panel de Operador OP170B es un dispositivo de la familia SIMATIC HMI, los equipos de operación ofrecen al usuario posibilidades de representar gráficamente estados de servicio, valores de proceso actuales y averías de un control acoplado, y manejar y observar de forma confortable la máquina o instalación que se supervisa [39].

Fig. 2.29 Panel de Operador OP 170B

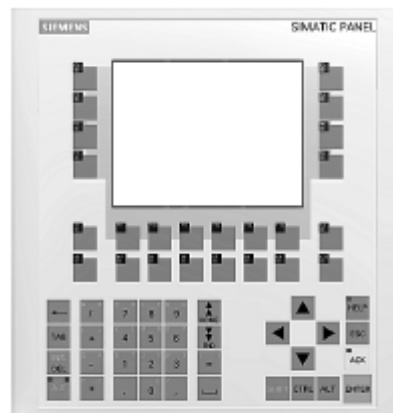


Tabla 2.7. Características del OP 170B

Aspecto	Especificación	Características
Procesador	Tipo	32 Bit RISC
Memoria para configuración	Capacidad máxima	768 kByte
Software	Sistema Operativo	Microsoft Windows CE
Interface en serie 1	Interface HMI estándar para conexión del control, PG/PC e impresora	1xRS 232 de 9polos 1xRS 422/RS485
	Acoplamiento S7	MPI / PROFIBUS DP
	Velocidad máxima	12 MB
Display	Superficie activa en imagen	116 X 87 mm
	Resolución (puntos en imagen)	320 X 240
	Colores	4 Blue Mode
Elementos de mando	Teclado de Matriz	OK
	Teclas de funciones con funciones configurables	24
	Teclas que se pueden usar como teclas suaves	14
	Rotulación de teclas de función	Con tiras de rotulación
Particularidades	Ampliación de memoria	Puerto de enchufe para tarjeta PC

2.8 CONCLUSIONES

En este capítulo se ha presentado un breve panorama de los tres entornos de red en la comunicación industrial, así como la parte de los dispositivos HMI, con tablas comparativas con otros buses de comunicación. Se ha hablado de la historia, características, prestaciones componentes. Se puede concluir que el panorama de las redes de comunicación industrial es más claro, que las aplicaciones posibles en muchas áreas del sector industrial son sólo posibles sino factibles.

El reto en esta parte es entender la configuración y la programación de los PLC's, las aplicaciones de los distintos dispositivos, conocer sobre costos, y la implementación que se requiere, esto y otros aspectos referentes a la parte didáctica es lo que se presenta en el siguiente capítulo.

3.- PROPUESTA PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN MODELO DE LABORATORIO DE REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PARA FINES DIDÁCTICOS.

En este capítulo se presentan diferentes aspectos a considerar a fin de implantar un laboratorio de redes de Comunicación Industrial, en la que se consideran los siguientes aspectos:

- Alcance
- Instalaciones físicas
- Equipamiento e inversión económica
- Guía didáctica
- Prácticas a desarrollar
- Certificación

3.1 ALCANCE PROPUESTO DEL LABORATORIO

Existen algunas consideraciones importantes para tomar la decisión del laboratorio de Redes de comunicación Industrial.

1.- Definir el alcance del laboratorio.

Tiene que ver con las asignaturas que cubrirá, si se plantea para una carrera como Ingeniería Industrial entonces debe considerar el manejo de la neumática, electroneumática y la aplicación de PLC's en su nivel de configuración y programación.

Para carreras como Ingeniería en Mecatrónica, Ingeniería en Sistemas Electrónicos o afín, es necesario elevar el nivel de manejo para el uso de comunicación industrial, a fin de establecer los entornos de red e interactuar con estos.

2.- Verificar las necesidades del equipamiento, tanto de dispositivos como de software.

Está relacionado con la escalabilidad del equipo a solicitar, es muy importante que se asegure que los dispositivos tengan la capacidad de conectarse con los últimos avances en las aplicaciones que se desea implementar. Es también muy importante verificar las fechas de liberación del software, si se adquiere un software que tiene más de cinco años en el mercado estamos a la mitad de la vida de aplicación y muy probablemente en unos tres años se encontrarán dispositivos que requieran una nueva versión o un software con más prestaciones.

3.- Establecer los conocimientos previos.

Debe considerarse que existe el riesgo de empantanar la enseñanza si no se revisa con cuidado que los fundamentos de neumática y electroneumática sean del dominio de los alumnos.

3.2. INSTALACIONES FÍSICAS

El laboratorio de redes de Comunicación Industrial debe contar con las siguientes instalaciones.

- Suministro eléctrico de 110, 220 VAC
- Líneas de aire presurizado con presión máxima de 12 Bars
- Aditamentos para secado y filtración y regulación de aire presurizado
- Nodos de red para comunicaciones de voz y datos

Se presentan tres propuestas en base al número de alumnos a considerar y a la inversión económica que se debe realizar:

PROPUESTA A

Para 12 alumnos, con cuatro estaciones de trabajo para tres alumnos cada uno, una dimensión aproximada de 11 metros de largo por 8 metros de ancho para una superficie de 88m².

PROPUESTA B

Para 9 alumnos, con tres estaciones de trabajo para cada tres alumnos cada una. Las dimensiones propuestas son de 8 metros de por cada lado para una superficie de 64m².

PROPUESTA C

Para 6 alumnos, con dos estaciones de trabajo para tres alumnos cada una. Las dimensiones serían de 7 metros de largo por 6 metros de ancho, haciendo un área total de 42m².

Fig. 3.1 Propuesta A para la distribución física del laboratorio de redes

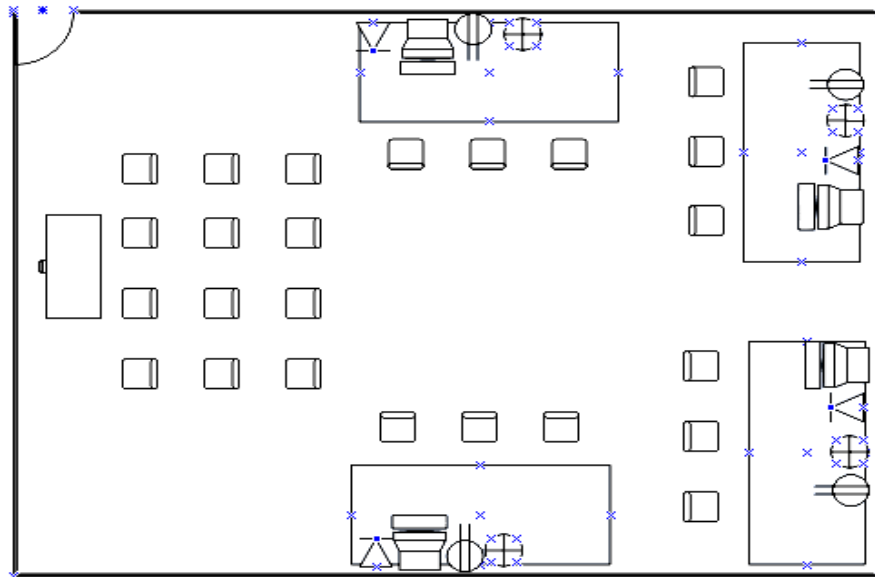


Fig. 3.2 Propuesta B para la distribución física del laboratorio de redes

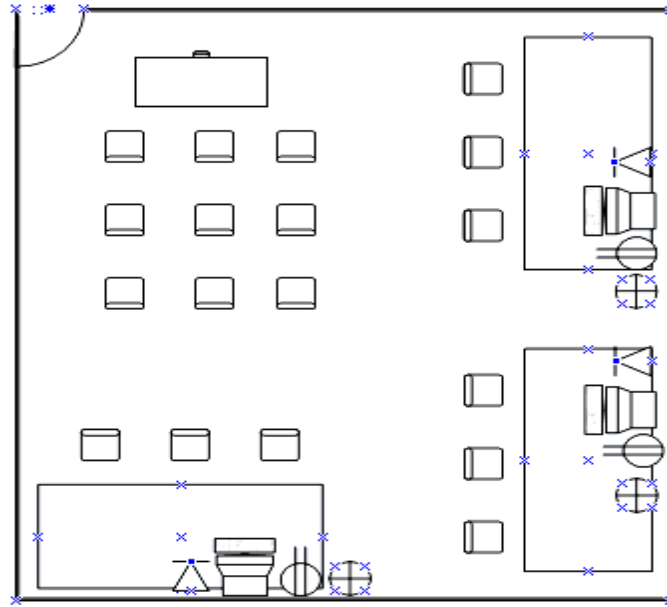
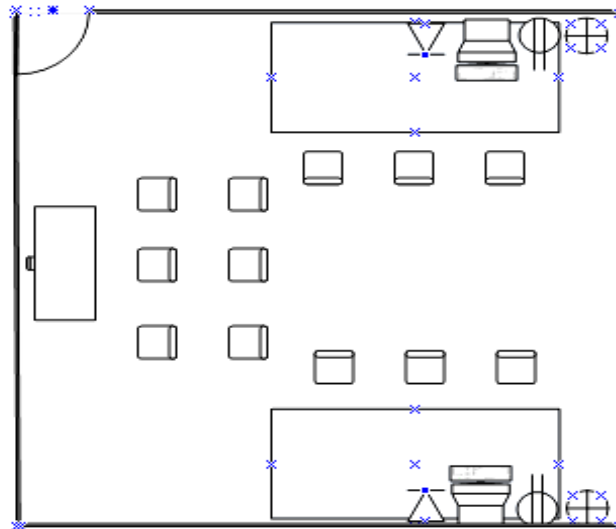


Fig. 3.3 Propuesta C para la distribución física del laboratorio de redes



3.3 EQUIPAMIENTO E INVERSIÓN ECONÓMICA.

La parte central del Laboratorio es el equipamiento, el cual se puede dividir en cuatro áreas principales, en este punto se debe resaltar que todo lo que se muestra en esta relación de componentes es para una sola estación de trabajo, dependiendo del alcance en cuanto a alumnos y a la disposición de instructores se debe determinar el número de equipos completos a adquirir. Los costos son en dólares estadounidenses, y pueden variar de acuerdo con el proveedor, la región, el volumen de compra y/o la capacidad de negociación.

1.- Equipo de cómputo y software.

Cantidad	Descripción	Marca	Monto	Total
1	PC, con Windows 2000, o superior, mínimo en Ram 256 MB, velocidad mínima 2.3 GHz. DD 40 GB	DELL	1,500	5922
1	Kit de conexión PC Adadpter, (adaptador y cable hembra-hembra 9 pines).	SIEMENS	42	
1	Software STEP 7	SIEMENS	1,979	
1	Software ETHERNET SOFTNET	SIEMENS	933	
1	Software OPC SERVER	SIEMENS	900	
1	Software PROTOOL PRO	SIEMENS	568	
1	Software FST 4	FESTO	0	

2.- Equipo Eléctrico

Cantidad	Descripción	Marca	Monto	TOTAL
1	Cable PROFIBUS	SIEMENS	51	1,397
6	Conectores PROFIBUS	SIEMENS	582	
1	Cable ASi	FESTO	28	
3	Cable con terminales para Ethernet		40	
1	Hub de 8 puertos	SWITH	85	
1	Modulo para entradas y salidas plug and play	FESTO	127	
1	Caja de botones eléctricos, enclavados y pulsadores	FESTO	86	
1	Paq. 100 cable banana banana	FESTO	498	

3.- Equipamiento neumático y electro neumático y de montaje.

Cantidad	Descripción	Marca	Monto	Total
2	Cilindro doble efecto	FESTO	292.	7,100
2	Cilindro Simple efecto	FESTO	229	
1	Unidad de mantenimiento neumático	FESTO	83	
1	Distribuidor de aire	FESTO	73	
1	Tablero didáctico y mesa de trabajo	FESTO	3200	
2	Válvulas electroneumáticas 5/2	FESTO	152	
2	Válvulas electroneumáticas 3/2	FESTO	104	
4	Sensor inductivo	FESTO	253	
4	Sensor de proximidad magnético	FESTO	135	
4	Sensor Capacitivo	FESTO	869	
1	Tubo flexible 0.75 X 10 M	FESTO	13	
6	Esclavos ASi	FESTO	924	
1	Módulo de cuatro salidas ASi (Terminal de válvulas)	FESTO	772	

4.- Equipo de Control, PLC's y tarjetas de comunicación

Cantidad	Descripción	Marca	Monto	Total
1	Panel OP SIMATIC OP170B	SIEMENS	1375.5	14391
1	CPU Simatic 315 2DP	SIEMENS	1554.75	
1	CP 343-1 ETHERNET	SIEMENS	1788.75	
1	CP 343-2	SIEMENS	697.5	
1	PS 307 5A	SIEMENS	457	
1	DP Asi Link 20E	SIEMENS	576	
1	Perfil soporte SIMATIC S7300	SIEMENS	38.25	
1	Fuente Asi	FESTO	756	
2	Conector frontal 20 pins	SIEMENS	29	
1	Procesador IPC HC16	FESTO	1385.39	
1	Busboard 8 slots	FESTO	399.9	
1	Fuente PS10	FESTO	385.59	
1	Modulo Asi IPC	FESTO	1106.09	
1	Módulo PROFIBUS DP/FMS	FESTO	1454.41	
1	Módulo EHTERNET	FESTO	1240.59	
1	Módulo 8 entradas 8 salidas	FESTO	695.98	
1	Módulo de entradas digitales	SIEMENS	85	
1	Módulo de salidas digitales	SIEMENS	85	
1	Módulo de entradas analógicas	SIEMENS	140	
1	Módulo de salidas analógicas	SIEMENS	140	

3.4 ORGANIZACIÓN DE RECURSOS

Considerando que el laboratorio puede atender grupos de hasta 12 alumnos, es decir formando equipos de trabajo de tres integrantes, se plantea la necesidad de contar un asistente técnico, que ayudará en el resguardo del material, y del laboratorio. En la tabla siguiente se muestra una propuesta para la organización y requisitos de este valioso elemento humano.

Es importante mencionar que estos requisitos se plantean tomando en cuenta que se necesitará tiempo adicional de los alumnos fuera de las horas de clase, para efectuar reportes de prácticas, actividades previas a estas, y los proyectos finales de cada curso.

Alumnos	Grupos	Personal Técnico requerido	Perfil de conocimientos requeridos
6	3	1	Electromecánica, Neumática, Electrónica Básica.
6	6	1	
9	3	1	Lo anterior más, manejo de PLC's, en configuración y programación mínima
9	6	2	
12	3	2	Ingeniería en Electrónica, Mecatrónica, o carrera afín.
12	6	2	

3.5 GUÍA DIDÁCTICA, METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS EN EL PERIODO ESCOLAR.

En el presente proyecto se plantea la realización de 11 prácticas básicas, sin embargo, el alcance del curso dependerá del perfil de los alumnos, cada práctica requiere en promedio 5 horas para su completo desarrollo, si se consideran dos sesiones de tres horas cada semana, hay suficiente tiempo en un semestre tipo de 16 a 20 semanas, para el desarrollo de las prácticas, las sesiones de evaluación y el proyecto final.

A manera de comentario y de sugerencia, en el nivel de Técnico y Técnico Superior, se propone que antes de iniciar con las redes de comunicación industrial se realice una extensa parte introductoria al manejo de la neumática, la electro neumática, programación del PLC's en los diferentes lenguajes de programación y la utilización de métodos de programación ya sean directos o indirectos, entendiendo que los indirectos son los necesarios para los procesos que presentan repetición de estados.

En la siguiente tabla se presenta un panorama de las prestaciones y uso de estas prácticas, que no pretenden ser sino el inicio para muchas aplicaciones mayores. Se propone la utilización de las prácticas para diferentes niveles de educación, que esta ligado al grado de preparación requerido.

Nivel Académico	Prácticas sugeridas	Alumnos sugeridos por estación de trabajo	Horas semanales	Carreras Recomendadas
Técnico y Técnico Superior	1-4	4	12	Electromecánica, Mantenimiento Industrial,
Universitario	1-10	3	6	Mecatrónica, Automatización
Postgrado	1-10*	2	6	Mecatrónica, Automatización, Sistemas de manufactura, Ingeniería.

Para nivel Postgrado dependerá de la profundidad y el enfoque de programa:

- En el caso de Maestría es importante que se desarrollen actividades complementarias adicionales, como parte de los proyectos finales de cada curso.
- Para Diplomados, este curso podría ser un excelente Diplomado en Redes de Comunicación Industrial, en el caso de un Diplomado en Mecatrónica, se debe definir la profundidad del programa de estudio y los requisitos de conocimientos previos.

3.6 PROPUESTA DE PRÁCTICAS PARA EN LABORATORIO DE REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

A continuación se realiza un desglose de la propuesta de prácticas a fin de ayudar en el desarrollo del curso a permitir al instructor definir el tipo de curso y la profundidad al que desea llevar este conocimiento, el cual dependerá de factores propios de cada institución y de cada nivel de alumnos.

Se ha efectuado una separación a siete niveles, cada uno de los cuales presenta un panorama cada vez más profundo de esta propuesta, los niveles son:

- Nivel introductorio
- Nivel de campo
- Comunicación MPI
- Nivel de célula o fabricación
- Nivel de gestión
- Dispositivos HMI
- Diagnóstico de fallas

A continuación se muestra el panorama y los objetivos de cada una de las prácticas propuestas como parte de esta investigación.

3.6.1 PRÁCTICAS A NIVEL INTRODUCCIÓN

En esta fase de prácticas el objetivo es introducir a los alumnos a las aplicaciones y la configuración y programación de los controladores, a fin de establecer los fundamentos para lograr la comunicación industrial. Es importante señalar que no se está iniciando desde lo básico, sino que se está recordando el panorama a fin de seguir con la tecnología más avanzada.

NUM. DE PRÁCTICA	TÍTULO	OBJETIVOS	REFERENCIA
1	Control electroneumático de procesos secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las posibilidades de aplicación de los dispositivos electroneumáticos • Seleccionar e implementar el equipo y accesorios apropiados para aplicar soluciones electroneumáticas, sujeto a restricciones de variedad y cantidad de los mismos. 	[42]
2	Introducción al PLC S7-300	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar los conocimientos necesarios para programar los autómatas de la serie SIMATIC S7-300 de SIEMENS • Conocer y aplicar las funciones de temporización y contaje del PLC SIMATIC S7-300 de SIEMENS. 	APÉNDICE A
3	Introducción al IPC de FESTO	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer la alternativa de programadores lógicos programable de FESTO, a través del IPC. • Configurar el IPC de FESTO controlando un proceso sencillo con dos cilindros neumáticos. • Evaluar la variación de la respuesta de sistema de primero y segundo orden con relación a variaciones en sus parámetros. 	APÉNDICE B

3.6.2 PRÁCTICAS A NIVEL DE DISPOSITIVOS DE CAMPO

En este nivel tenemos la red AS-Interface, en la que se conectan dispositivos que requieren muy pocos bits para funcionar, como es el caso de los dispositivos binarios de entradas y salidas digitales. En las prácticas se incluye tanto la marca Siemens como FESTO.

NUM. DE PRÁCTICA	TÍTULO	OBJETIVOS	REFERENCIA
4	Configuración y programación del Bus de comunicación ASi utilizando dispositivos y software marca FESTO	<ul style="list-style-type: none"> • Configurar el bus de comunicación ASi (Actuator Sensor Interface) mediante software FST4 de FESTO. • Programar una aplicación básica en el bus de comunicación ASi, utilizando cilindros de doble efecto y sensores de final de carrera 	APÉNDICE C
5	Configuración y programación del bus de comunicación ASi mediante el software y equipo de Siemens	<ul style="list-style-type: none"> • Configurar una red ASi empleando como maestro el módulo de comunicación CP343-2 conectado a un PLC S7-300. • Implementar un proceso simple de automatización que involucre a los esclavos configurados en dicha red. 	[42]

3.6.3 PRÁCTICA DE COMUNICACIÓN MPI

La comunicación MPI es la interfase de comunicación que está preestablecida para los dispositivos de SIEMENS, permite la comunicación sólo entre dispositivos de esta marca.

NUM. DE PRÁCTICA	TÍTULO	OBJETIVOS	REFERENCIA
6	Configuración y comunicación a través de la subred MPI	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener un panorama general en la aplicación y configuración de redes de comunicación industrial utilizando la interfase MPI • Evaluar las ventajas de la comunicación de dispositivos en el entorno industrial. • Resolver un problema de aplicación industrial utilizando la interfase MPI. 	APÉNDICE D

3.6.4 PRÁCTICAS A NIVEL DE CÉLULA O DE FABRICACIÓN

En este nivel se encuentra la red PROFIBUS, en la que existen diferentes variantes del protocolo, en este estudio sólo se presentan la práctica de PROFIBUS DP, en la marca Siemens.

NUM. DE PRÁCTICA	TÍTULO	OBJETIVOS	REFERENCIA
7	Configuración y programación del protocolo de comunicación industrial PROFIBUS DP, utilizando el software y equipo de Siemens.	<ul style="list-style-type: none"> • Configurar una red de comunicación industrial mediante el protocolo PROFIBUS DP, aplicándolo en un proceso sencillo con cilindros neumáticos. • Obtener un panorama de las aplicaciones básicas de la red de comunicación industrial PROFIBUS DP. • Conocer los principales componentes de la red de comunicación industrial PROFIBUS DP, su conexión, configuración y programación. • Evaluar las ventajas de utilizar la comunicación industrial en los dispositivos de campo, así como PLC esclavos, tanto pasivos como inteligentes. 	APÉNDICE E

3.6.5 PRÁCTICAS A NIVEL DE GESTIÓN

Este es el nivel superior, en el que los datos se transmiten a gran velocidad y en grandes cantidades.

NUM. DE PRÁCTICA	TÍTULO	OBJETIVOS	REFERENCIA
8	Configuración y programación de Ethernet Industrial en el PLC de Siemens	<ul style="list-style-type: none"> • Configurar el módulo CP 343-1 de Siemens utilizado para la comunicación vía Ethernet. • Establecer los enlaces tipo TCP para la comunicación entre cada PLC • Preparar los PLC's para una posterior comunicación. • Enviar datos a través del protocolo SEND RECIVE empleando dos PLC's configurados. 	[42]

3.6.6 PRÁCTICA PARA DISPOSITIVOS HMI

La capacidad de comunicar el hombre con la máquina es posible gracias a los dispositivos de interacción y visualización, en este apartado se utiliza en OP 170B de Siemens.

NUM. DE PRÁCTICA	TÍTULO	OBJETIVOS	REFERENCIA
9	Configuración y programación del OP 170B	<ul style="list-style-type: none"> • Configurar una red de comunicación industrial mediante el protocolo PROFIBUS DP, incluyendo como parte del proyecto un panel de visualización OP 170B. • Obtener un panorama general de la interacción del panel de operador con la programación del PLC. 	APÉNDICE F

3.6.7 PRÁCTICA DE DIAGNÓSTICO DE FALLAS

En esta parte se presenta una práctica sobre la configuración del diagnóstico de fallas, con la aflicción de la misma en un proceso sencillo, pero muy ilustrativo sobre la utilidad y el potencial de este tipo de prestaciones de los dispositivos.

NUM. DE PRÁCTICA	TÍTULO	OBJETIVOS	REFERENCIA
10	Diagnóstico de fallas en esclavos ASi mediante la pasarela DP ASi link 20E	<ul style="list-style-type: none"> • Comprender la capacidad de diagnóstico de los dispositivos conectados en una red de comunicación industrial. • Obtener un panorama más amplio de las prestaciones de los dispositivos en Redes PROFIBUS. • Reforzar el conocimiento sobre las ventajas de utilizar las pasarelas de comunicación 	APÉNDICE G

3.7 LA CERTIFICACIÓN EN EL USO DE LAS HERRAMIENTAS DE REDES.

Existen diversas certificaciones con respecto a la programación y configuración de los entornos de red, dentro de los que se encuentran la certificación en ASi y en PROFIBUS, es importante

señalar que de los 68 ingenieros certificados en ASi, ninguno es mexicano, y no hay ningún latino [43]. De los 698 certificados en PROFIBUS, hay un mexicano y son en total 3 latinos [44].

Certificación en AS-Interface

Actualmente hay dos organizaciones reconocidas por la Asociación de Expertos del Reino Unido, quienes han desarrollado cursos que cumplen con un estándar aceptable de contenido y evaluación de candidatos, quienes aprueban satisfactoriamente este curso adquieren el rango de “Ingenieros Certificados”. Que garantiza que alcanzaron un nivel competente en la configuración y programación, lo que es crítico si en la empresa se maneja un alto grado de Sistemas de seguridad donde el conocimiento de estándares internacionales de seguridad es clave. Las dos instituciones reconocidas son:

- Manchester Metropolitan University (MMU)
- Siemens A&D, Manchester.

El curso para certificación de Ingenieros en ASi fue desarrollado con el apoyo de la Asociación de negocios ASi del Reino Unido, donde se aseguran del alto estándar de competitividad y la evaluación teórica y practica del curso, el cual incluye temas tales como:

- 1.- Descripción del desarrollo tecnológico y las características se ASi.
- 2.- Construir redes ASi
- 3.- ASi a fondo
- 4.- Configurar y aplicar las redes.
- 5.- Versiones de ASi
- 6.- Como funciona el perfil de ASi Seguro.
- 7.- Configuración y programación de un sistema ASi seguro.
- 8.- Exámenes teórico - práctico de opción múltiple.

Certificación en redes PROFIBUS

PROFIBUS Internacional en coordinación con las asociaciones regionales de PROFIBUS y los centros de Competencia PROFIBUS ofrecen el curso de certificación de PROFIBUS. Al terminar exitosamente se convierte en un “Ingeniero Certificado en Redes PROFIBUS” El curso incluye la teoría, la operación, la instalación, la trasferencia y conexión de redes así como el diagnóstico de fallas. El curso contiene partes tanto teóricas como practicas, con la capacitación adicional de los dispositivos multi-maestros.

3.8 CONCLUSIONES

El panorama de las redes de comunicación industrial es enorme, las prestaciones que se muestran en este capítulo son sólo una pequeña parte de lo mucho que pueden aportar, no solo al perfil de los alumnos, sino también a la industria, al mostrar que la resistencia a los cambios que según las estadísticas nuestro país presenta, ahora puede cambiar.

La oportunidad de modificar la propuesta didáctica en las diferentes instituciones es una parte importante de este proyecto, la versatilidad de los entornos y la capacidad de escalabilidad permiten que cada institución implemente de forma definitiva o gradual, ya que esta implementación podría ser por entorno de red o por mesa de trabajo.

La inversión podría parecer costosa, sin embargo, como se muestra en el primer capítulo, los efectos de este tipo de tecnología en los alumnos, en la industria y en la extensión educativa son efectos que trascienden y cambian el presente y el futuro de los afectados.

Recomendación:

Normalmente una de las fuertes restricciones en todo proyecto es la limitante en los recursos financieros, como el lector debe haber notado, los productos FESTO sólo han sido utilizados en dos prácticas, es deseable adquirir todo el equipamiento, sin embargo si no se puede comprar todo el equipamiento propuesto, es más necesarios adquirir primero el equipo marca SIEMENS, dado que en el presente proyecto la mayoría de las prácticas han sido realizadas con dichos dispositivos. El equipamiento que podría adquirirse primero puede ser:

- Equipo de Cómputo y Software.
- Equipo Eléctrico.
- Equipamiento neumático y electroneumático, con excepción del módulo de válvulas ASi de FESTO.
- Equipo de control y tarjetas de comunicación marca SIEMENS.

4 CONCLUSIONES GENERALES Y TRABAJO A FUTURO

El estudio de las redes de comunicación industrial resulta un tema poco estudiado y con un potencial extenso por aplicar y aprovechar. En el desarrollo del texto se presenta un estudio general de las mismas, con los comparativos en diferentes aspectos, se desglosan los tres entornos de red comúnmente aceptados; para el nivel de campo, de sensores y actuadores se utiliza ASi, en las marcas de Siemens y Festo; en el nivel de célula o de fabricación se utiliza PROFIBUS con productos y software de la marca Siemens; en el nivel de gestión se utiliza Ethernet Industrial con la marca Siemens; se utilizan las pasarelas DP ASi para conectar y comunicar un entorno de red con otro; también se incluye la comunicación MPI, y se realiza una aplicación con el diagnóstico de fallas en redes PROFIBUS, adicionalmente se utiliza un dispositivo de visualización para la Interfase Hombre Máquina (HMI).

Existen importantes ventajas en la utilización de las redes de comunicación industrial entre las que se puede mencionar las siguientes:

- La flexibilidad que adquiere el sistema al permitir que a través de un solo cable se conecten tantos dispositivos como requiera el proceso de acuerdo con las prestaciones de la red seleccionada.
- Las mejoras en el mantenimiento tanto preventivo como correctivo, a diferencia del mazo de cables, ya no se requiere reemplazar o mantener una cantidad enorme de cable, el bus de comunicación tiene la capacidad de detectar los problemas y las desviaciones en el flujo de información y alimentación, casi de manera autónoma.
- La escalabilidad e integración que vienen por medio de los protocolos de comunicación y el uso de pasarelas y adaptadores, para lograr llevar un entorno de información hacia niveles superiores; y de la misma manera permitir el crecimiento de la red de acuerdo con la necesidad de la planta.
- Los costos de la inversión mejoran debido a que el proceso puede modificarse al cambiar el programa en el software sin necesidad de reemplazar el cableado o modificar las conexiones físicas en los niveles de célula o de campo.

Ahora bien, la oferta didáctica que existe en nuestro país, tiene una importante desviación en el enfoque, se presenta con escasas oportunidades de conocer las herramientas que permitan su implementación en la industria; dista mucho de lo que se presenta en este trabajo, obviamente el objetivo de este estudio es ayudar a establecer un punto de partida confiable, no significa que necesariamente se debe seguir totalmente la propuesta, sino permitir un punto de inicio que lleve a una implantación de acuerdo con las opciones y necesidades de cada institución. Existen una enorme diversidad en marcas de dispositivos, en desarrolladores de software, y cada institución definirá la dirección que desea seguir.

En la propuesta integral del laboratorio se pueden destacar las siguientes aportaciones:

- Establecer la base teórica del funcionamiento de las redes industriales que ayuden a la comprensión, análisis de las mismas y proporcionen un buen punto de partida en la fase inicial de estudio en este campo.
- El desglose de las necesidades detalladas del equipamiento para cada entorno de red, necesarias en el establecimiento de un laboratorio para fines didácticos, que permita a cualquier institución planear y establecer una estrategia a fin de lograr los objetivos para con sus alumnos.
- El desarrollo de 7 prácticas para el laboratorio, que ayudarán en el funcionamiento del mismo y aportarán a los instructores un modelo para su investigación y buen esquema de enseñanza en este campo.
- Una propuesta para los niveles de aplicación que se desee alcanzar así como establecer los conocimientos previos requeridos para el desarrollo del curso, que ayuda al instructor para optimizar la enseñanza y le permita establecer objetivos reales del curso.
- Definir las necesidades en cuanto a inversión, espacio físico, recursos humanos que proporcionan un panorama de la magnitud en este importante y necesario campo que ya no se debe postergar.

Adicionalmente cabe mencionar que se ha logrado exitosamente la implementación de un sistema SCADA a una estación de verificación en ambiente de comunicación industrial multinivel, este trabajo de investigación fue realizado de manera paralela a este estudio y fue efectuado por un tesista de maestría del campus [6].

Con el equipamiento descrito en la propuesta las aplicaciones posteriores serán menos costosas en cuanto a la inversión económica, ya que mediante este mismo equipo se pueden realizar algunas variantes como:

- Configuración, programación y comunicación mediante PROFIBUS FMS, esta variante de comunicación multimaestros es posible al utilizar las tarjetas de comunicación instaladas con los PLC's Siemens S7-300.
- Configuración, programación y comunicación de los IPC de FESTO en una red PROFIBUS FMS, cabe mencionar que estos equipos de FESTO solo se pueden configurar como maestros, es decir, no están fabricados para ser esclavo en una red de PROFIBUS DP, por tanto la red debe ser una multimaestros.
- Configuración, programación y comunicación de una red heterogénea de PROFIBUS FMS, al conectar dispositivos de Siemens, diseñados para trabajar con el software STEP7 y los dispositivos marca FESTO diseñados para funcionar bajo el software FST4. Para esta comunicación se requiere un configurador universal de redes, SYCON puede realizar esta función.
- Configuración, programación y comunicación de una red PROFIBUS DP, con dispositivos de diferentes fabricantes, de la misma manera que el anterior utilizando el software SYCON, con el IPC como maestro DP y ya sea la pasarela DP ASi link o el PLC S7-300 como esclavo.

Finalmente este proyecto es la base para lograr la comunicación en dispositivos con prestaciones mayores, son variadas las aplicaciones y la oportunidad es enorme, sobre todo en el área didáctica, algunas de los temas a investigar y las aplicaciones que se pueden lograr son:

- Aplicación de las redes industriales para señales analógicas.
- Control de motores a pasos.
- Establecer la comunicación inalámbrica
- Continuar con el proyecto SCADA a fin de enviar la información de cada célula que compone al FMS industrial a la interfaz WinCC, así el operador puede supervisar de manera remota todos los procesos del sistema
- Finalmente continuar con la cátedra de investigación titulada “Desarrollo de una metodología y automatización del diseño de sistemas flexibles de manufactura”, mencionada en la página 22 del primer capítulo de este documento, en la que se puede notar que una de las bases de la misma es el trabajo en las redes industriales.

CONTENIDO

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
CONTENIDO.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS.....	10
ABREVIATURAS.....	11

1 ANTECEDENTES

1.1 INDUSTRIA DE LA MANUFACTURA EN LA ECONOMÍA EN EL PAÍS.....	13
1.2 IMPORTANCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA.....	14
1.3 REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	15
1.4 JUSTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS.....	16

2 DESCRIPCIÓN DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

2.1 ESTRUCTURA Y NIVELES DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	25
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS BUSES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	29
2.3 BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ASI.....	33
2.3.1 HISTORIA Y APLICACIONES.....	33
2.3.2 TOPOLOGÍAS DE RED Y CARACTERÍSTICAS DEL BUS DE ASI.....	33
2.3.3 COMPONENTES DEL BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ASI.....	34
2.3.4 SISTEMAS DE SEGURIDAD EN EL BUS DE COMUNICACIÓN ASI.....	39
2.4 INTERFASE MULTIPUNTO (MPI).....	41
2.4.1 CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LA INTERFASE MPI.....	41
2.4.2 COMUNICACIÓN POR MEDIO DE DATOS GLOBALES.....	42
2.5 BUS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PROFIBUS.....	45
2.5.1 HISTORIA Y APLICACIONES.....	45
2.5.2 CARACTERÍSTICAS DE PROFIBUS.....	46
2.5.3 COMPONENTES DEL BUS DE COMUNICACIÓN PROFIBUS.....	47
2.5.4 VARIANTES DEL PROTOCOLO PROFIBUS.....	51
2.5.4.1 PROFIBUS DP.....	51
2.5.4.2 PROFIBUS FMS.....	53
2.5.3.3 PROFIBUS PA.....	53
2.5.3.4 PROFINET.....	54
2.5.3.5 PROFIDRIVE.....	56
2.5.3.6 PROFISAFE.....	56
2.6 ETHERNET INDUSTRIAL.....	58
2.6.1 HISTORIA Y APLICACIONES.....	58
2.6.2 CARACTERÍSTICAS DE ETHERNET INDUSTRIAL.....	59
2.7 DISPOSITIVOS HMI.....	60

2.7.1 PANEL DE OPERACIÓN OP 170B.....	61
2.8 CONCLUSIONES.....	62
3 PROPUESTA PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN MODELO DE LABORATORIO DE REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PARA FINES DIDÁCTICOS	
3.1 ALCANCE PROPUESTO DEL LABORATORIO.....	63
3.2 INSTALACIONES FÍSICAS.....	64
3.3 EQUIPAMIENTO E INVERSIÓN ECONÓMICA.....	66
3.4 ORGANIZACIÓN DE RECURSOS.....	68
3.5 GUÍA DIDÁCTICA, METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS EN EL PERIODO ESCOLAR.....	68
3.6 PROPUESTA DE PRÁCTICAS PARA EN LABORATORIO DE REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	69
3.6.1 PRÁCTICAS A NIVEL INTRODUCCIÓN.....	70
3.6.2 PRÁCTICAS A NIVEL DE DISPOSITIVOS DE CAMPO ASI.....	70
3.6.3 PRÁCTICAS DE COMUNICACIÓN MPI.....	71
3.6.4 PRÁCTICAS DE NIVEL DE CELULA O DE FABRICACIÓN.....	72
3.6.5 PRÁCTICAS A NIVEL GESTIÓN.....	72
3.6.6 PRÁCTICAS PARA DISPOSITIVOS HMI.....	73
3.6.7 PRÁCTICAS DE DAGNOSTICO DE FALLAS.....	73
3.7 LA CERTIFICACIÓN EN EL USO DE LAS HERRAMIENTAS DE REDES.....	73
3.8 CONCLUSIONES.....	75
4 CONCLUSIONES GENERALES Y TRABAJOS FUTUROS.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	79
APENDICE	
A PRÁCTICA NO. 2 <i>INTRODUCCIÓN AL PLC S7-300</i>	83
B PRÁCTICA NO. 3 <i>CONOCIMIENTO BÁSICO Y CONFIGURACIÓN DEL IPC DE FESTO</i>	98
C PRÁCTICA NO. 4 <i>CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL BUS DE COMUNICACIÓN ASI MEDIANTE EL SOFTWARE Y EQUIPO DE FESTO</i>	105
D PRÁCTICA NO. 6 <i>CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN MEDIANTE EL PROTOCOLO MPI</i>	115
E PRÁCTICA NO. 7 <i>CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PROFIBUS DP CON SIEMENS</i>	125
F PRÁCTICA NO. 9 <i>CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL OP 170B</i>	142
G PRÁCTICA NO. 11 <i>DIAGNOSTICO DE FALLAS EN ESCLAVOS ASI MEDIANTE LA PASARELA DP ASI</i>	

<i>LINK 20E</i>	161
-----------------------	-----

ANEXOS

ANEXO A

MÓDULOS QUE COMPONEN LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE FESTO.....	167
---	-----

ANEXO B

COTIZACIÓN POR EQUIPAMIENTO.....	174
----------------------------------	-----

APÉNDICE

- A Práctica No. 2 Introducción al PLC S7-300
- B Práctica No. 3 Introducción al IPC de FESTO
- C Práctica No. 4 Configuración y programación del bus de comunicación ASi mediante el software y equipo de FESTO
- D Práctica No. 6 Configuración y programación mediante el protocolo MPI
- E5 Práctica No. 7 Configuración y programación de PROFIBUS DP con Siemens
- F6 Practica No. 9 Configuración y programación del OP 170B
- G7 Práctica No. 10 Diagnostico de fallas en esclavos ASi mediante la pasarela DP ASi link 20E

APÉNDICE A

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Estado de México

Práctica 2
Introducción al PLC S7-300

1. Objetivos

- El alumno desarrollará los conocimientos necesarios para programar los autómatas de la serie SIMATIC S7-300 de SIEMENS
- El alumno conocerá y aplicará las funciones de temporización y contaje del PLC SIMATIC S7-300 de SIEMENS.

2. Marco Teórico



Los Controladores Lógicos Programables (PLCs), también llamados autómatas programables, consiste en módulos de entradas, una CPU y módulos de salidas. Una entrada acepta una gran variedad de señales analógicas o digitales de varios dispositivos de campo (sensores) y los convierte en una señal lógica que puede usar la CPU. La CPU toma las decisiones y ejecuta las instrucciones de control basadas en las instrucciones del programa de la memoria. Los módulos de salida convierten las instrucciones de control de la CPU en una señal digital o analógica que se puede usar para controlar dispositivos de campo (actuadores). Se usa un dispositivo de programación para introducir las instrucciones deseadas. Estas instrucciones especifican lo que debe hacer el autómata según una entrada específica. Siemens fabrica varias líneas de autómatas de la familia SIMATIC® S7. Son: S7-200, S7-300 y S7-400.

S7-200

Al S7-200 se le denomina microsistema a causa de su pequeño tamaño. El S7-200 tiene un diseño compacto que significa que la fuente de alimentación y las entradas-salidas las lleva incorporadas. El S7-200 puede usarse en pequeñas aplicaciones independientes como ascensores, lavado de coches, o máquinas mezcladoras.

S7-300 y S7-400

Estos autómatas se usan en aplicaciones más complejas que necesitan de un mayor número de entradas-salidas. Ambos son modulares y ampliables. La fuente de alimentación y las entradas-

salidas consisten en módulos independientes conectados a la CPU. La elección entre el S7-300 y el S7-400 depende de la complejidad de la tarea y de una posible ampliación futura.

2.1 Actividad previa

De los anexos de esta práctica, revisar lo siguiente:

- a) Proceso de configuración del S7-300.
- b) Proceso de generación de un Proyecto en S7-300.
- c) Cómo se definen los bits y bytes de las tarjetas I/O
- d) ¿Qué es el ciclo de operaciones y tiempo de scan de un PLC?
- e) Operación de las siguientes funciones: SET y RESET, Temporizadores, Contadores y Comparadores.
- f) Empleando los manuales del PLC (ejecutar las ligas que se muestran en los apéndices), revisar los conceptos de Byte, Word y Dword (doble word), operaciones aritméticas de suma, resta, multiplicación, división y comparación.

3. Desarrollo experimental

3.1 Material

- 1 PLC SIMATIC S7-300
- 1 cable PG
- 1 cable de alimentación
- PC con el software STEP 7
- 1 Cilindro de doble efecto.
- 2 Cilindros de simple efecto.
- 4 detectores finales de carrera
- 2 válvulas electroneumática 5/2 biestable.

3.2 Actividades

En esta actividad se trabajará con el lenguaje de programación Diagrama en escalera, conocido también como ladder, el nombre de este método de programación proviene de su semejanza con el diagrama del mismo nombre que se utiliza para la documentación de circuitos eléctricos de máquinas. El diagrama contiene dos líneas verticales de alimentación, una a la izquierda que representa un conductor con tensión y otra a la derecha que representa tierra. A estas líneas de alimentación se le conectan peldaños compuestos de contactos y de bobinas que representan condiciones y acciones. Solo existen dos elementos que pueden ser usados en la parte de *condición*: los interruptores normalmente abiertos y normalmente cerrados. Los elementos que pueden ser usados en la parte *acción* son: relevadores, temporizadores, contadores y funciones especiales.

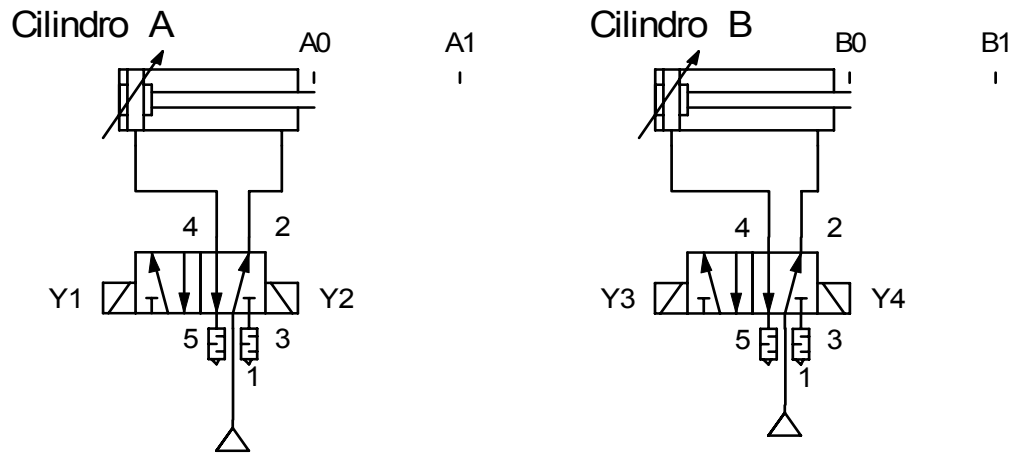


Figura 2.1 Circuito Neumático con cilindros A y B

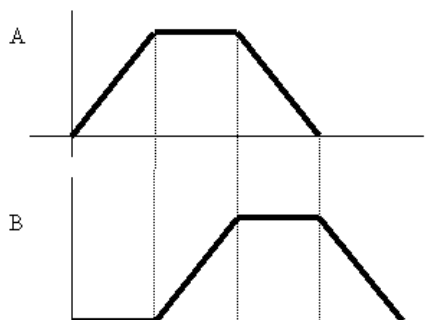
Desarrollo

Los pasos para realizar un programa se muestran a continuación:

1. Configurar el PLC con los siguientes módulos: Fuente, CPU, entradas y salidas digitales.
2. Generar un proyecto nuevo.
3. Programar en Step 7, implementar y probar en modo Run los siguientes ejercicios.

a) Sean los cilindros de doble efecto que se muestran en el diagrama neumático de la figura 2.1. Programar y probar el diagrama escalera solución, de tal forma que los cilindros queden ciclados, mediante un circuito de autorretención con prioridad a la activación. Subir y poner en marcha el PLC.

El diagrama espacio – fase que seguirán los cilindros es como se muestra a continuación.



El diagrama escalera solución a probar, se observa en seguida:

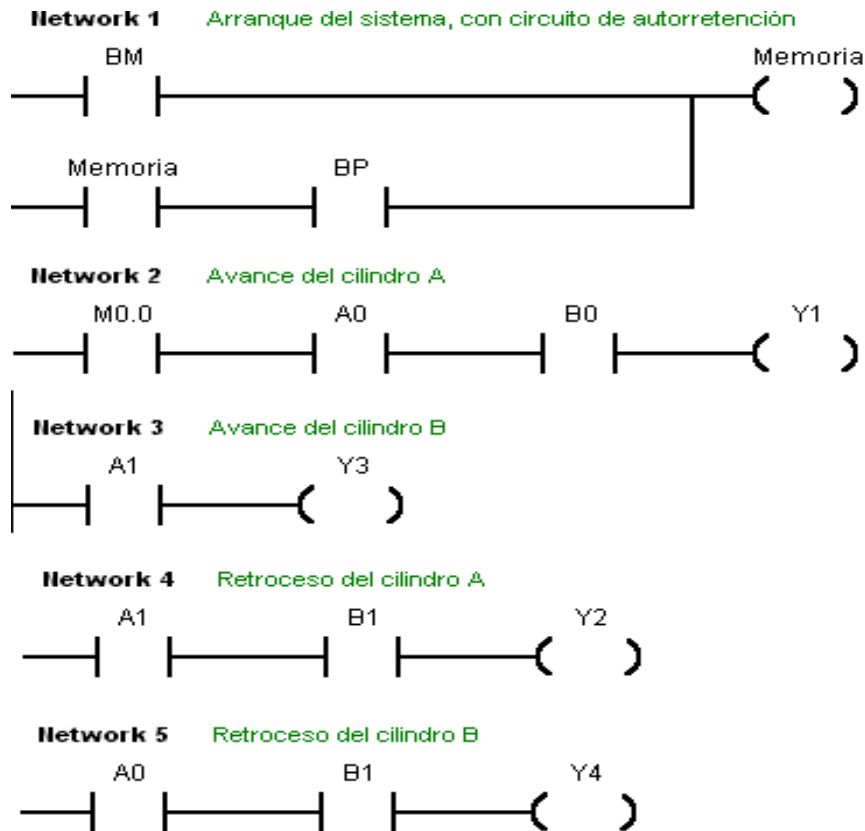


Tabla de símbolos del ejercicio a.

	Nombre	Dirección	Comentario
1	BM	I0.0	Botón pulsador NA, de marcha
2	BP	I0.1	Botón enclavado NC, de paro
3	A0	I0.2	Detector de posición inicial del cilindro A
4	A1	I0.3	Detector de final de carrera del cilindro A
5	B0	I0.4	Detector de posición inicial del cilindro B
6	B1	I0.5	Detector de final de carrera del cilindro B
7	Y1	Q0.0	Bobina de salida para el cilindro A
8	Y2	Q0.1	Bobina para el regreso del cilindro A
9	Y3	Q0.2	Bobina de salida para el cilindro B
10	Y4	Q0.3	Bobina para el regreso del cilindro B
11	Memoria	M0.0	Memoria para la autorretención

b) Modifique el programa del inciso a) de tal forma que el avance del cilindro B se realice hasta después de un tiempo de dos segundos, después de que A se halla extendido por completo. Emplee el temporizador apropiado. Modifique el programa a) de tal forma que después de cada

tres ciclos completos de la secuencia, la autorretención se desactive. Emplear el contador apropiado en conjunto con la función de comparación adecuada. El reinicio de la secuencia, así como la puesta a cero del contador se dará con el botón de paro.

3.3 Actividad complementaria

Se tiene una prensa hidráulica la cual al presionar el botón pulsador de arranque (E4.0) se cierra por 30 seg. Al pasar este tiempo se abre y espera la señal del botón de arranque para un nuevo ciclo. Al llegar a la cuenta de 10 ciclos, se activa una alarma que se desactivará con el botón pulsador de restablecimiento de alarma (E4.1). Para habilitar el comparador y contador necesitamos de una entrada (E4.2), la cual es un botón de contacto sostenido NC.

4. Conclusiones

Utilizando los conceptos teóricos de la programación en diagrama en escalera y de los PLC, en particular los de la marca SIEMENS, concluya sobre lo siguiente:

- Describa las características de la auto-retención con prioridad a la activación y la autorretención con prioridad al paro.
- Describa el funcionamiento de cada uno de los temporizadores y contadores que puedes utilizar en el S7-300
- En la configuración del S7-300, se mencionó que el slot 3 siempre debe estar vacío, ya que este se utiliza para tarjetas de funciones especiales, ¿Cuáles son estas tarjetas de funciones especiales?

5. Bibliografía

- <http://www.grupdap.com/manuales.html> Manuales SIEMENS
- http://www.infopl.org/Descargas/Descargas_Siemens/Descargas-Siemens.htm Manuales SIEMENS
- http://www.grupomaser.com/PAG_Cursos/Step/step7/Proyecto%20step7/paginas/contenido/step7/pasos.htm Tutorial de programación S7
- Manual S7-300, configuración, instalación y datos de la CPU: EWA 4NEB 710 6084-0401

6. ANEXOS DE LA PRÁCTICA.

Anexo A

Configuración del S7-300

El PLC ha utilizar en esta práctica es el SIMATIC S7-300 y las partes que lo conforman son:

Fuente de alimentación. Convierte la tensión de red, 120 V c.a. en la tensión de servicio que es 24 V c.c., para el correcto funcionamiento del S7-300

CPU. Ejecuta el programa de aplicación y se comunica a través de la interfase multipunto MPI con otras estaciones de una red MPI.

Módulo de señales. Son los módulos de comunicación, los cuáles pueden ser módulos de entrada digitales “DI”, módulo de salidas digitales “DO”, módulo de entrada analógica “AI”, módulo de salida analógica “AO”, módulo de entrada-salida digitales, módulo de entrada-salida analógicas

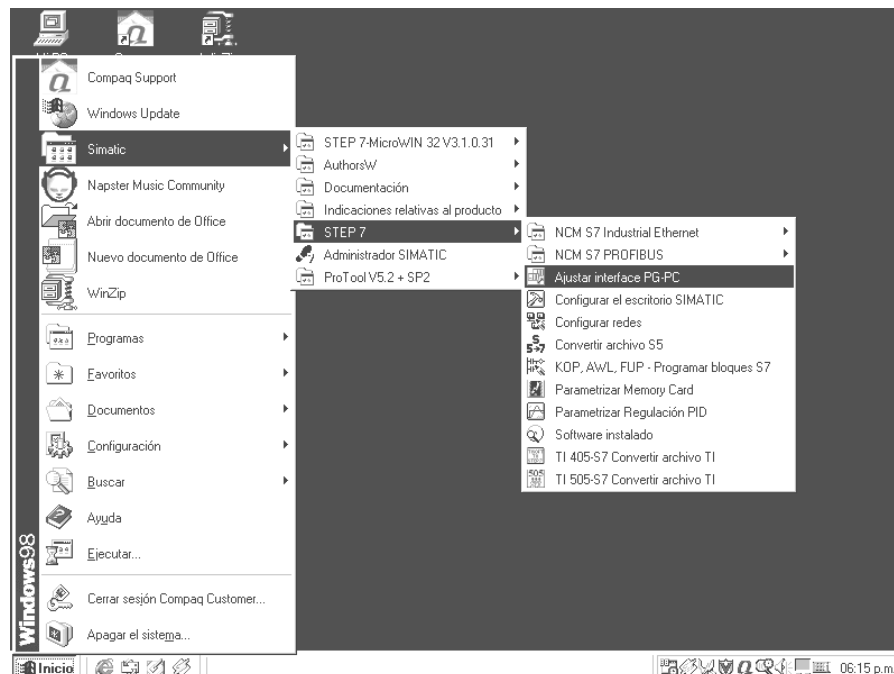
Cable PG. Enlaza una PG/PC con un CPU

Unidad de programación (PG o PC) que tenga instalado el software STEP 7

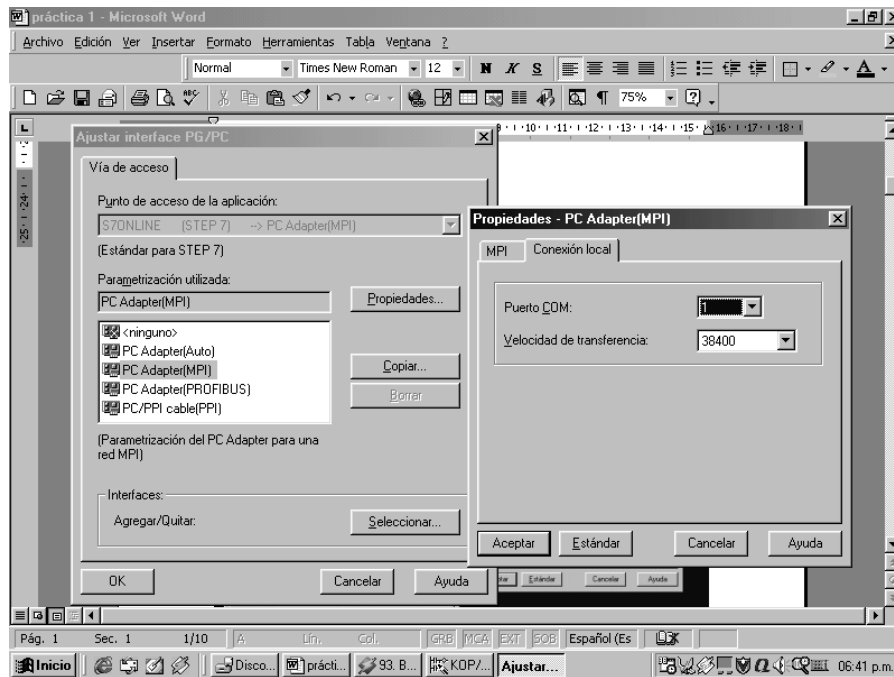
Configuración del S7-300

Para lograr la comunicación de la PC con el PLC es necesario ajustar el adaptador (la interfase), el procedimiento es el siguiente:

1. Ir a inicio→Simatic→Step7→Ajustar interfase PG-PC.



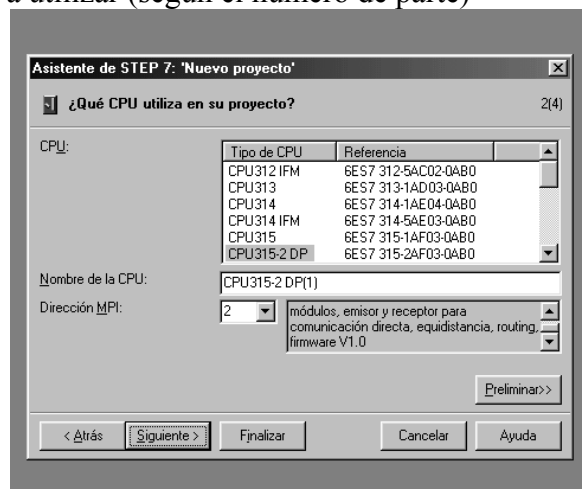
Se abrirá la siguiente ventana



2. *Seleccionar PC Adapter (MPI)*
3. Ir a propiedades, seleccionar conexión local, asignar puerto COM1 y velocidad de transferencia 38400 (verificar que el adaptador tenga seleccionada la misma velocidad)
4. Los pasos anteriores dan como resultado de que ya sea posible tener comunicación con el PLC

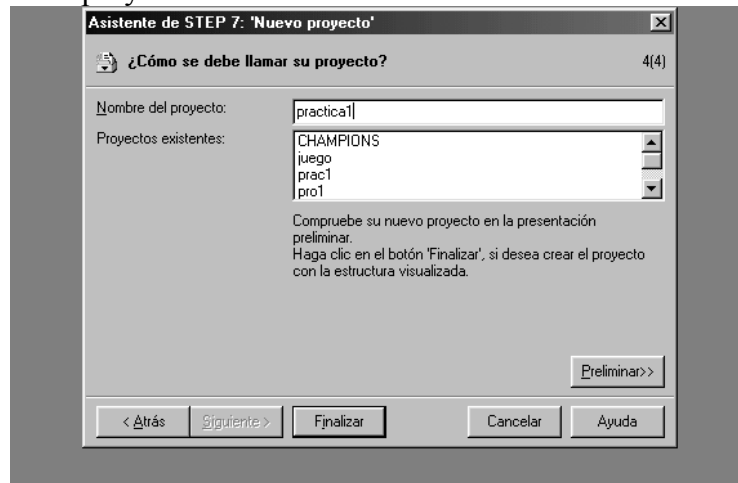
Nuevo Proyecto

1. Para abrir un nuevo proyecto ir al acceso directo de administrador Simatic (En archivo – asistente “Nuevo Proyecto” Se abrirá el asistente de nuevo proyecto)
2. Seleccionar la CPU a utilizar (según el número de parte)



3. Seleccionar los bloques a utilizar (en este caso sólo el OB1)

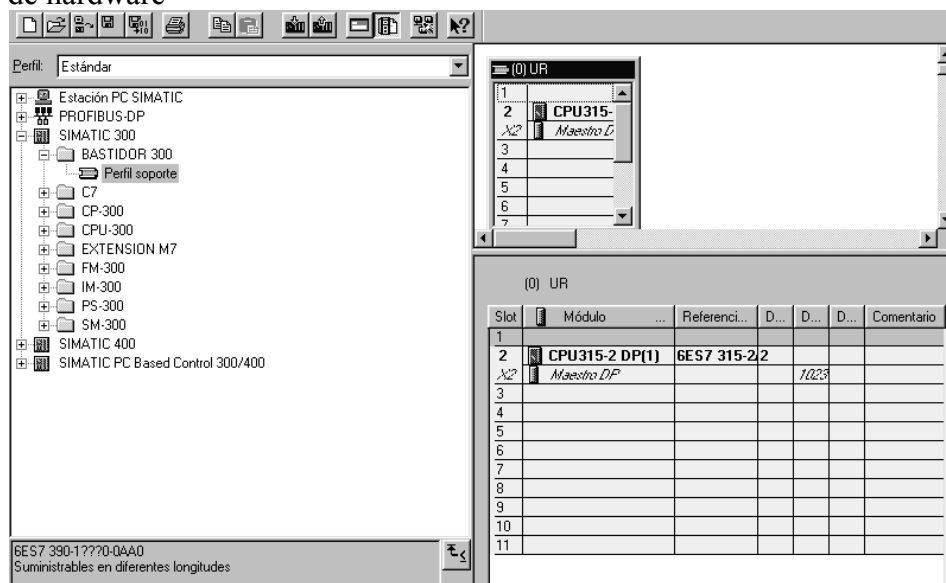
4. Seleccionar el lenguaje de programación (KOP)
5. Ingresar nombre de proyecto



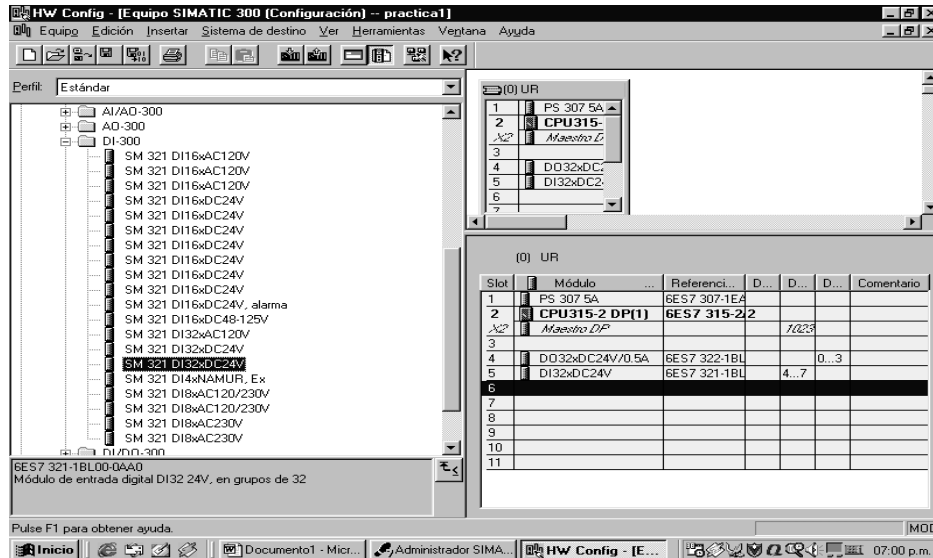
6. Dar finalizar al asistente de Step 7
7. Inmediatamente se abrirá el Administrador Simatic



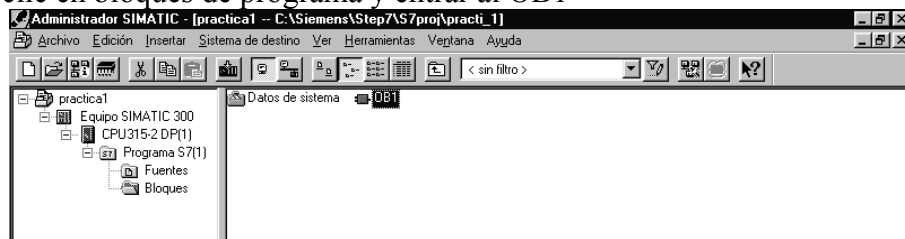
8. Para la configuración del hardware dar un click en Equipo Simatic 300 e ingresar en el icono de hardware



9. Una vez que estamos en HW config. Seleccionar bastidor, ingresar el n° de parte de cada componente del PLC en el slot correspondiente (el slot 3 siempre debe estar vacío, ya que este se utiliza para tarjetas de funciones especiales)
10. En el slot 1 debe ir la fuente de alimentación, en el 2 el CPU, a partir del 4 van las tarjetas de entradas y salidas, las cuales se encuentran a en la carpeta de Simatic 300- SM300, de manera correspondiente encontramos DI, AI, DO o AO según sea el caso. Todas estas tarjetas se pueden arrastrar con el puntero del ratón hasta la posición correspondiente en el bastidor.



11. Guardar la configuración y salir
12. Al salir de la ventana de configuración de hardware regresaremos a la ventana de administrador Simatic.
13. Dar un clic en bloques de programa y entrar al OB1

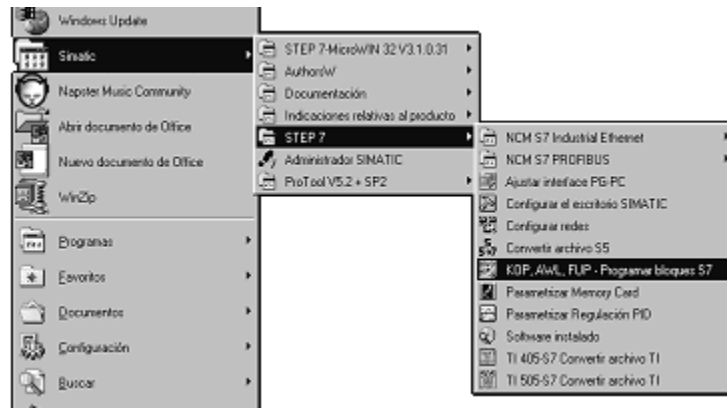


14. Una vez que estemos ya en el OB1 podremos hacer nuestro programa. Finalmente salve el programa

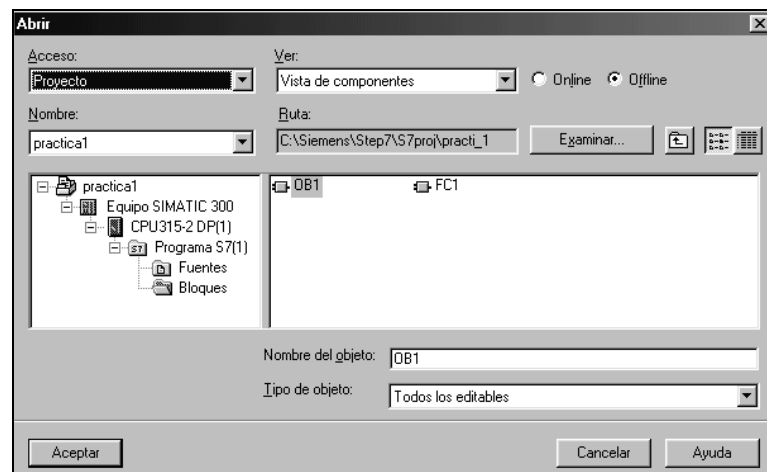
ANEXO B

Creación de Proyectos.

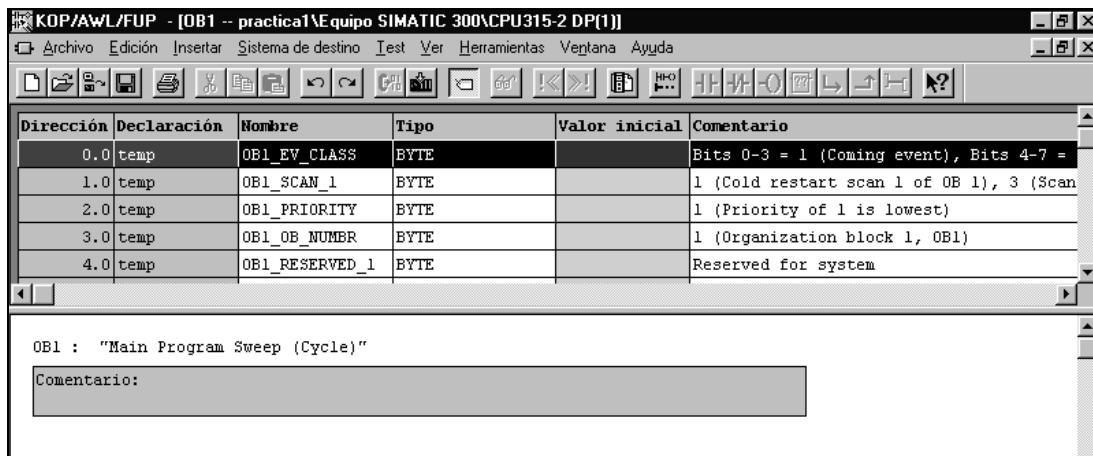
En dado caso que cierren el programa, la forma de abrir el proyecto creado en el apéndice A, es el siguiente: Ir a *inicio > Simatic > Step7 > programar bloques S7*



1. Ir a abrir y seleccionar el proyecto



2. Dar click en el OB1; y podemos editar nuestro programa



3. Para insertar un nuevo segmento, ir a insertar > segmento, ya que tenemos un segmento, nos posicionamos en él y colocamos los contactos y las bobinas.

4. Las señales de entrada se identifican con una letra “E” y las salidas se identifican con una letra “A”. Es muy importante identificar qué bytes le corresponden a cada tarjeta, ya que cada tarjeta de entradas y/o salidas consta de 4 bytes (32 bits), por lo tanto, si tenemos la tarjeta de salidas en el slot4 esta abarcará del byte 0 al 3, y si la tarjeta de entradas está en el slot 5, la tarjeta abarcará del byte 4 al 7.
5. Transferir el programa al PLC. Para transferir nuestro programa al PLC poner el PLC en modo stop y presionar el icono de cargar, o bien, en el menú principal, ir a sistema destino y cargar. Posiblemente avise que el OB1 ya existe y que si lo queremos sobrescribir, dar aceptar.
6. Poner el PLC en modo run y probar los programas editados

ANEXO C

Funciones Varias

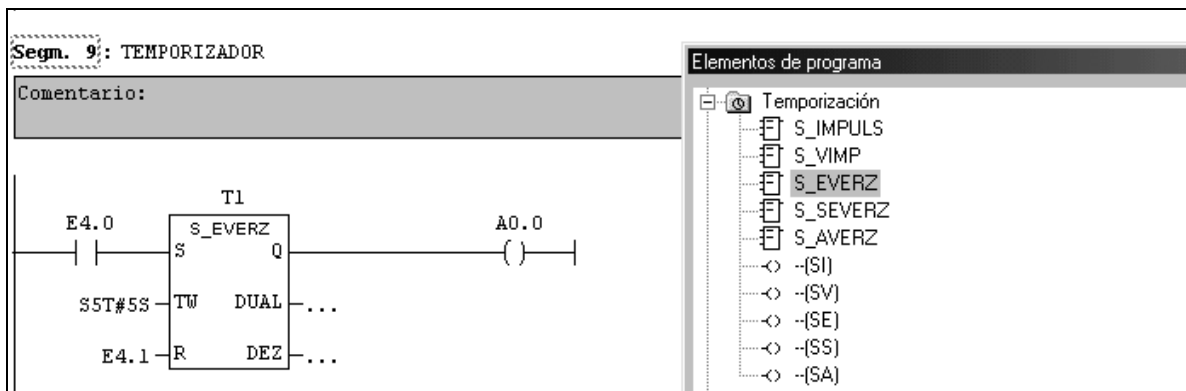
TEMPORIZADORES

Entre las funciones del PLC SIMATIC S7-300 de SIEMENS es posible utilizar temporizadores para implementar funciones controladas por tiempo. En este PLC se tienen contempladas las siguientes operaciones de temporización: (En caso de necesitar mayores detalles se puede consultar; estando ya dentro del editor KOP, ir a ayuda y entrar al submenú ayuda contextual o la tecla F1 (Se encontrarán los diagramas físicos y de conexión). Todos estos elementos los encontraremos en la ventana de “elementos de programa”.

1. S_IMPULS (Parametrizar y arrancar temporizador como impulso)
2. S_VIMP (Parametrizar y arrancar temporizador como impulso prolongado)
3. S_EVERZ (Parametrizar y arrancar temporizador como retardo a la conexión)
4. S_SEVERZ (Parametrizar y arrancar temporizador como retardo a la conexión con memoria)
5. SAVERZ (Parametrizar y arrancar temporizador como retardo a la desconexión)

El temporizador más común es S_EVERZ (Parametrizar y arrancar temporizador como retardo a la conexión) y funciona de la siguiente manera:

Si el estado de señal de la entrada E 4.0 cambia de "0" a "1" (flanco creciente en el RLO), se activa el temporizador T1. Si transcurre el tiempo de cinco segundos y el estado de señal en la entrada E 4.0 sigue siendo "1", la salida A 0.0 será "1". Si el estado de señal de la entrada E 4.0 cambia de "1" a "0", el temporizador se para y la salida A 0.0 será "0"



Notas: T1 quiere decir que es el timer 1 y el tiempo de retardo se tiene que dar de esta manera S5T#&S, donde & representanta el número de segundos, en el caso del ejemplo de anterior es 5

CONTADORES

Los contadores se utilizan para realizar funciones de contaje dentro de algún programa en el SIMATIC S7-300. En este PLC se contemplan las siguientes operaciones de contaje:

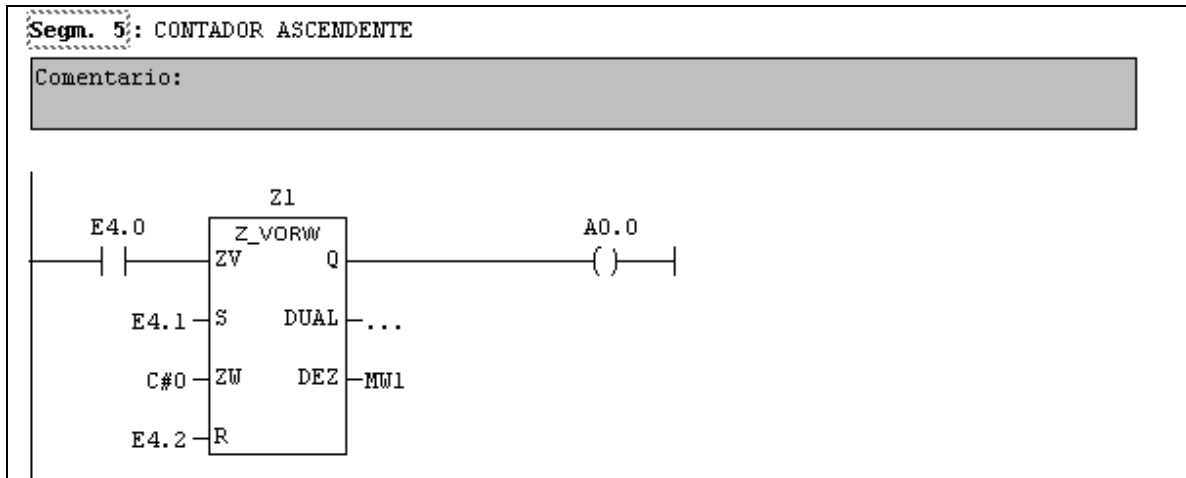
1. ZAEHLER (Parametrizar e incrementar/decrementar contador)
2. Z_VORW (Parametrizar e incrementar contador)
3. Z_RUECK (Parametrizar y decrementar contador)

Todos los contadores funcionan de manera similar, la diferencia es que el primero incrementa y decrementa, el segundo incrementa y el tercero decrementa. En caso de necesitar mayores detalles se puede consultar; estando ya dentro del Editor KOP, ir a Ayuda y entrar al Submenú Ayuda contextual o la tecla F1. Se encontrarán los diagramas físicos y de conexión. Todos estos elementos los encontraremos en la ventana de “elementos de programa”.

En este caso analizaremos un ejemplo de contador Z-VORW.

Al cambiar la entrada E 4.1 de "0" a "1", el contador toma el valor predeterminado para ZW. Si el estado de señal en E 4.0 cambia de "0" a "1", el valor del contador Z1 se incrementa en "1". La salida A 0.0 será "1" siempre que el valor de Z1 no sea cero. En la salida DEZ tendremos la cuenta del contador.

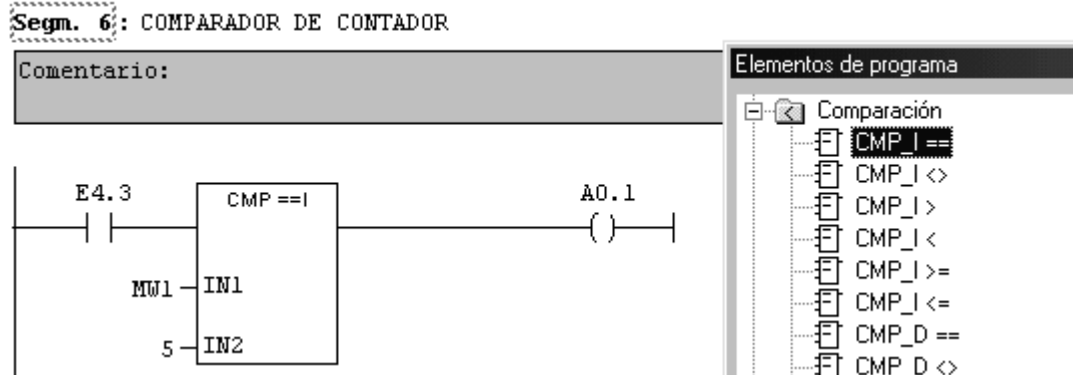
Es muy importante resaltar que el contador por si solo no abre ni cierra algún contacto o bobina cuando llega al valor de ZW, por lo que la cuenta DEZ la tenemos que mandar a un comparador. Es por eso que a la cuenta DEZ (que es una operación tipo word) se le tiene que asignar una marca tipo word (MW) como lo muestra el ejemplo.



Nota: Z1 significa contador n° 1, S carga el valor de ZW, SW es el valor a partir del cual queremos iniciar la cuenta su formato es C#& , donde & es una cantidad , en el cuadro de arriba la cuenta inicia de 0 por eso es C#0. R es el reset del contador y DEZ es la marca de una palabra, en este caso MW1, pero puede ser MW2, MW3 etc.

COMPARADOR

Como se comentó anteriormente, el contador necesita de un comparador para que al llegar a la cuenta deseada habilite una bobina o bandera. Los comparadores se encuentran en elementos de programa.



Nota: E 4.3 es la entrada que habilita nuestro comparador, IN1 es el 1er dato a comparar, el cual es la cuenta de nuestro contador (DEZ) y esta marcado con MW1, IN2 es el dato de referencia, es el número hasta el cual queremos que llegue nuestro contaje (en este caso 5) y A0.1 es la bobina que se habilitara cuando Z1 llegue a 5

Funciones SET y RESET.

Las funciones set y reset simplifican los circuitos de auto-retención, solo que en este caso se tiene prioridad al reset por razones de seguridad. Estas funciones las encontramos en la ventana de elementos de programa, en la carpeta de operaciones lógicas con bits.



La manera de programar nuestros bloques para un set y reset es la siguiente:

Dirección	Declaración	Objeto	Datos	Comentarios
3.0	temp	OB1_OB_NUMER	BYTE	
4.0	temp	OB1_RESERVED_1	BYTE	Reservado

Segm. 2: FUNCION SET

CON NUESTRO BOTON DE ARRANQUE PONEMOS EN MODO SET LA BOBINA QUE ALIMENTARÁ NUESTRO MOTOR.

```

E4.0      A0.0
|-----|-----| (s)
  
```

Segm. 3: FUNCIÓN RESET

AHORA CON NUESTRO BOTÓN DE PARO (E4.1) RESETEAMOS LA SALIDA A0.0

```

E4.1      A0.0
|-----|-----| (R)
  
```

Elementos de programa

- Operaciones lógicas con
- | |-
- |/|-
- |NOT|-
- (<)-
- (&)-
- (R)-
- (S)-
- RS
- SR
- [N]-
- [P]-

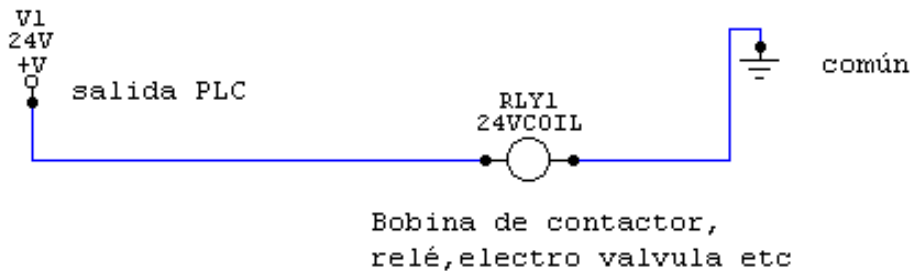
Activar

ANEXO D

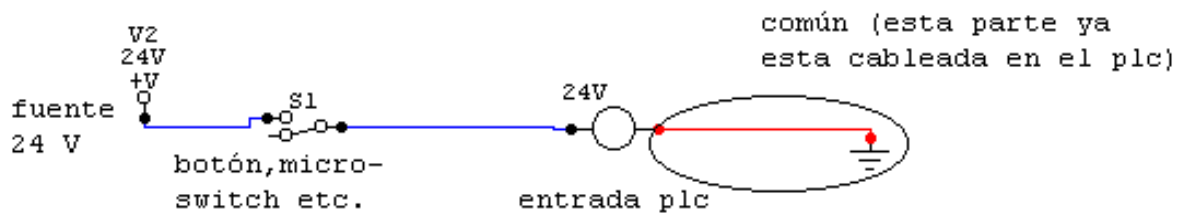
Conexiones del PLC

Para que nuestro sistema funcione adecuadamente debemos saber la manera de “cablear” nuestras entradas y salidas del PLC, ya que el PLC funciona básicamente a 24 VCD, por lo que el voltaje de alimentación de nuestro circuito de control debe ser el mismo.

SALIDAS. En el cableado de salidas debemos considerar que la bobina que vamos a alimentar trabaja a 24VCD y que no excede 500mA de corriente. La manera de hacer el cableado de las salidas es el siguiente:



ENTRADAS. En el caso de las entradas hay que tener mucho cuidado de alimentar a 24 VCD, nuestra señal puede venir de un botón, un microswitch, un interruptor de límite, un interruptor de presión etc. La manera de cablear las entradas es la siguiente.



APENDICE B

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Estado de México

Práctica No. 3
Conocimiento básico y configuración del IPC de Festo.

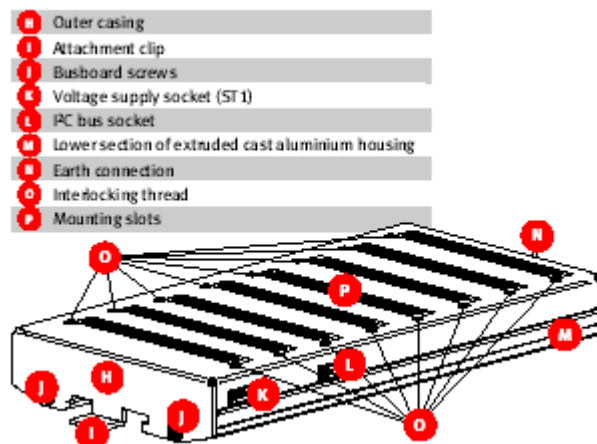
1.- Objetivos

- Conocerá la alternativa de programadores lógicos programable de FESTO, a través del IPC.
- Configuraré el IPC de FESTO controlando un proceso sencillo con dos cilindros neumáticos.
- Evaluaré la variación de la respuesta de sistema de primero y segundo orden con relación a variaciones en sus parámetros.

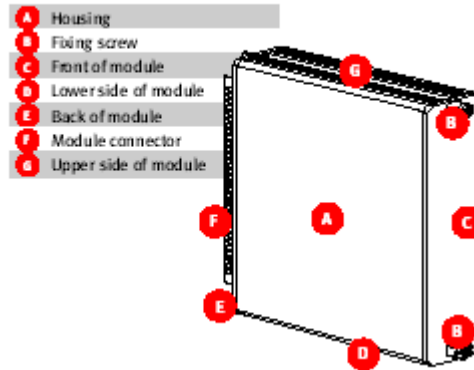
2.- Marco teórico

FESTO ha desarrollado una sistema modular en el cual se pueden conectar procesadores de comunicaciones y unidades de procesamiento y tarjetas de entradas y salidas, a este sistema se le llama IPC, *Industrial Programmer Controller*, en español sería Controlador Programable Industrial, la base de este sistema es una tarjeta o bus de comunicaciones llamado *busboard*, véase figura 1, esta a su vez se tiene 4 u 8 ranuras en las que se insertan los diferentes opciones de procesamiento y comunicación.

Las *busboard* de 4 ranuras de conexión o slots no requieren de fuente, las de 8 deben llevar una fuente de alimentación que se inserta en la primer ranura.



The design of the PS1 module



2.1.- Actividades previas.

- Investigue los tipos y características de las CPUs que existen para el IPC de FESTO,
- Realice la configuración y programación de acuerdo con el anexo A

2.2.- Preguntas de reflexión

- Analice con su equipo las diferencias del hardware de las marcas Siemens y FESTO
- Analice las posibilidades en aplicaciones industriales y anote sus conclusiones en su reporte de la práctica.

3. Desarrollo experimental

3.1.- Material

- 1 Busboard de FESTO
- 1 CPU HC15
- 1 Fuente para IPC
- 1 Tarjeta de entradas y salidas (OM21)
- 1 PC
- 1 Cable de comunicación PC - IPC
- 2 cilindros de doble efecto
- Sensores de final de carrera
- Válvula electroneumática 5/2
- Cables de conexión
- Mangueras para alimentación neumática
- Fuente de 24 v. 5 A.

3.2.- Actividades

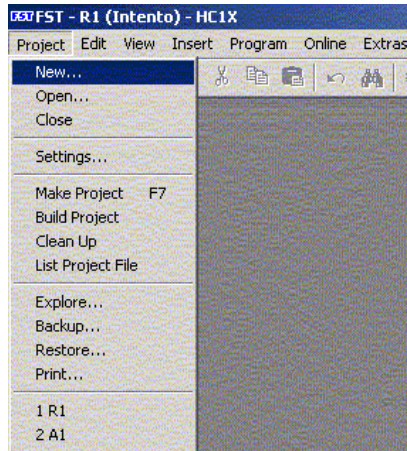
Realice los pasos siguientes:

A) Proceso general para generar un proyecto con FST4

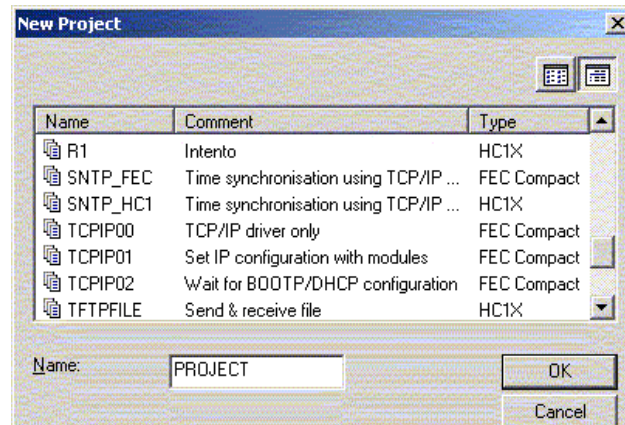
Los pasos siguientes permitirán configurar un proyecto en el software FST4 y el IPC, ambos de la marca FESTO.

1. Abrir el programa FST4 Vaya a *inicio, Programas, FST, FST4*
2. Generar un nuevo proyecto

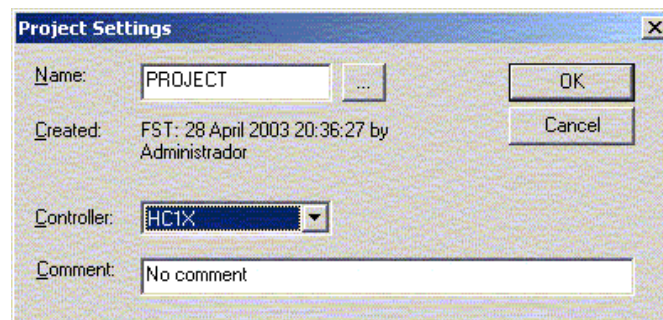
Seleccionar el menú *Project – New*.



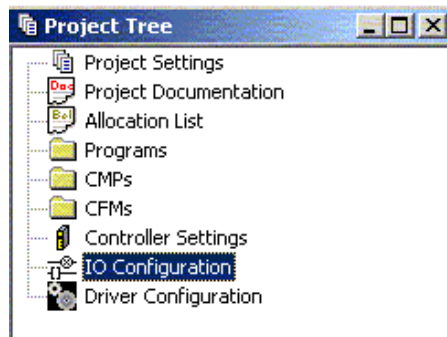
Se abre una ventana y se da nombre al proyecto, cuidando que no existan espacios ni otro tipo de signos, acepte.



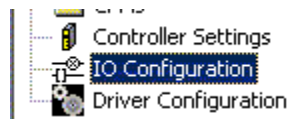
Enseguida aparece la ventana “Project Settings” en la cual es necesario seleccionar el CPU con el cual se trabaja (en nuestro caso es HC1X) y, si se desea, se agrega un comentario, acepte.



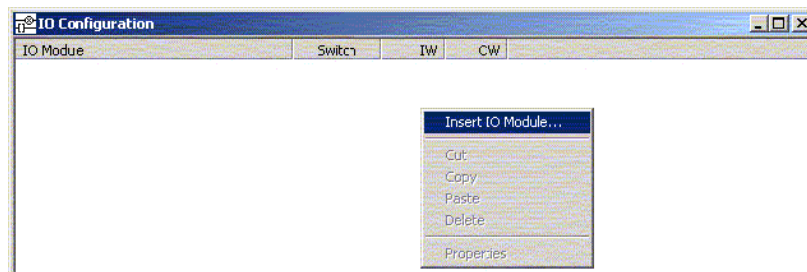
Se abrirá la ventana de “Project Tree”.



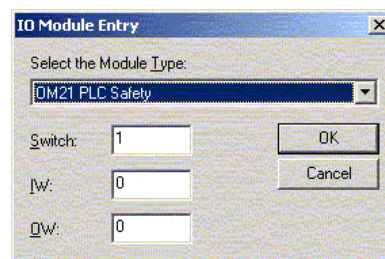
3. Para la definición de direcciones de I/O, dar doble click en “IO Configuration”.



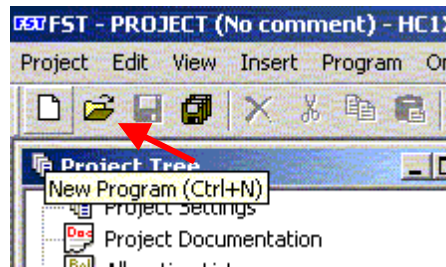
Dentro de la ventana que aparecerá se da click con el botón derecho del mouse y escoger la selección *Insert IO Module*.



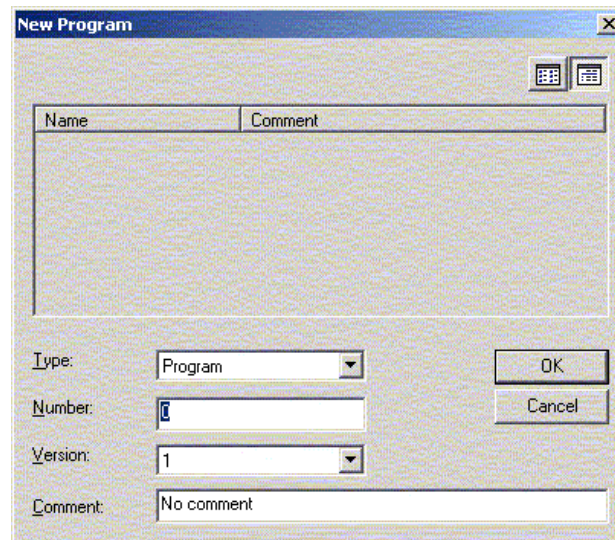
Aparece la ventana “module entry” y se selecciona en módulo I/O (en nuestro caso OM21). Las opciones de IW y OW se dejan igual, sólo se modifican en caso de necesitar una dirección específica, acepte la ventana y ciérrela.



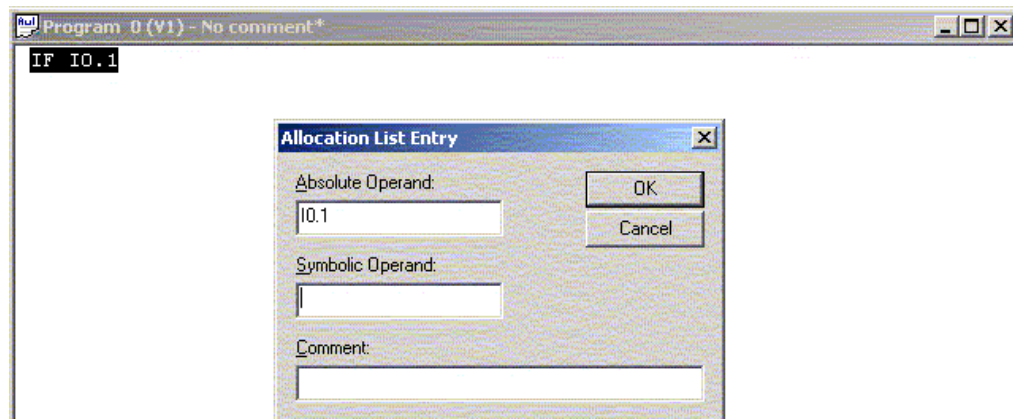
4. Para la programación, una vez creado el proyecto, seleccione el icono de nuevo programa



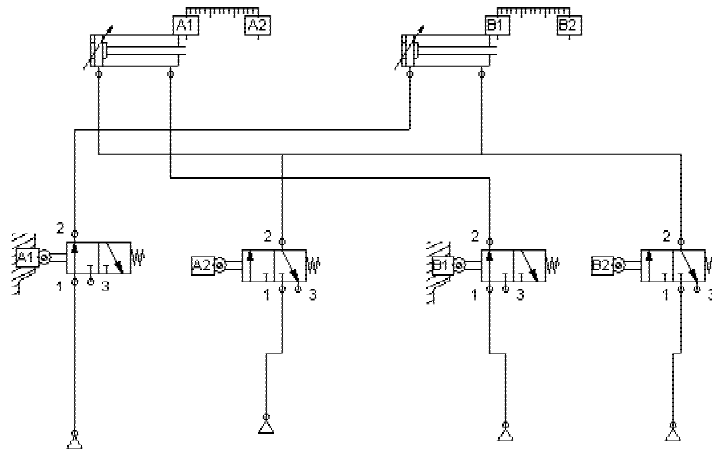
En la ventana que aparece, de ser necesario escribir un comentario. En lo que respecta al número del programa generalmente se deja el 0 porque es necesario en todo proyecto y usualmente es el punto de partida del software, acepte.



Se procede entonces a la escritura del programa. Para esto se cuenta con un menú de funciones de programación, o puede escribir directamente, ante cada entrada del programa aparece una ventana y se puede escribir un comentario si se desea.



El siguiente sistema lo tomaremos como ejemplo:




y el programa queda así:

```

Program 0 (V1) - No comment
STEP Inicio
IF IO.1 'Señal de la pieza frente al pistón 1
  AND IO.2 'Señal del pistón 1 dentro
THEN SET OO.1 'Alimentación del pistón 1
IF IO.3 'Señal de la pieza frente al pistón 2
  AND IO.4 'Señal del pistón 2 dentro
  AND IO.5 'Señal del pistón 1 fuera
THEN SET OO.2 'Alimentación del pistón 2
  AND RESET OO.1 'Alimentación del pistón 1
IF IO.6 'Señal del pistón 2 fuera
THEN RESET OO.2 'Alimentación del pistón 2
IF IO.2 'Señal del pistón 1 dentro
  AND IO.4 'Señal del pistón 2 dentro
THEN JMP TO Inicio
  
```

5. Para bajar el programa

Se presiona <F5> o también se busca el icono de bajar proyecto  o bien en el menú *Online – Download project*. Cuando se ejecute esta acción se preguntará que antes de poder bajarlo es necesario compilarlo. Aceptar la opción. La computadora indicará cuando termine.

6. Para correr el programa

Finalmente, para ejecutar el programa se busca el icono de RUN mode. 

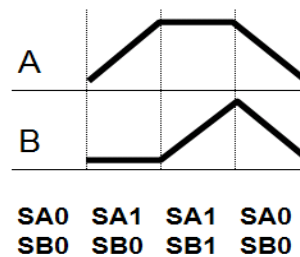
Aparece la ventana de “Online Control” y se da inicio.

Para consultar el estatus de las variables se puede dar un click con el botón derecho en la ventana de programación y se selecciona *Online*.

3.3. Actividades complementarias

Al final de una banda transportadora llegan paquetes de piezas que deben ser elevados, este sistema se activa al detectar la presencia del paquete, de manera que cuando el S1, se activa el pistón A se extiende, y el sensor de final de carrera del pistón A activa que el pistón B se extienda y el sensor de final de carrera de pistón B activa el regreso de ambos en forma simultanea. Puede utilizar una botonera para simular el sensor de presencia de los paquetes.

Considere la siguiente secuencia de movimientos, donde A y B representan a los pistones.



4.- Conclusiones

De acuerdo con la información recibida y la practica realizada concluya sobre:

- Las diferencias en la programación y configuración en las marcas SIEMENS y FESTO, comete sobre ventajas y desventajas de ambas al ser comparadas.
- Comente ampliamente sobre el potencial de comunicaciones que tiene el IPC, y describa de manera general las características de este tipo de comunicaciones.

5.- Bibliografía

http://www.beck_ipc.com

<http://www.festo.com>

APÉNDICE C

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Estado de México

Práctica No. 4

Configuración y programación del bus de comunicación ASi de FESTO

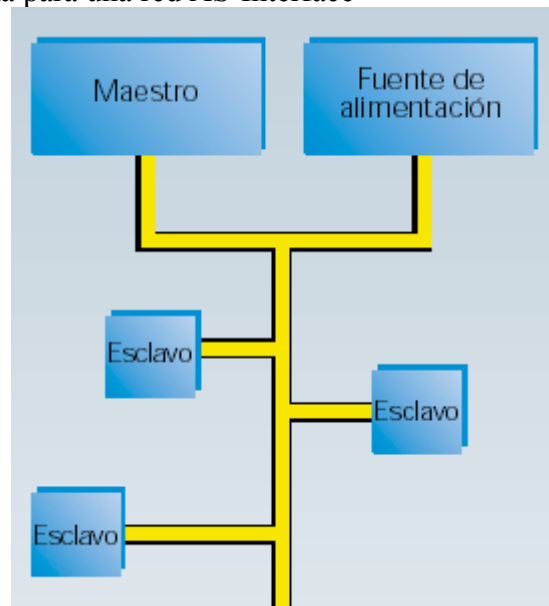
1. Objetivos

- Configuraré el bus de comunicación ASi (Actuator Sensor Interface) mediante el software FST4 de FESTO.
- Programaré una aplicación básica en el bus de comunicación ASi, utilizando cilindros de doble efecto y sensores de final de carrera.

2.- Marco teórico

En 1990 se produjo un acuerdo entre los 11 fabricantes más importantes en el campo Sensor / Actuador, como resultado de este acuerdo desde 1994 la red AS-Interface está en el mercado. Con ella se pueden conectar señales de proceso digitales y analógicas, además, la red ASI representa la interfase universal entre el nivel de control superior (PLC) y el nivel de control inferior (actuadores y sensores).

Fig. 1 Configuración mínima para una red AS-Interface



La red ASi es un sistema maestro simple, utiliza la técnica de poleo cíclico. Esto quiere decir que sólo existe un módulo de control (el maestro) en toda la red. Este maestro consulta y actualiza los datos de todos los participantes de la red (los esclavos), empleando para ello un tiempo de poleo fijo.

En un sistema estándar de ASi se pueden conectar hasta un máximo de 31 esclavos. Cada esclavo puede gestionar hasta 4 señales de entrada y 4 señales de salida (es decir, se pueden tener hasta 124 señales de entrada y 124 señales de salida en toda la red). En los sistemas ASi que cumplen con la nueva especificación ampliada versión 2.1, se pueden conectar hasta 62 esclavos A/B. Estos esclavos pueden controlar hasta 4 señales de entrada y 3 señales de salida (es decir, se pueden tener hasta 248 señales de entrada y 186 señales de salida en toda la red).

El logotipo oficial de la Asociación ASi se muestra en la figura 2 y todos los dispositivos que han sido aprobados por esta organización lo llevan impreso.

Figura 2. Logotipo oficial de ASi.



A continuación se muestra en la figura 2 una tabla con las características de ambas versiones de la red AS-Interfase.

Figura 2 Comparativo entre las versiones de ASi.

	Version 2.0	Version 2.1
Número de Esclavos	Max. 31	max. 62
Número I/O's	124 I+124 O	248 I + 186 O
Señales	Datos y alimentación a 8 A	Datos y alimentación a 8 A
Medio	Cable ASi 2x1.5 mm ²	Cable ASi 2x1.5 mm
Tiempo máximo del ciclo	5 ms	10 ms
Transmisión de valores análogos	Vía bloques de función	Integrados en el maestro
No. de valores análogos	16 bytes para valores binarios y valores análogos	124 valores análogos
Procedimiento de Acceso	Maestro / Esclavo	Maestro / esclavo
Longitud del cable	100 m, hasta 300 m con extensores o repetidores	100 m, hasta 300 m con extensores o repetidores

2.1.- Actividades previas.

1. Investigue que es un bus de campo y las ventajas de este frente a los sistemas de cableado clásicos.
2. Investigue que es la ASi Asociación, cuales son sus funciones y quien compone esta asociación.
3. Analice los tipos de esclavos que se pueden conectar en una red ASi.
4. Investigue las características del cable ASi,

2.2.- Preguntas de reflexión

Comente con su equipo las ventajas de utilizar el bus de comunicación ASi, al reemplazar el sistema tradicional de conexiones desde el PLC a los sensores y actuadores.

3. Desarrollo experimental

3.1.- Material

- 1 IPC de FESTO, con tarjetas de ASi, y de E / S
- 1 Fuente ASi.
- 1 Cable ASi.
- 1 Módulo de entradas
- 1 Módulo de entradas y salidas.
- 1 Cilindro neumático de doble efecto
- 1 Modulo de válvulas

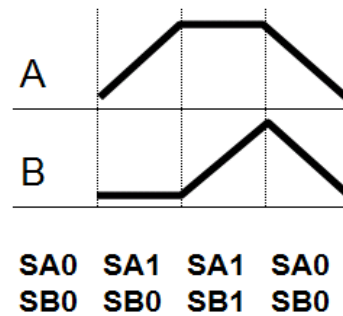
3.2.- Actividades

Realice las indicaciones dadas en el anexo A

3.3. Actividades complementarias

Al final de una banda transportadora llegan paquetes de piezas que deben ser elevados, este sistema se activa al detectar la presencia del paquete, de manera que cuando el S1, se activa el pistón A se extiende, y el sensor de final de carrera del pistón A activa que el pistón B se extienda y el sensor de final de carrera de pistón B activa el regreso de ambos en forma simultanea. Puede utilizar una botonera para simular el sensor de presencia de los paquetes.

Considere la siguiente secuencia de movimientos, donde A y B representan a los pistones.



4.- Conclusiones

Concluya sobre:

- La diferencia entre el cableado paralelo o mazo de cables y el bus de comunicación AS Interfase.
- Las ventajas que presenta el utilizar este tipo de redes de comunicación en el nivel de campo, sensores y actuadores.

5.- Bibliografía

Todo sobre AS-Interface. Manual de comunicaciones de Siemens

<http://www.festo.com>

6.- ANEXOS

ANEXO A

Por medio de esta práctica se pretenden mostrar los conceptos básicos de programación de ASI mediante el programa FST 4.

Este es un pequeño programa que simula la salida y entrada del pistón que se observa en la foto 1. El sistema está conformado por la fuente, por los módulos de entrada y salida y el busboard con sus diferentes elementos (fuente, CPU, ASI y módulo de entradas y salidas).

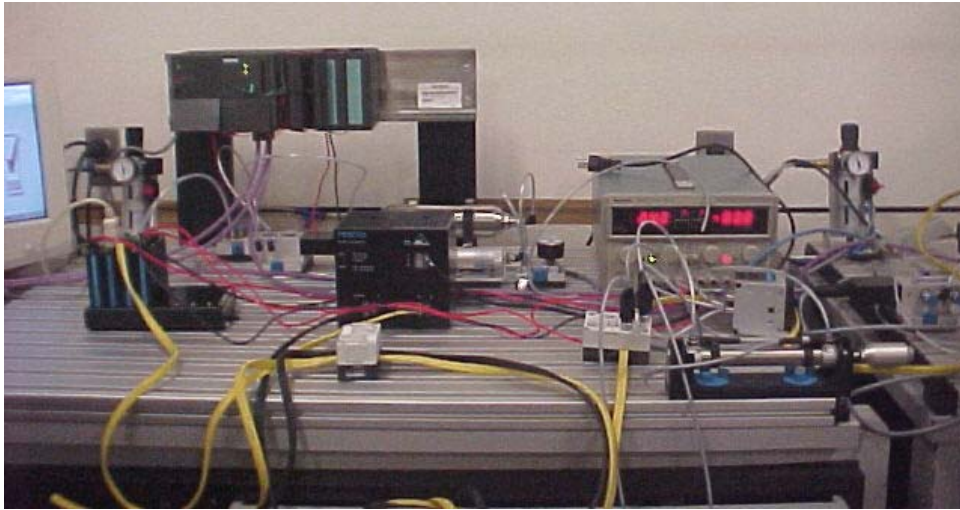


Foto 1. Vista general del proyecto

Se abre el software FST 4 y para este caso se elaboró el programa correspondiente al cableado anterior. En la figura 1 se muestra la ventana de programación.

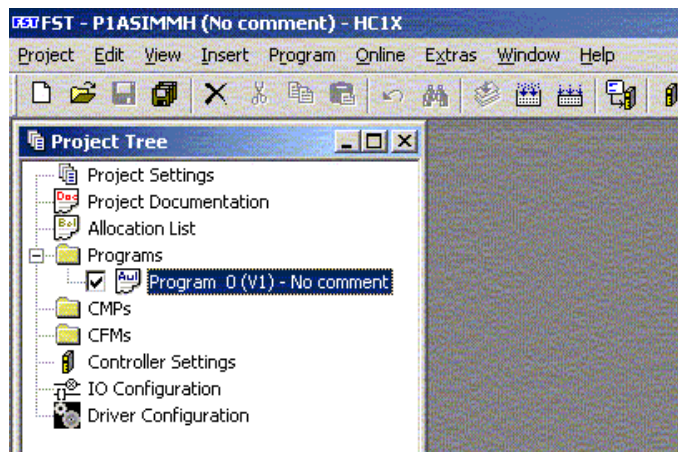
```

Program 0 (V1) - No comment
| IF          I1.05
|           AND          IO.0
| THEN SET    O2.04
|           SET          O1.10
| OTHRW      NOP
| IF          I1.04
| THEN RESET O2.04
| OTHRW      NOP

```

Fig. 1 Ventana de programación

Cuando se salva el programa, recuerde que su ubicación está dentro de la ventana de *Project Tree*. Ver figura 2.

Fig. 2 Ventana de *Project Tree*

Como todo componente el módulo ASI debe ser configurado. Para tal efecto, dar doble click en la sección de *Driver Configuration* (que se encuentra dentro de la ventana de *Project Tree*, ver figura 2) y dando click con el botón derecho dentro de la ventana, seleccionar *Insert Driver*. Aparece la ventana mostrada en la figura 3.

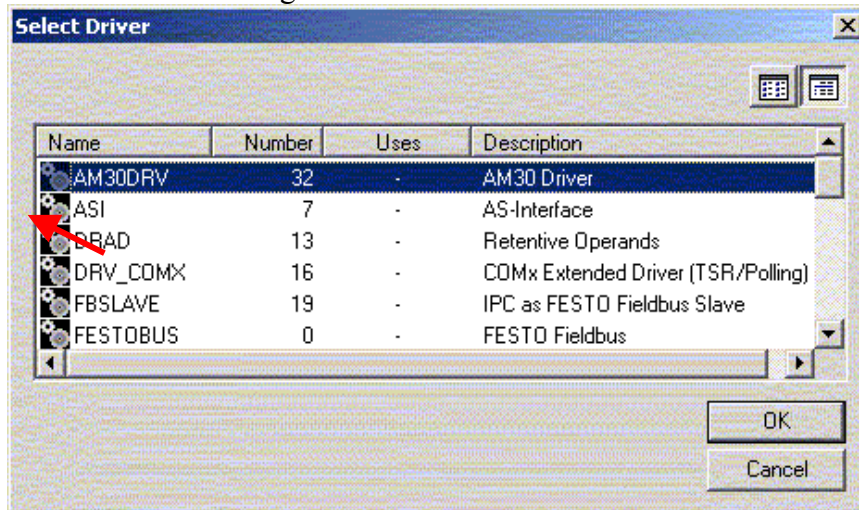


Fig. 3 Configuración del módulo ASI

Se selecciona la opción ASI y dar OK. Entonces la configuración queda de la siguiente manera:

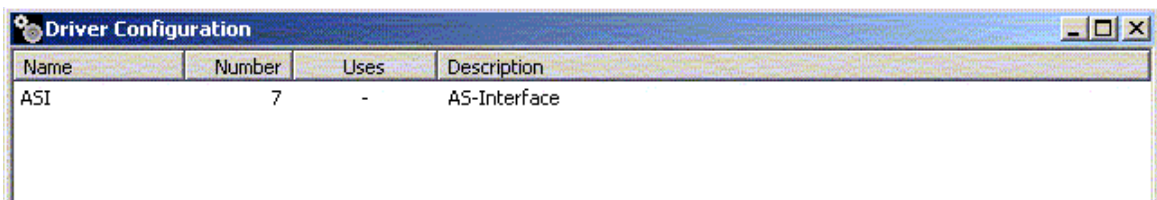


Fig. 4 Ventana de configuración del módulo ASI

CABLEADO

Sobre el busboard se conectan los módulos correspondientes: el módulo de conversión, el CPU, el módulo ASI, y el módulo de entradas y salidas. Sobre el CPU se hace la conexión con la computadora como se observa en la foto 2.

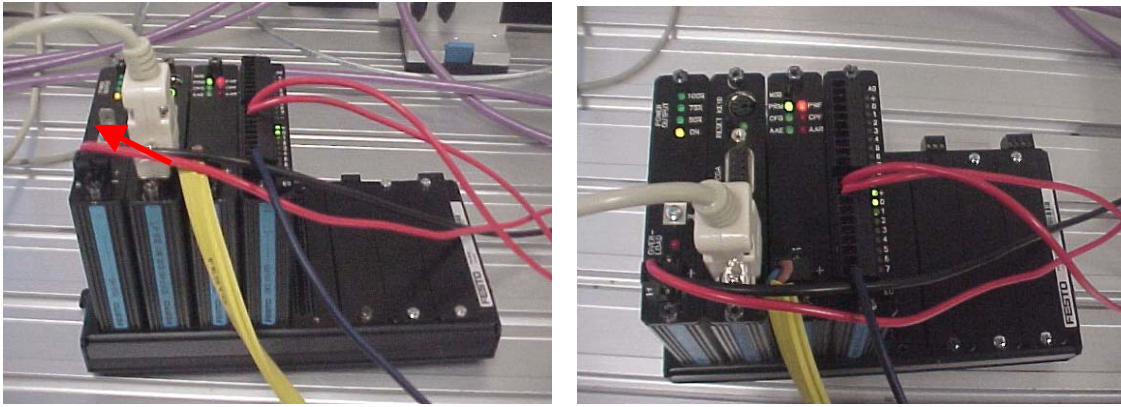
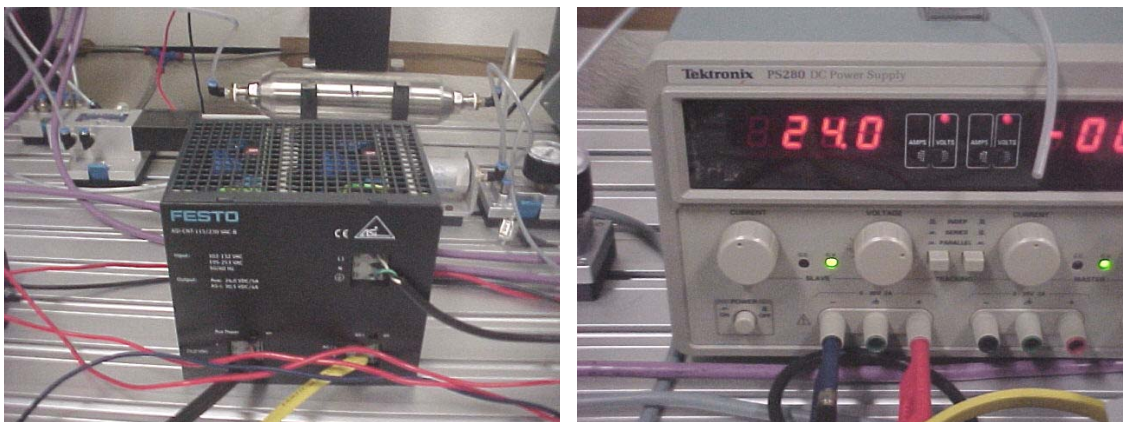


Foto 2. Busboard con los diferentes módulos

No hay que olvidar la alimentación del módulo de conversión por medio de la fuente ASI, ni del módulo de entradas y salidas por medio de una fuente convencional (24 V). Estos elementos se ilustran en la foto 3.



(a)

(b)

Foto 3. (a) fuente de alimentación del módulo de conversión de voltaje y (b) fuente tradicional.

La foto 4 muestra los módulos de entradas y salidas (esclavos). El primero de ellos consta de 4 entradas, el segundo consta de 2 entradas y 2 salidas. El primero se encuentra conectado al pistón para recibir las señales provenientes de los sensores. Para eso se utiliza un cable duo, cuyas terminales se dirigen al pistón.

Nota: para los fines de esta práctica sólo se usa una de las terminales de los cables duo para conectarse al pistón.(Véase foto 4)

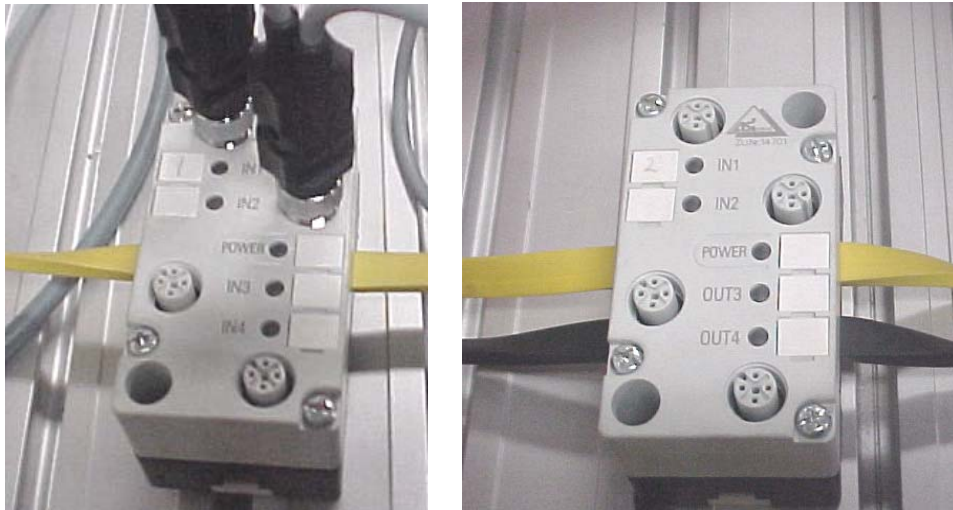


Foto 4. Módulos de entradas/salidas (eslavos)

La foto 5 ilustra la válvula que alimenta al pistón, así como las conexiones de este último.

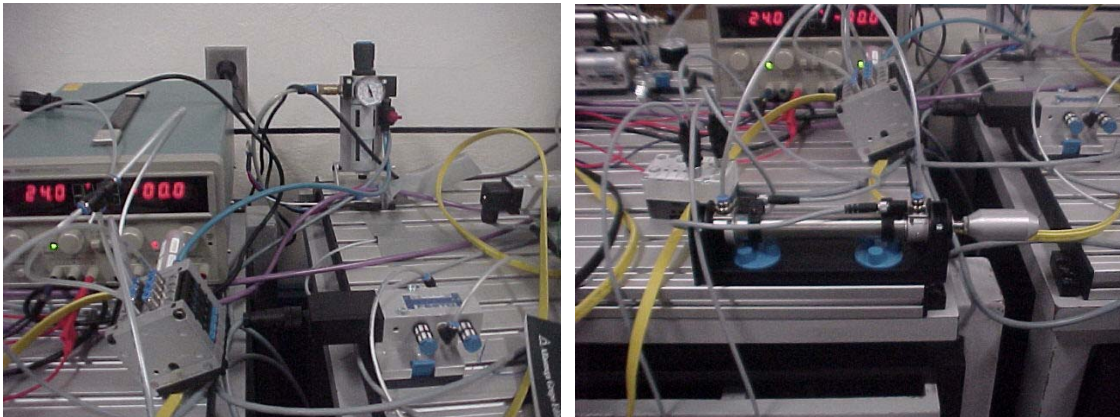


Foto 5. Conexiones referentes al pistón

EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

Primero es necesario dar una dirección al CPU, lo cual se hace entrando al menú *Extras* -> *AS-Interface*, se abrirá una ventana exclusivamente de ASI. Dentro esta ventana se selecciona *Edit*-> *Module selection*, y se asigna el número 1 por ser un solo CPU, y se da Aceptar.

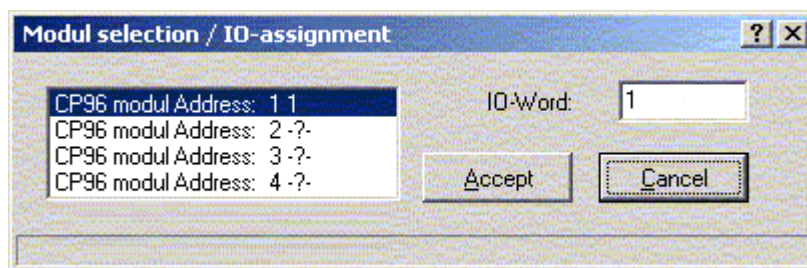
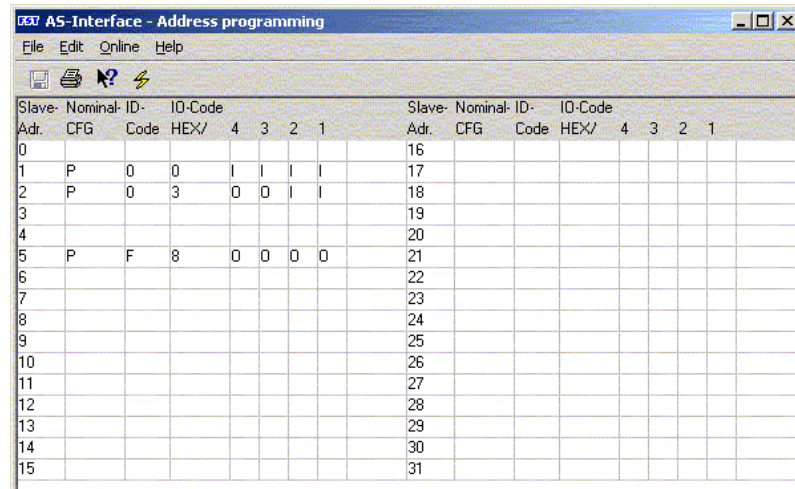


Figura 5. Asignación del CPU

Ahora se debe asegurar que el programa reconozca las direcciones de los diferentes componentes (previamente asignadas por medio del direccionador).

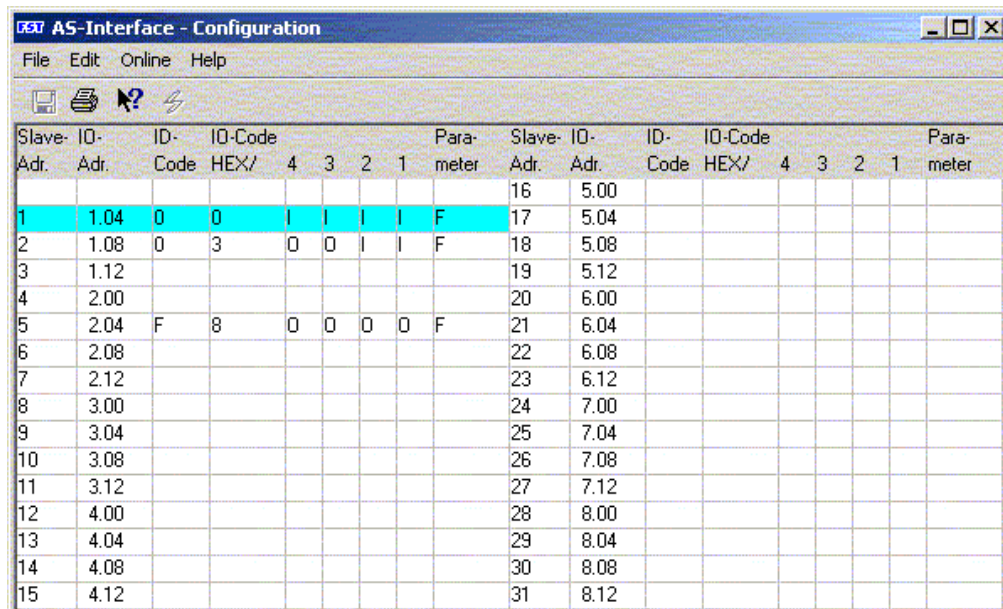
Seleccionar *Edit-> Slave address*. Aquí se observa que el programa reconoce 3 elementos, con 4 diferentes posibilidades cada uno. Por ejemplo el primero corresponde al primer módulo de entradas y salidas el cual efectivamente consta de 4 entradas (foto 4) y por eso aparecen 4 letras I en la tabla.



Slave-Adr.	Nominal-Adr.	ID-Code	IO-Code	HEX/	4	3	2	1	Slave-Adr.	Nominal-Adr.	ID-Code	IO-Code	HEX/	4	3	2	1
0									16								
1	P	0	0		I	I	I	I	17								
2	P	0	3		0	0	I	I	18								
3									19								
4									20								
5	P	F	8		0	0	0	0	21								
6									22								
7									23								
8									24								
9									25								
10									26								
11									27								
12									28								
13									29								
14									30								
15									31								


Figura 6. Direcciones de los elementos

Ahora seleccionar *Edit-> Configuration*. En esta tabla se verifica que las direcciones de los elementos correspondan a aquéllas de la ventana anterior. Nótese que en la columna de I/O address se indica el nombre de las variables, por ejemplo en la fila 1 la numeración de la entrada comenzará en I1.04 correspondiente a la primera entrada de dicho módulo. Para la segunda será I1.05 y así progresivamente.

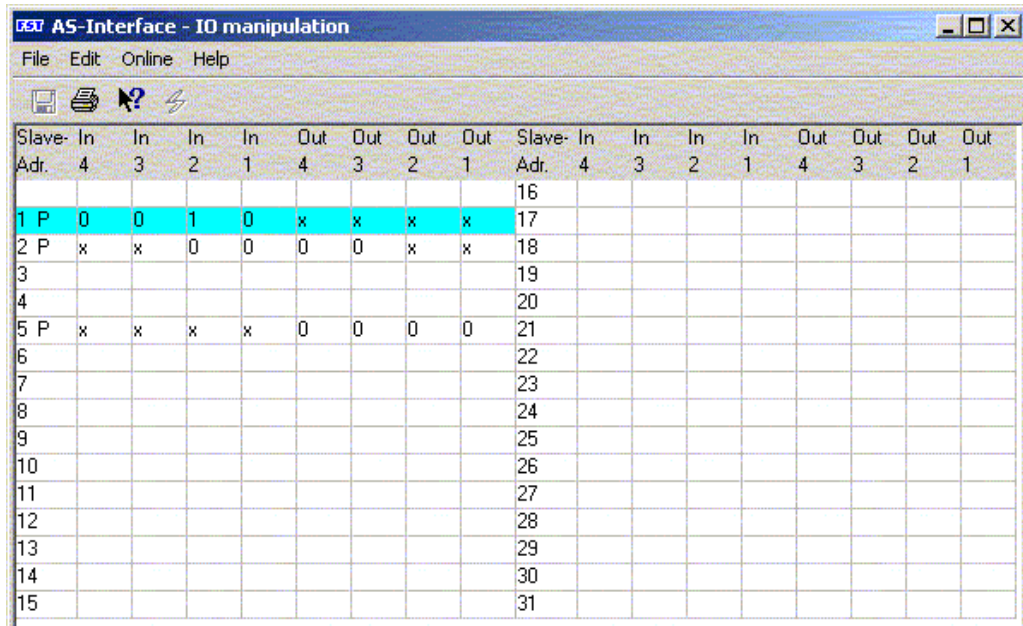


Slave-Adr.	ID-Adr.	ID-Code	IO-Code	HEX/	4	3	2	1	Parameter	Slave-Adr.	ID-Adr.	ID-Code	IO-Code	HEX/	4	3	2	1	Parameter
										16		5.00							
1	1.04	0	0		I	I	I	I	F	17		5.04							
2	1.08	0	3		0	0	I	I	F	18		5.08							
3	1.12									19		5.12							
4	2.00									20		6.00							
5	2.04	F	8		0	0	0	0	F	21		6.04							
6	2.08									22		6.08							
7	2.12									23		6.12							
8	3.00									24		7.00							
9	3.04									25		7.04							
10	3.08									26		7.08							
11	3.12									27		7.12							
12	4.00									28		8.00							
13	4.04									29		8.04							
14	4.08									30		8.08							
15	4.12									31		8.12							

Figura 7. Ventana de configuración

Para poder correr el programa recuerde bajarlo por medio del botón .

Para verificar el estado actual de todas la variable involucradas en el programa, seleccionar *Online -> Online display*, el cual despliega el estado de todas las variables involucradas.



Slave-Adr.	In 4	In 3	In 2	In 1	Out 4	Out 3	Out 2	Out 1	Slave-Adr.	In 4	In 3	In 2	In 1	Out 4	Out 3	Out 2	Out 1
16									16								
17	P	0	0	1	0	x	x	x	17								
18	P	x	x	0	0	0	0	x	18								
19									19								
20									20								
21	P	x	x	x	x	0	0	0	21								
22									22								
23									23								
24									24								
25									25								
26									26								
27									27								
28									28								
29									29								
30									30								
31									31								

Figura 8. Estado del programa

APÉNDICE D

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Estado de México

Práctica No. 6

Configuración y comunicación a través de la interfase MPI

1. Objetivos

- Obtener un panorama general en la aplicación y configuración de redes de comunicación industrial utilizando la interfase MPI
- Evaluar las ventajas de la comunicación de dispositivos en el entorno industrial.
- Resolver un problema de aplicación industrial utilizando la interfase MPI.

2. Marco teórico

Multi Point Interface (MPI) es la interfase de comunicación y programación estándar de las CPU's de SIEMENS. Al momento de crear un proyecto en el software STEP7, automáticamente se genera un objeto de la interfase multipunto (MPI), el cual se puede ver inmediatamente en la parte derecha antes de insertar cualquier dispositivo.

Una de las prestaciones más valiosas de esta interfase MPI es la de establecer la conexión de dispositivos de manera simultanea, significa que pueden operar en paralelo, por ejemplo, un dispositivo de programación, un dispositivo WinCC y acoplarlos a otro PLC. Esta posibilidad de conectar dispositivos en forma simultanea depende de la capacidad de la CPU del PLC, es decir, de los canales de conexión del dispositivo, por ejemplo la CPU 314 cuenta con 4 conexiones activas por nodo.

La interfase MPI permite compartir bases de datos, mediante un sistema de comunicación de datos globales (GD), la información se maneja en bloques pequeños, de hasta 22 bytes para el caso del PLC S7-300.

En la figura 9, en los anexos, encontrará un ejemplo de la tabla de datos globales. En esta tabla se definen marcas de memoria, en las que el PLC puede ser emisor o receptor, solo puede haber un emisor en cada renglón. En el mismo renglón las otras CPU's de la red son receptoras y en la celda se coloca la dirección de memoria en la que este reconocerá la información que reciba del emisor.

La interfase MPI sólo permite que una PC o PG, los cuales son dispositivos de programación de las estaciones que integran la red, tenga el acceso a la vez. Las direcciones MPI de la red se disponen de la siguiente manera:

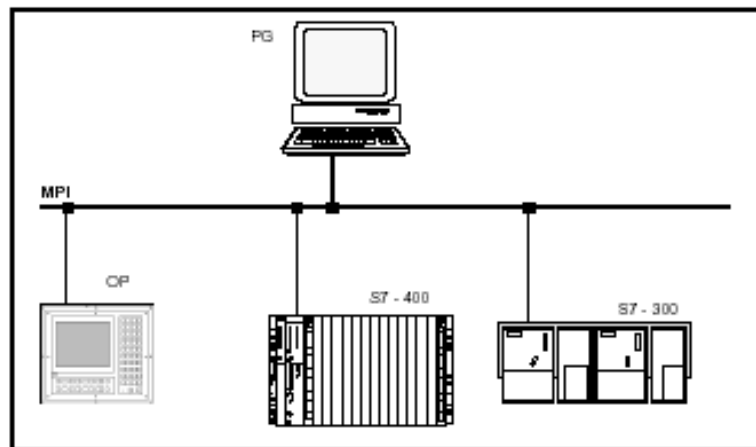
Dirección	Dispositivo	Descripción
0	OP	Panel de Operación
1	PC / PG	PC o Dispositivo Programador
2 hasta 31	CPU	PLC's

Las direcciones 0 y 1 están reservados como direcciones fijas y no se programan, sin embargo, si se conectan dos PC de manera simultanea en la red, esta falla.

En la figura 1 se puede observar un ejemplo de la subred MPI, es esta se conectan dispositivos tales como:

- El **PG** es un dispositivo programable para los productos de la familia SIMATIC de Siemens AG, usado para programación, configuración mantenimiento y para servicio, como ya se mencionó esta también puede ser una PC.
- El **CP** es un procesador de comunicaciones, también llamado módulo de comunicación para la instalación en una computadora o en un programador lógico programable.
- **S7-300** y **S7-400**, representa dos de las líneas de controladores lógicos programables de la familia, se usan en aplicaciones más complejas que necesitan de un mayor número de entradas-salidas. Ambos son modulares y ampliables. La fuente de alimentación y las entradas-salidas consisten en módulos independientes conectados a la CPU.

Figura 1 Ejemplo de una subred MPI



2.1.- Actividades previas.

- Investigue los conceptos “datos del sistema” y “datos de control”. Explique sus diferencias.
- Investigue las características más importantes de la interfase MPI.
- Analice y compruebe el método de configuración de la interfase MPI de los anexos de esta práctica.

d) Realice los programas necesarios para resolver las actividades complementarias.

2.2.- Preguntas de reflexión

a) Analice con su equipo y anexe en su reporte de la práctica ejemplo de aplicaciones donde puede utilizarse una subred MPI.

3. Desarrollo experimental

3.1.- Material

- 1 PLC de SIEMENS S7-300 con procesador 315 2 - DP
- 1 Cable de conexión de PROFIBUS con conectores dobles
- 1 Cilindro de doble efecto con sensor montado al final de carrera.
- 1 Juego de cables para conexión para las señales de cilindro
- 1 PC adapter para comunicar la PC con el PLC S7-300
- 1 PC con el software STEP 7 de SIMATIC
- 1 Válvula electropneumática 5/2 biestable.
- 2 detectores de final de carrera.

3.2.- Actividades

Abra un proyecto nuevo y realice la configuración de la interfase MPI (véase el anexo A sobre cómo configurar la red MPI).

Definir con el resto de los equipos de trabajo cuál estación tendrá la dirección MPI 2, 4 y 6 respectivamente.

Definir el ID de la subred, este número debe ser el mismo para todas las estaciones de trabajo dentro de la red.

Cada PLC deberá tener una dirección para enviar y recibir un byte de datos de cada uno de los otros PLC's. Por ejemplo, el PLC con la dirección MPI 2 enviará datos al PLC con dirección MPI 4 a través de la dirección 20, mientras que recibirá datos de este mismo PLC en la dirección 22. Para esto es necesario generar en cada PLC se debe generar una tabla de datos globales (Anexo B) de tal manera que cumpla con lo descrito en la siguiente tabla:

MPI 2	MPI 4	MPI 6
>MB20	MB20	
>MB21		MB21
MB22	> MB22	
	> MB23	MB23
MB24		> MB24
	MB25	> MB25

Una vez configurado cada PLC se forzará la dirección donde el PLC es emisor y se observará el resultado en los otros PLC's (revisar Anexo C observar y forzar variables).

3.3. Actividades complementarias

Con la configuración y la base de datos globales empleadas en el inciso anterior, resuelva el siguiente problema:

Una empresa manufacturera emplea tres PLC's S7-300, de los cuales cada uno controla un proceso de producción específico. Los PLC's están intercomunicados por medio de una red MPI.

Se requiere introducir un nuevo producto, el cual requiere se ejecuten los procesos de tres maneras diferentes. La tabla siguiente muestra el identificador del proceso y la dirección MPI del PLC que debe ejecutar su proceso.

ID del proceso	Proceso 1	Proceso 2	Proceso 3
2	2	4	6
4	4	6	2
6	6	2	4

Si analizamos la tabla para el caso del producto con ID 6, se puede ver que la secuencia a realizarse iniciará con el PLC con dirección MPI 6, continuará aquél con dirección MPI 2 y terminará la secuencia el que tiene la dirección 4.

El PLC 6 es quien recibe el ID del proceso y por lo tanto es quien iniciará la secuencia. En el caso del proceso 6, el PLC con dirección 6 realizará su trabajo y al terminar mandará el número F_h al siguiente PLC que debe ejecutar su proceso, el cual al terminar activará al siguiente PLC de la misma manera.

NOTA: Cada PLC debe realizar una vez su proceso y esperar la siguiente orden.

4. Conclusiones

De acuerdo con las actividades realizadas, concluya lo siguiente:

- Campo de aplicación de la interfase MPI.
- Limitantes de las redes MPI.
- Ventajas del uso de redes de comunicación industrial en los PLC's.

5. Bibliografía

Weigmann, Kilian, Decentralization with PROFIBS DP, Siemens, 2000

Mmanual S7 Communication with SIMATC net, Siemens, oct 2000.

Manual de capacitación SITRAIN STEP 7 avanzado. Siemens México, 2002

“Manuales S7-300 / S7-400” <http://www.grupdap.com/manuales.html#S7300> (julio, 2003)

Anexos de la práctica.

ANEXO A:

Configuración una subred MPI

Existen dos opciones para configurar todos los dispositivos conectados a la subred:

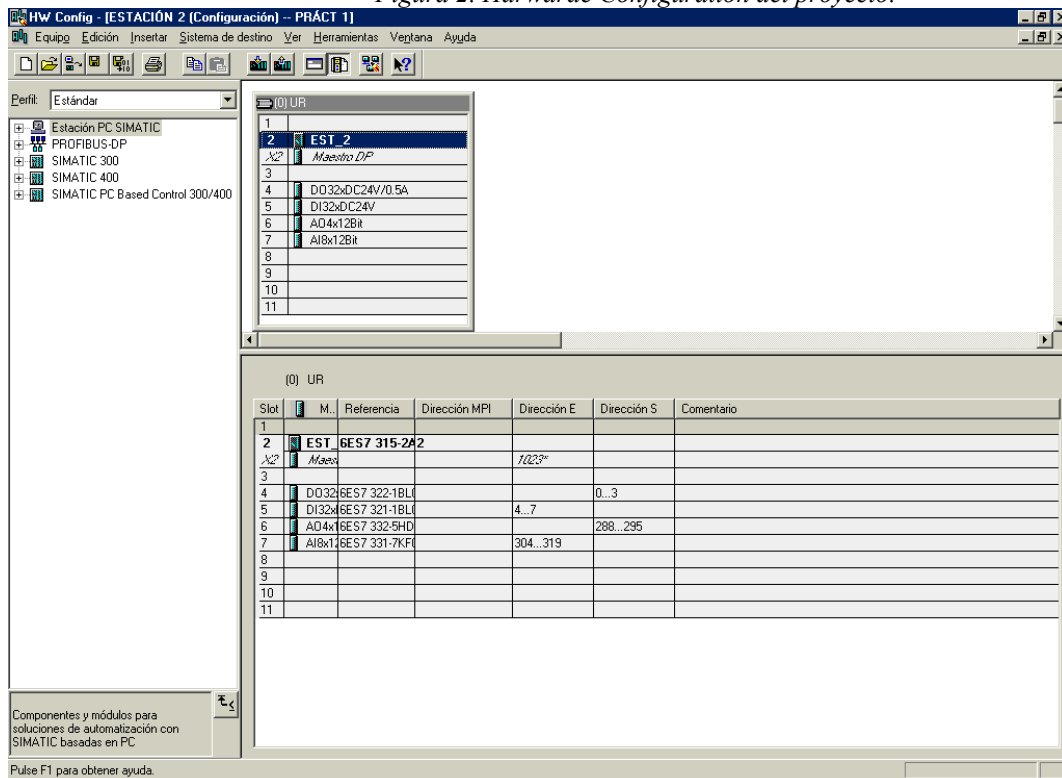
- La primera opción es configurar toda la red desde una misma PC, y al bajar la configuración al PLC, conectar de manera independiente el cable PC adapter al puerto MPI de cada dispositivo.
- La segunda opción es configurar desde PC independiente cada uno de los dispositivos de la subred.

NOTA: *Se debe respetar cuidadosamente el “nombre de la subred” y el “ID de la subred S7” indicados posteriormente en el punto número 5 del siguiente procedimiento.*

Pasos para configurar una subred MPI.

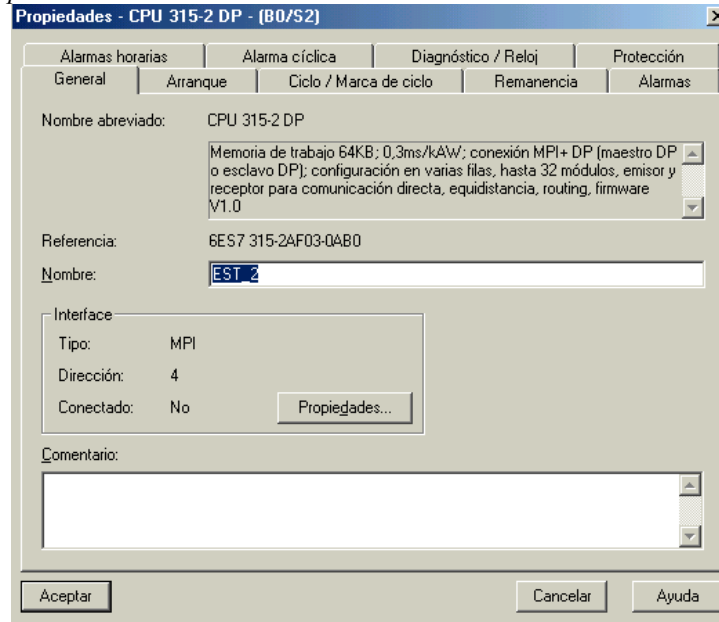
- Abrir proyecto nuevo y configurar tres estaciones de trabajo, dando a cada una diferentes nombres, de acuerdo a la práctica No. 2.
- Abrir el *Hardware Configuration* (HC) de la primera estación configurada y dar dos click en el slot número 2, en este está ubicado el CPU del PLC que se configuró, véase figura 2.

Figura 2. Harwarde Configuration del proyecto.



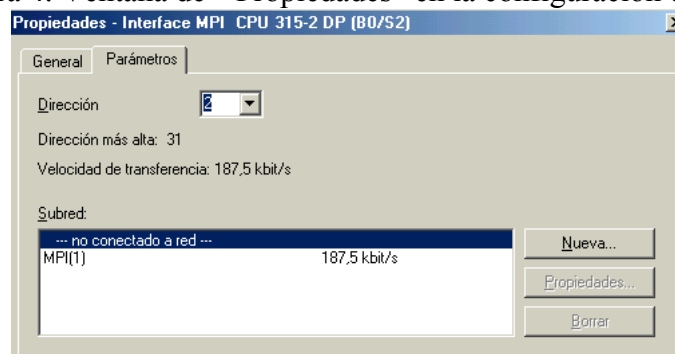
3. En esta ventana que se desplegó, en el apartado llamado **“General”**, como se muestra en la figura 3. En esta ventana puede cambiar el nombre si lo desea, seleccione el icono de **“Propiedades”**.

Figura 3. Apartado de **“General”** en ella ventana del CPU en el Hardware configuration



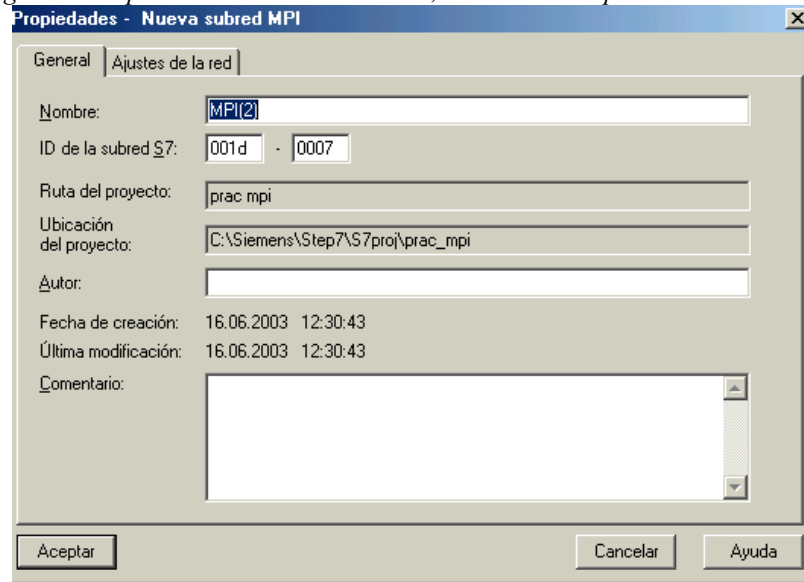
4. En esta ventana aparecen dos apartados una de **“General”** y otro de **“Parámetros”**, es el primero se puede ver información general que ya se ha introducido al sistema. En el segundo apartado se debe ajustar la dirección del CPU dentro de la subred MPI, cada CPU debe tener una dirección diferente en la subred. **NOTA: Al incorporar un nuevo dispositivo al proyecto, el software lo programa con el número 2, de manera que se complica si utiliza este valor, por tanto, seleccione un número diferente.**
5. En la ventana inferior se encuentra por default dos opciones la primera dice: **“no conectado a red”**, la segunda **“MPI (1)”**. Por default esta seleccionada la primera opción, y a un costado esta activo el icono **“Nueva”**, el cual indica la creación de una nueva subred. Si selecciona la segunda opción en la ventana se activa el icono de **“Propiedades”**. Seleccione la primera opción y el icono de **“Nueva”**, véase la figura 4.

Figura 4. Ventana de **“Propiedades”** en la configuración de MPI



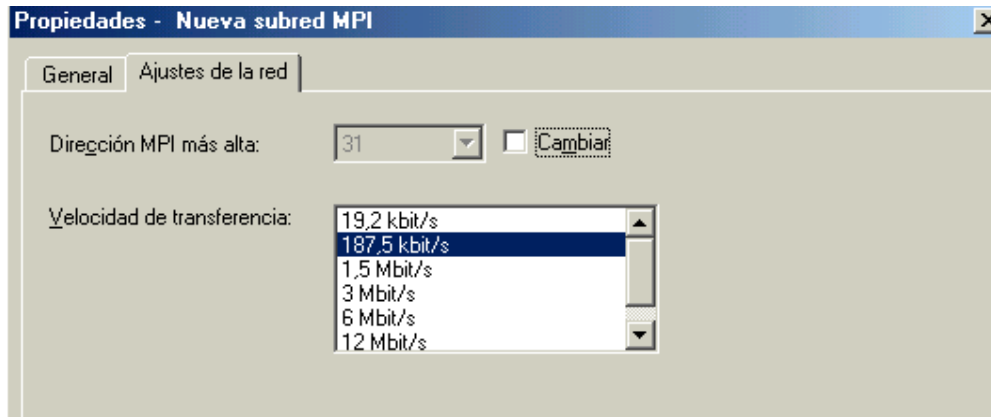
6. Nuevamente se despliega la ventana con dos apartados, el primero “**General**” y el segundo “**Ajustes de la red**”, en el primero selecciona el nombre que desea dar a la red y este nombre aparecerá en las opciones de la ventana anterior explicada en el punto número 4.
7. En la misma ventana se indica el “**ID de la Subred S7**” debe colocar el numero que identifique la subred que estará configurando. **NOTA**, este valor debe ser el mismo para todos los dispositivos conectados a la subred, véase la figura 5.

Figura 5. Propiedades de la nueva subred, mostrando el apartado de “**General**”



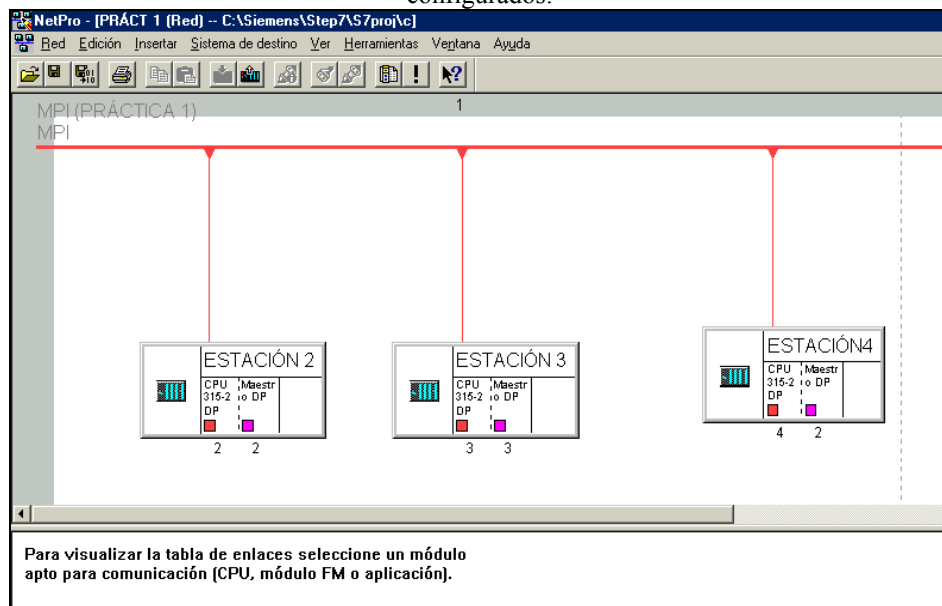
8. En el apartado de “**Ajustes de la red**” selecciona la velocidad de transferencia como se muestra en la figura 6. **IMPORTANTE Todos los nodos de la red deben ser configurados con la misma velocidad de transferencia.**

Figura 6 Propiedades de la nueva subred mostrando el apartado de “**Ajustes de la red**”.



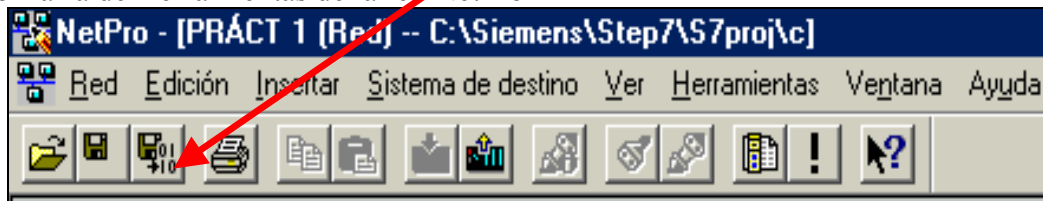
9. El paso final es aceptar la configuración que se ha creado de manera que acepta todas las ventanas abiertas.
10. Para los siguientes dispositivos debe seleccionar la subred existente y verificar la dirección del dispositivo en dicha subred, véase punto número 4.
11. Para verificar la configuración de los dispositivos a la subred abra el administrador SIMATIC, seleccione el nombre del proyecto, en la parte derecha se despliegan los dispositivos, así como la subred MPI que se ha creado, haga dos clic en la subred MPI, la figura 7 muestra la ventana que se despliega.

Figura 7. Muestra la ventana de NetPro, con las estaciones de la red MPI y la conexión de los dispositivos configurados.



12. En la ventana desplegada en la figura 7 puede ver la subred, los dispositivos conectados y las direcciones correspondientes, si desea realizar alguna corrección puede acceder dando dos clic a la CPU del dispositivo.
13. Guarde y compile la información desplegada, lo puede hacer con el icono en la barra de herramientas, el icono es el siguiente:

Figura 8 Barra de Herramientas de la red NetPro



Otra opción para guardar y compilar es ir a “red” ”guardar y compilar”.Cierre la ventana.

ANEXO B

Definición de datos globales

Abra el administrador SIMATIC, seleccione el nombre del proyecto, seleccione le subred MPI que creo, con esta seleccionada seleccione la opción **“Herramientas”** en la barra de herramientas, seleccione **“Definir datos globales”**.

En esta tabla debe decidir cual dispositivo es emisor y cual receptor, en cada renglón debe haber un solo emisor, se debe seleccionar una de las columnas y con el botón derecho del mouse elegir CPU, se despliegan las opciones de las estaciones de la subred y se acepta cual CPU es la indicada para la columna, se repiten los pasos para cada uno de los dispositivos de la subred.

Seleccione una celda y con el botón derecho del mouse puede elegir si dicha celda es emisor o receptor, edite la celda y asígnele una dirección de memoria tal como MW12, MB10 etc, de manera que si es emisor, todo lo que se almacene en esta celda se enviará a los dispositivos en la red y a su vez, estos recibirán la información en la dirección de memoria que se señale en mismo renglón como receptores.

Con los tres CPU defina la configuración de la tabla de la figura 9, note que las celdas sombreadas corresponden a las áreas en las que el CPU de la columna es el emisor.

Figura 9. Tabla de definición de datos globales.

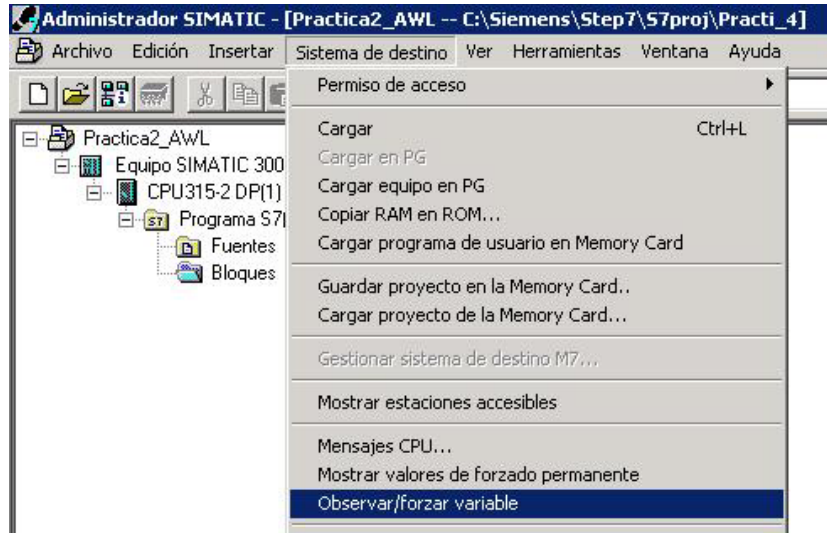
	Identificador GD	ESTACIÓN 2\ EST_2	ESTACIÓN 3\ EST_3	ESTACIÓN4\ EST_4
1	GD	>MW12	MW12	MW12
2	GD	>MW13	MW13	MW13
3	GD	>MW14	MW14	MW14
4	GD	MB20	>MB20	MB20
5	GD	MB21	>MB21	MB21
6	GD	MB22	>MB22	MB22
7	GD	MW30	MW30	>MW30
8	GD	MW31	MW31	>MW31
9	GD	MW32	MW32	>MW32
10	GD			

Guarde la tabla presionando el icono de guardar y cierre la ventana.

ANEXO C

Observar y forzar variables.


Abra el administrador SIMATIC, seleccione en el menú *Sistema destino*, elija la opción *Observar / forzar variable*.




En la nueva ventana aparecerá una tabla, la cual debe ser llenada con aquellas variables que se quieran observar o forzar. Un ejemplo de esta tabla se muestra en la figura siguiente:

	Operando	Formato de visualización	Valor de estado	Valor de forzado
1	MB 20	BIN	2#0000_0101	2#0000_0101
2	MW 32	DEC	58	12
3	MD 50	HEX	Dw#16#000000FF	Dw#16#000000FF
4	MD 60	REAL	123.56	123.56
5				

En la columna *Operando* se debe definir la variable a observar o forzar. En la columna *Formato de visualización* se define la manera en la cual se desplegará la variable, existen varias formas de definir el formato de visualización; binario, decimal, etcétera.

Para observar las variables definidas en la tabla, se debe activar el botón: . En el caso del forzado de variables, primero se debe escribir en la columna *Valor de forzado* el valor que debe

tomar la variable y posteriormente activar el forzado mediante el botón: 

APÉNDICE E

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Estado de México

Práctica No. 7

Configuración y programación del protocolo de comunicación industrial PROFIBUS DP

1.- Objetivos

- Configurar una red de comunicación industrial mediante el protocolo PROFIBUS DP, aplicándolo en un proceso sencillo con cilindros neumáticos.
- Obtener un panorama de las aplicaciones básicas de la red de comunicación industrial PROFIBUS DP.
- Conocerá los principales componentes de la red de comunicación industrial PROFIBUS DP, sus conexión, configuración y programación.
- Evaluar las ventajas de utilizar la comunicación industrial en los dispositivos de campo, así como PLC esclavos, tanto pasivos como inteligentes.

2.- Marco teórico

PROFIBUS (Process Field Bus) fue un proyecto de investigación (1987-1990) llevado a cabo por los siguientes participantes: ABB, AEG, Bosch, Honeywell, Moeller, Landis & Gyr, Phoenix Contact, Rheinmetall, RMP, Sauter-cumulus, Schleicher, Siemens y cinco institutos alemanes de investigación.

PROFIBUS es la red destinada al ámbito celular y de campo, con aplicación prioritaria en el entorno industrial. La red PROFIBUS cumple la norma PROFIBUS EN 50170 (1996). Esto significa que todos los productos se ajustan a dicha norma.

PROFIBUS DP es una de las aplicaciones del protocolo PROFIBUS fue desarrollada 1994, DP significa Periferia Descentralizada. Es un bus de campo que tiene las siguientes características:

Velocidad de transmisión: 9.6, 19.2, 93.75, 187.5, 500 Kbps, 1.5, 3, 6, 12 Mbps,

Número máximo de dispositivos o nodos: 127 nodos (124 esclavos + 3 maestros), se requiere de tres repetidores en cuatro segmentos.

Esclavos: Existen dos tipos de esclavos básicamente, esclavos normales y esclavos inteligentes, estos últimos pueden ser PLC modulares, con prestaciones adicionales para controlar alguna de las parcelas del proceso o de la planta.

Medio de Transmisión: Par trenzado o fibra óptica.

2.1.- Actividades previas.

1. Investigue las funciones de un Maestro PROFIBUS, los tipos de maestros PROFIBUS DP de SIEMENS.
2. Investigue los tipos de esclavos PROFIBUS de SIEMENS y sus características técnicas.
3. Investigue la función de los bloques de organización OB82 y OB86.
4. Investigue las características del cable PROFIBUS y los conectores dobles, reporte sobre la función del interruptor de resistencia incluido en dicho conector.
5. Prepare el programa del Maestro, así como de los esclavos para efectuar la actividad complementaria, este deber ser en lista de instrucciones.
6. De común acuerdo con los otros equipos de trabajo del grupo, coordinar el orden para ser el maestro, el número de las estaciones, nombre y el ID de la red, de manera que todos los equipos tengan la oportunidad de ser maestros al realizar la actividad del desarrollo experimental.

2.2.- Preguntas de reflexión

Analice con su equipo y anexe en su reporte el potencial de aplicaciones mediante la red de comunicación industrial PROFIBUS DP.

3. Desarrollo experimental

3.1.- Material

- 1 cable PROFIBUS con conectores dobles para todo el grupo.
- 1 PLC SIEMENS con CPU 315-2 DP en cada mesa de trabajo.
- 1 Cable PC Adapter
- 1 cable de comunicación PC – PLC.

3.2.- Actividades

Configure la red PROFIBUS DP siguiendo los pasos marcados en el anexo A al final del documento. Conecte el cable PROFIBUS en los puertos DP de los PLC, verifique las direcciones de la configuración y proceda con la programación de los Bloques de Organización.

Las direcciones de intercambio de información del Esclavo 2, deber ser:

Línea	MODO	Esclavo 2		Maestro PROFIBUS	
		E/S	Dirección	E/S	Dirección
1	M/E	E	10	S	11
2	M/E	S	12	E	13
3					

Las direcciones de intercambio de información del Esclavo 4, debe ser:

Línea	MODO	Esclavo 4		Maestro PROFIBUS	
		E/S	Dirección	E/S	Dirección
1	M/E	E	20	S	21
2	M/E	S	22	E	23
3					

En el OB1 del maestro programe el siguiente listado de instrucciones.

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Comentario:

Segm. 1: Título:

Carga el Byte local 17 del OB1, en este byte se almacena el segundero del reloj del PLC, transfiere este byte a salida física 0 y a las marcas de memoria 11 y 21 de acuerdo con la tabla de direcciones de la configuración del los Esclavos DP
 Carga la marca de memoria 13, tipo byte, que recibe del esclavo 2 y la transfiere a la entrada física 1
 Carga la marca de memoria 23, tipo byte, que recibe del esclavo 4 y la transfiere a la entrada física 2

```
L    LB    17
T    EB    0
T    AB    11
T    AB    21
L    EB    13
T    EB    1
L    EB    23
T    EB    2
```

En el OB1 del Esclavo DP (2) programe la siguiente lista de instrucciones.

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Comentario:

Segm. 1: Título:

Carga el Byte local 17 del OB1, en este byte se almacena el segundero del reloj del PLC, transfiere este byte a salida física 0 y a las marcas de memoria 12 de acuerdo con la tabla de direcciones de la configuración del los Esclavos DP
 Carga la marca de memoria 10, tipo byte, que recibe del esclavo 2 y la transfiere a la entrada física 1

```
L    LB    17
T    EB    0
T    AB    12
L    EB    10
T    EB    1
```

En el OB1 del Esclavo DP (2) programe la siguiente lista de instrucciones.

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Comentario:

Segm. 1: Título:

Carga el Byte local 17 del OB1, en este byte se almacena el segundero del reloj del PLC, transfiere este byte a salida física 0 y a las marcas de memoria 22 de acuerdo con la tabla de direcciones de la configuración del los Esclavos DP
Carga la marca de memoria 11, tipo byte, que recibe del esclavo 1 y la transfiere a la entrada física 1

L	LB	17
T	EB	0
T	AB	22
L	EB	11
T	EB	1

Cargue los Bloques de Organización OB1,OB82 y OB86, en sus respectivos PLC.

En la entrada 1 de cada PLC se debe desplegar su propio reloj, en la entrada 1 de los esclavos se debe desplegar el reloj del maestro y en la entrada 1 del maestro se debe desplegar el reloj del esclavo 1 y en la entrada 2 se debe desplegar el reloj del esclavo 4.

3.3. Actividades complementarias

Realice las conexiones correspondientes de manera que a cada PLC sea cableado un cilindro de doble efecto, y que a través de una botonera cableada al maestro se pueda seleccionar lo siguiente:

Al presionar el botón 1 el cilindro asociado al maestro salga y regrese, al terminar, el cilindro asociado al esclavo 2 haga lo mismo y al terminar lo haga el cilindro asociado al esclavo 4. Al presionar el botón 2 la secuencia sea esclavo 2 ejecuta y regresa, esclavo 1 hace lo mismo y finalmente lo hace el maestro. Al presionar el botón 3 todos salgan y todos regresen al mismo tiempo.

Anexe en su reporte la lista de instrucciones de programación, material utilizado y el reporte de la experiencia al realizar la práctica.

4.- Conclusiones

En su reporte de la práctica concluya sobre:

- Aplicaciones de PROFIBUS DP en la industria, considerando el tipo de industria y la diversidad de utilización.

- Las diferentes características de PROFIBUS DP.
- Las direcciones físicas y las direcciones de entrada y salida, utilizadas para configurar la comunicación en PROFIBUS DP.
- Las diferentes velocidades de transferencia de la información.

5.- Bibliografía

SITRAIN, Curso especial ITESM, S7 avanzado, Training for automation and Drives. México 2002. 339 p.

Weigmann, Josef y Kilian Gerhanrd. Decentralization with PROFIBUS DP, Architecture and fundamentals, configuration use with SIMATIC S7. Germany, MCD Verlang – SIEMENS, 2000. 224 p.

6.- Anexos de la práctica

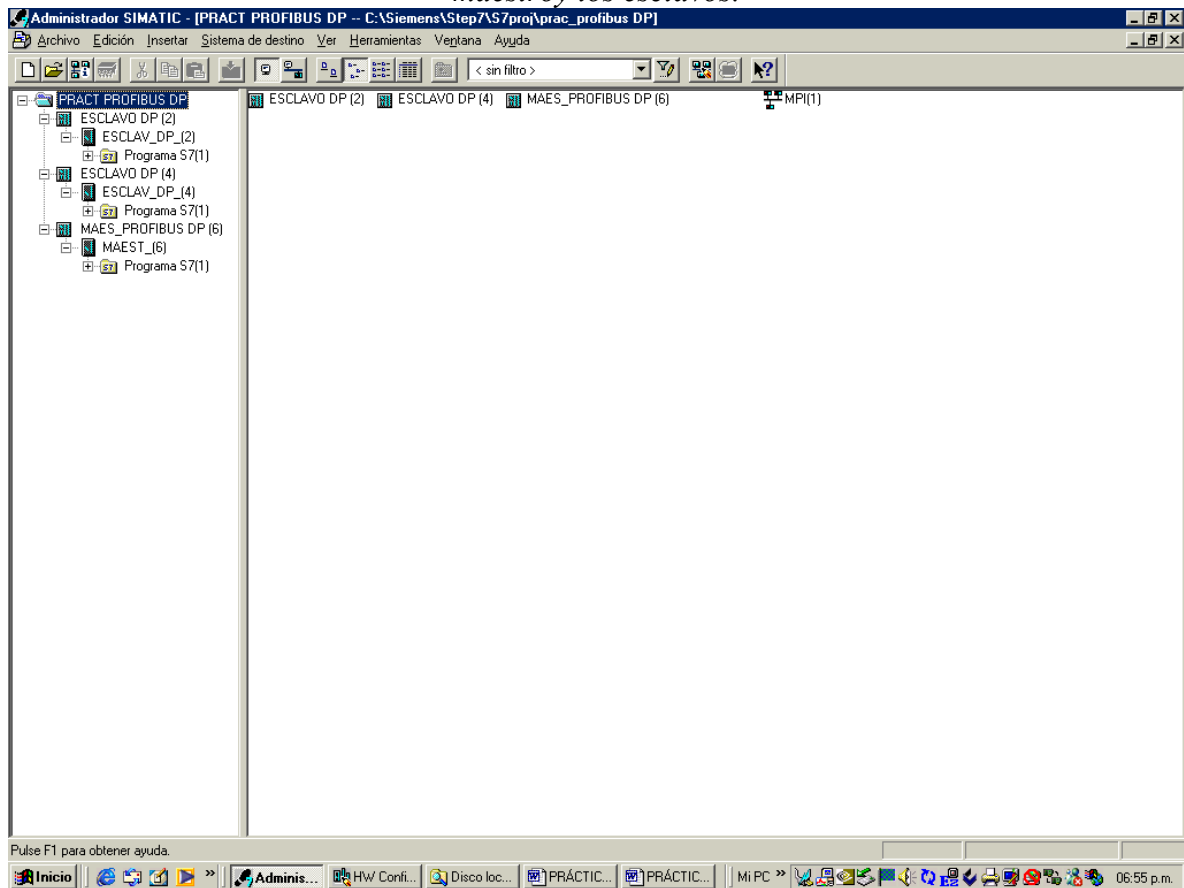
ANEXO A

Configuración de la estación de trabajo del Maestro DP en una red de comunicación PROFIBUS DP.

Los pasos siguientes muestran la manera de crear un proyecto de comunicación industrial utilizando PROFIBUS DP, la primera parte muestra la configuración de la estación del Maestro DP. En el anexo B se describe el procedimiento de configuración para las estaciones de esclavos DP.

1. Cree un proyecto en el administrador SIMATIC en el que debe configurara tres estaciones una de estas debe ser maestro y las otras dos esclavos, véase el ejemplo en la figura 1. Para el presente ejemplo se ha seleccionado los nombre de los esclavos “**ESCLAVO DP (2)**” y “**ESCLAVO DP (4)**”, el número entre paréntesis indica el número de la estación que se seleccionó, de la misma manera el maestro tiene su número de estación y el nombre dado “**MAES_PROFIBUS DP (6)**”.

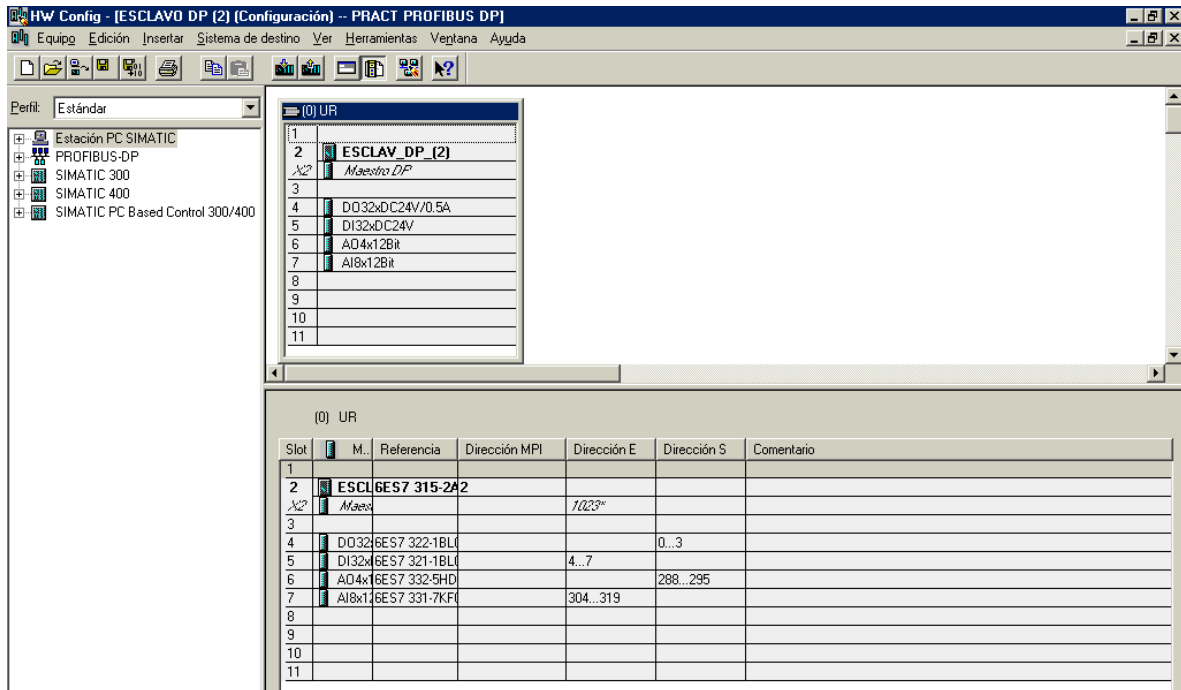
Figura 1. Ventana del Administrador SIMATIC en la que se muestra el proyecto completo, el maestro y los esclavos.



2. Abra el “Hardware configuration” de la estación ESCLAVO DP (2) desde el administrador SIMATIC, seleccionando el nombre de la estación de trabajo.

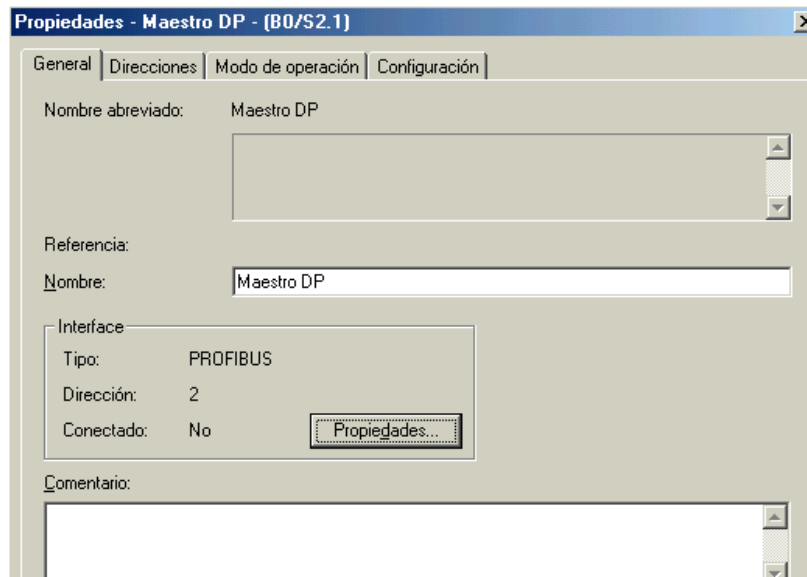
- Por defecto este dispositivo esta configurado para ser Maestro DP, de la misma manera dé dos “clicks” en la fila del Maestro DP. Véase la figura 2.

Figura 2. Hardware Configuration de la estación ESCLAVO DP (2)



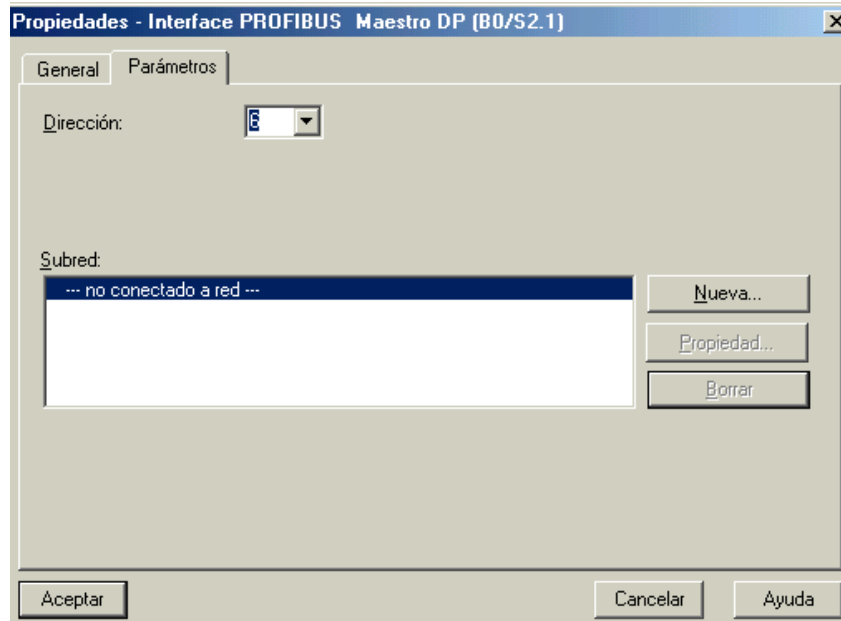
- Se despliega la ventana de propiedades del Maestro DP y elige el icono “Propiedades”, véase la figura 3.

Figura 3. Propiedades del Maestro DP de la estación ESCLAVO DP (2).



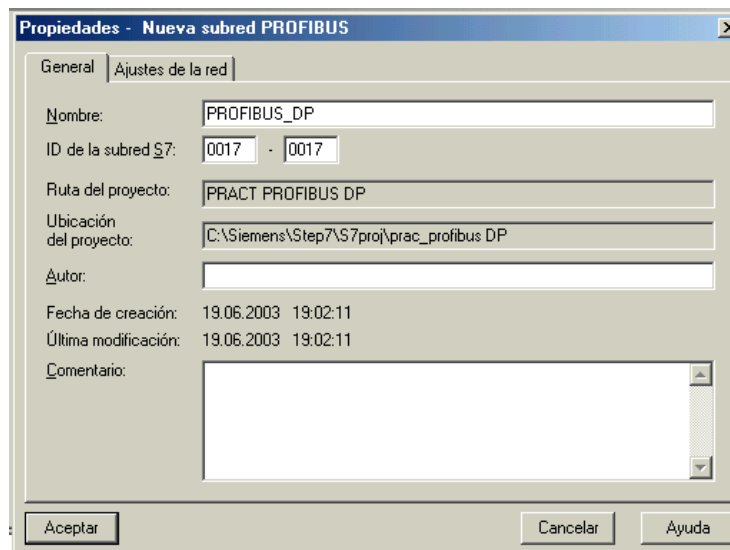
5. La ventana que se desplegó, como se puede observar en la figura 5, tiene dos apartados uno general u otro parámetros, en el apartado de “General”, puede cambiar el nombre del maestro, escribir comentarios y/o cambiar los datos del autor del proyecto. En el apartado de “Parámetros” encuentra la dirección PROFIBUS DP, en esta debe seleccionar el número 6, y seleccione el icono “Nueva”, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Ventana de propiedades de la interfase PROFIBUS.



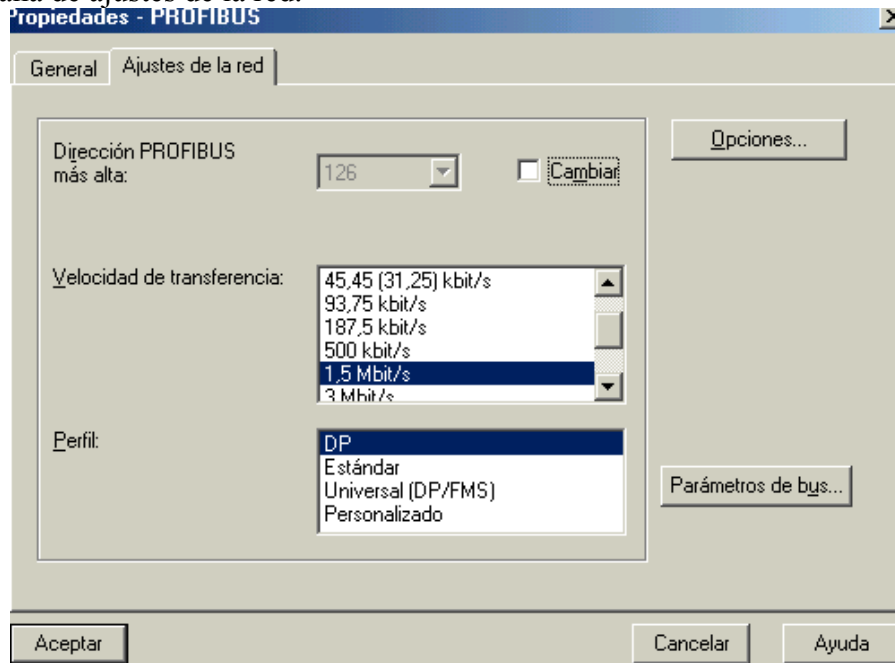
6. Se desplegó la ventana de propiedades de la nueva subred PROFIBUS, escriba el nombre y el ID de la subred. **NOTA: El nombre y el ID deben ser los mismos en toda la subred. Véase figura 5**

Figura 5. Propiedades de la nueva subred PROFIBUS.



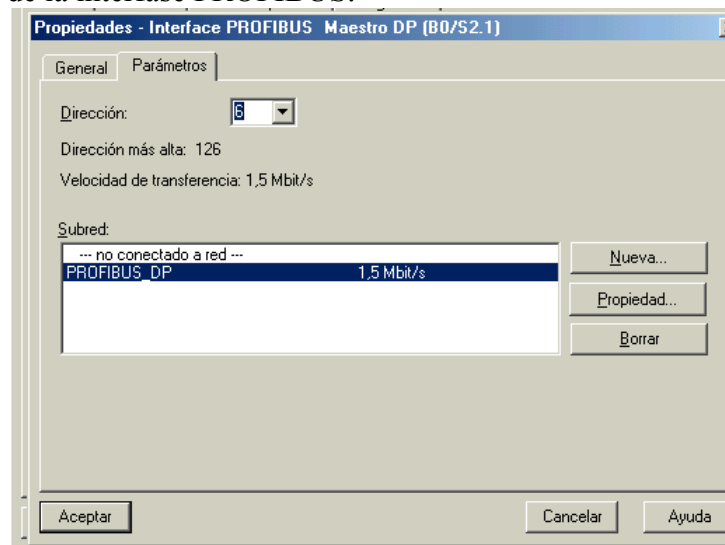
7. En el apartado de “Ajustes a la red” seleccione la velocidad de transferencia de 1.5 Mbit/s y el perfil de la red debe ser DP, como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Ventana de ajustes de la red.



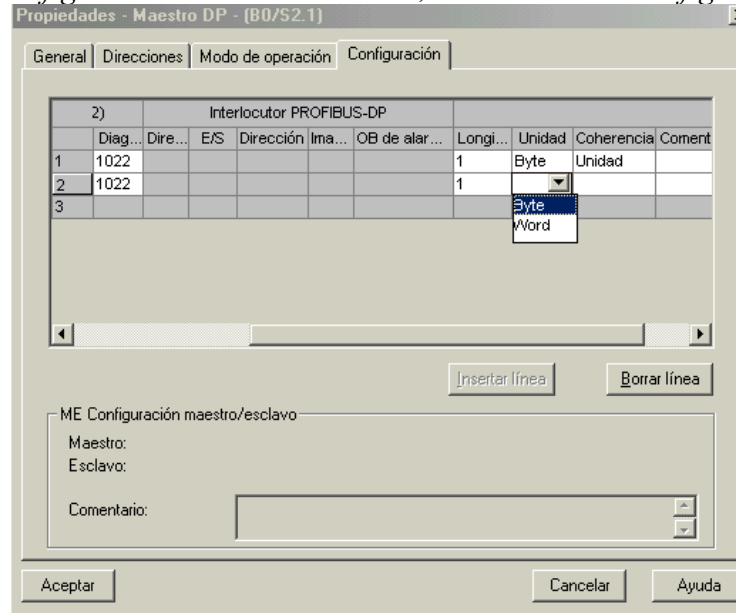
8. Acepte la ventana anterior y nuevamente se despliega la ventana de propiedades de la interfase, con la diferencia que la red PROFIBUS ya fue activada, como se puede observar en la figura 6, acepte la ventana.

Figura 7 Propiedades de la interfase PROFIBUS.



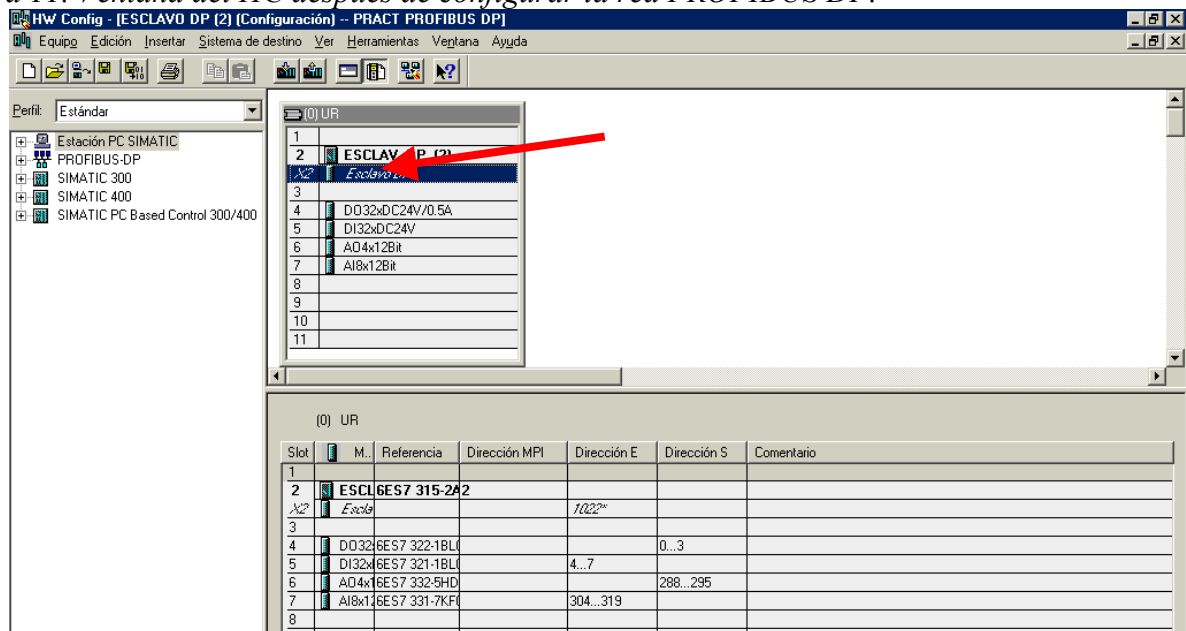
9. En la ventana de propiedades del Maestro DP, seleccione el apartado “Modo de operación”, seleccione la opción “Esclavo DP”, como se muestra en la figura 8.

Figura 10. Tabla de configuración del ESCLAVO DP, continuación de la figura 9.

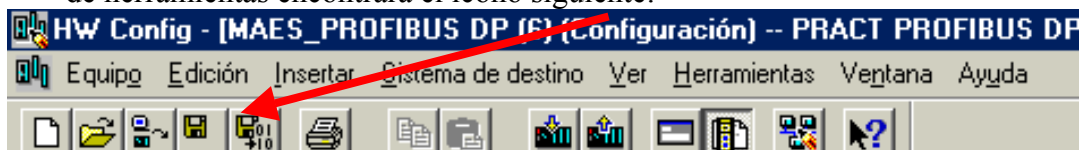



11. Acepte la ventana, se despliega nuevamente la ventana del *Hardware Configuration* del dispositivo, note que ahora la fila bajo el nombre del dispositivo esta configurada como “Esclavo DP”, como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Ventana del HC después de configurar la red PROFIBUS DP.



12. **NOTA MUY IMPORTANTE:** Guarde y compile la configuración realizada, en la barra de herramientas encontrará el icono siguiente:

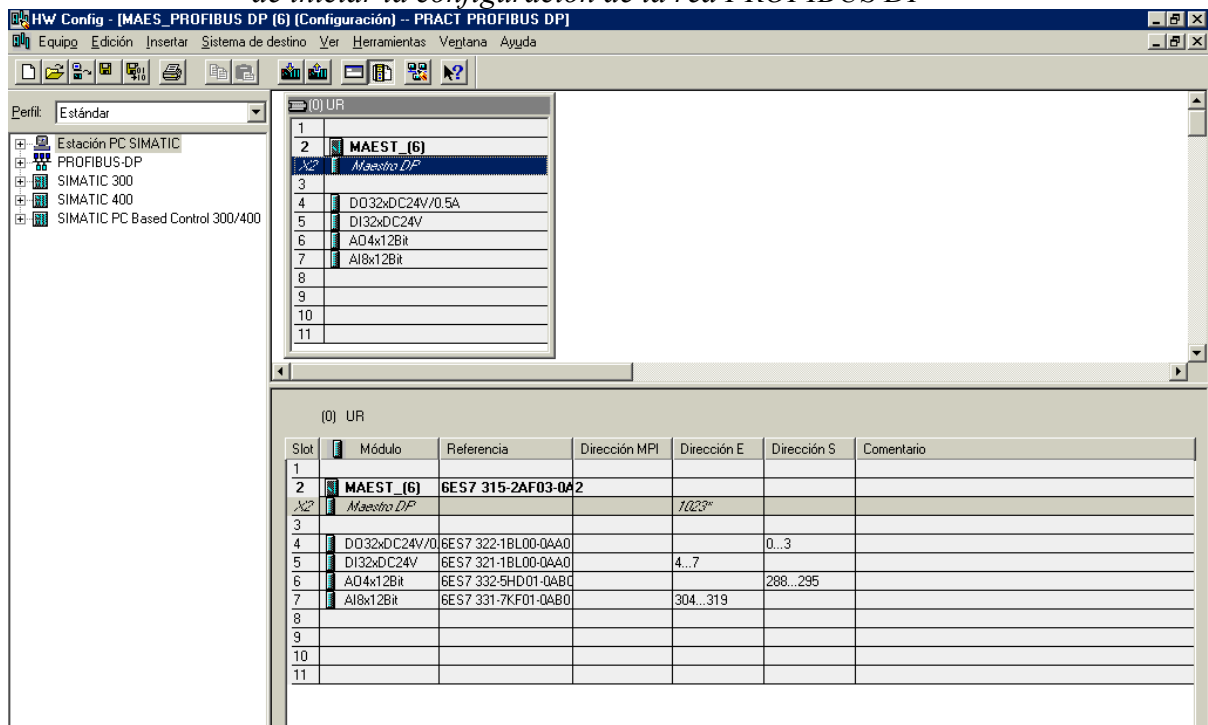


13. Baje la configuración del ESCLAVO DP con el icono: . Cierre el “Hardware Configuration” del dispositivo.

14. Repita los pasos del 2 al 13 para la estación de trabajo siguiente, considerando que no se creará una nueva red de PROFIBUS de los paso número 5 y 6, sino que se procederá directamente al paso 8. En el paso 10 es muy importante que se considere que las direcciones de entrada y de salida pertenecerán a la nueva estación de trabajo que se esta configurando.

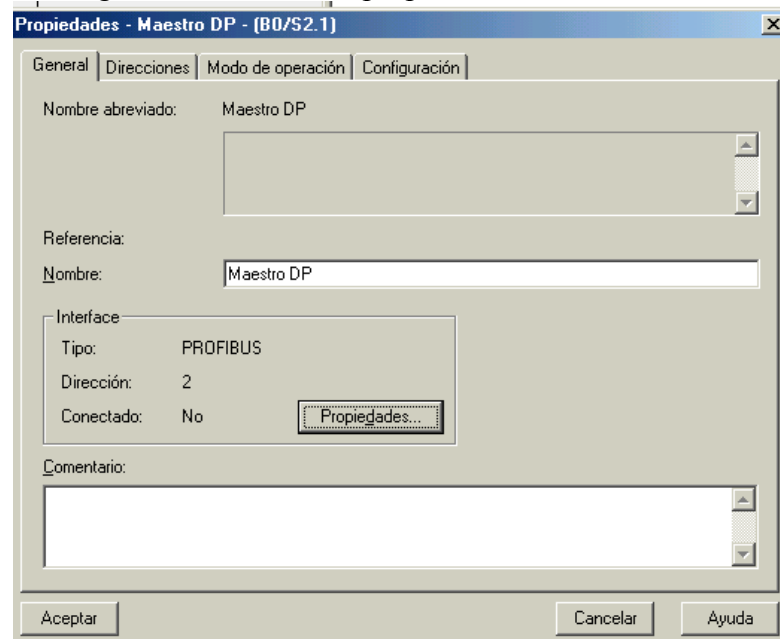
15. Seleccione el maestro y abra el Hardware Configuration, en esta ventana debe seleccionar el renglón entre el 2 y el 3, en este se encuentra la leyenda “Maestro DP”, dé dos clic, véase la figura 12.

Figura 12. Ventana del Hardware Configuration en la que debe seleccionar el Maestro DP a fin de iniciar la configuración de la red PROFIBUS DP



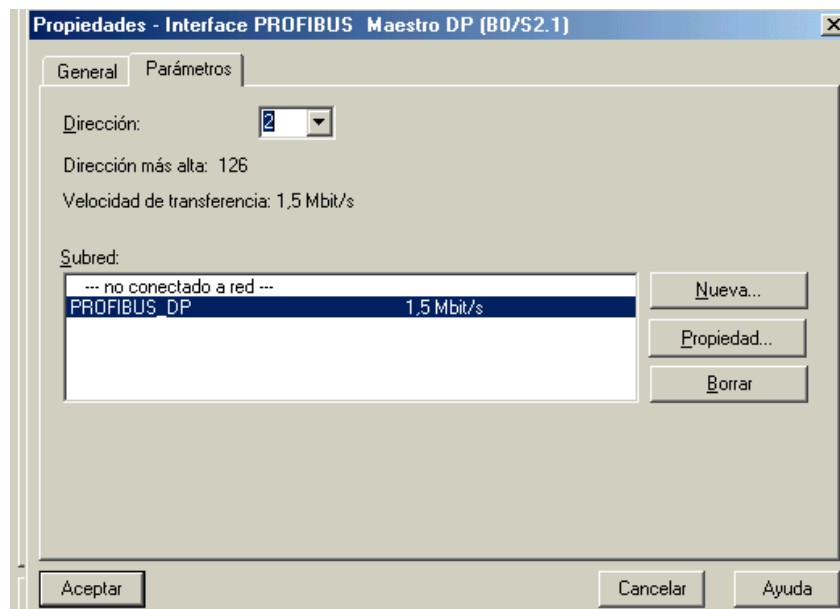
16. Se despliega la ventana de propiedades del maestro DP, note que hay 4 apartados estos apartados son: General, Direcciones, Modo de Operación, y Configuración. El tipo es PROFIBUS la dirección es por default 2 y no esta conectado. Seleccione el icono de propiedades y vaya a la siguiente ventana. Véase la figura 13.

Figura 13. Ventana de propiedades del Maestro DP.



17. Al desplegar la ventana de las propiedades de la interfase PROFIBUS, seleccione la red “PROFIBUS_DP” que aparece en la parte inferior y verifique la dirección del dispositivo en la parte superior de la ventana. Acepte la ventana. Véase la figura 14.

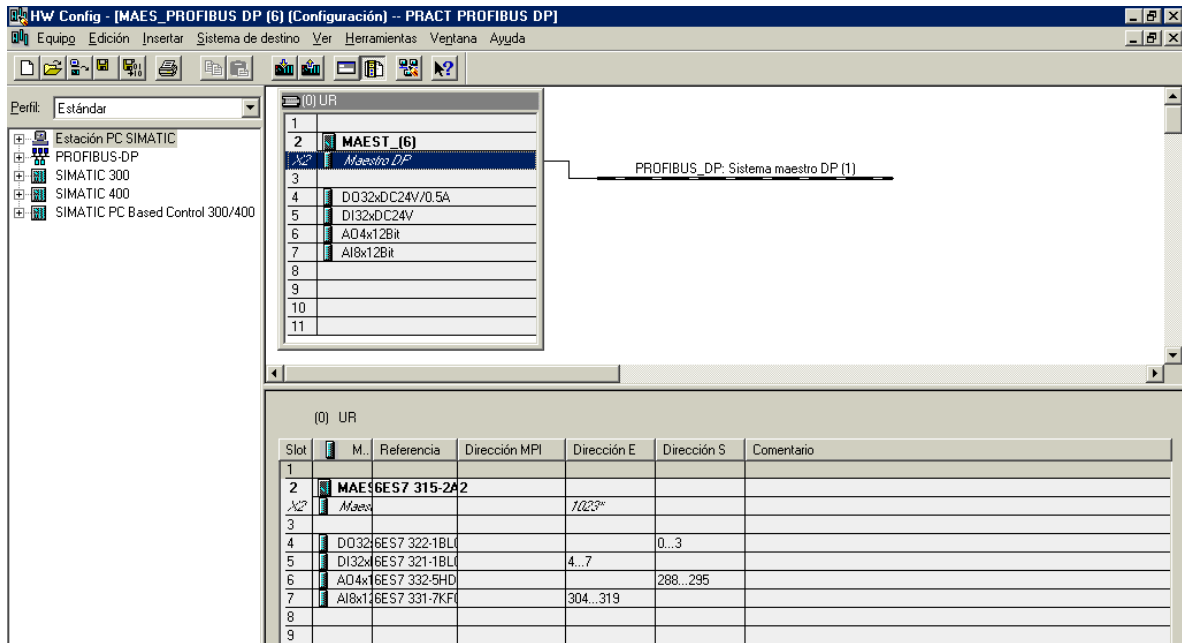
Figura 14. Propiedades de la Interfase PROFIBUS



18. Se despliega nuevamente la ventana de propiedades del Maestro DP, selecciones el apartado de modo de operación y verifique que este activada la opción de Maestro DP. Acepte la ventana.

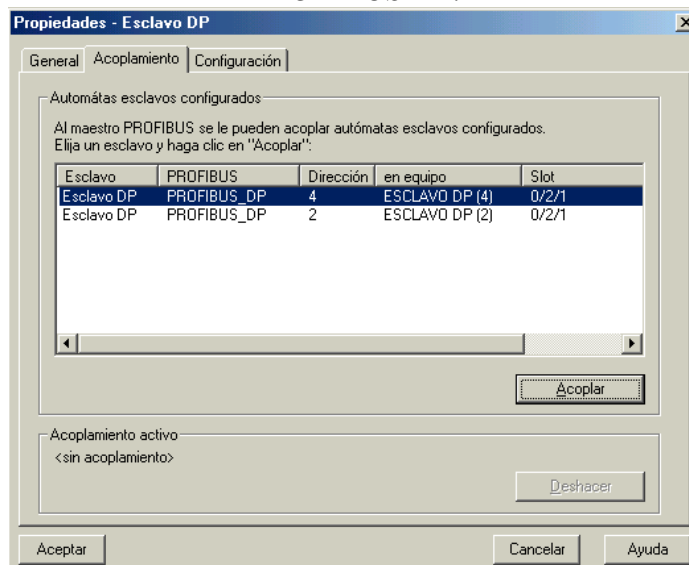
19. Seleccione la fila del Maestro DP, y con el botón derecho del *mouse* escoja la opción de **“Insertar sistema maestro DP”**, véase la figura 15.

Figura 15. Ventana del “Hardware Configuration” mostrando el sistema maestro DP.



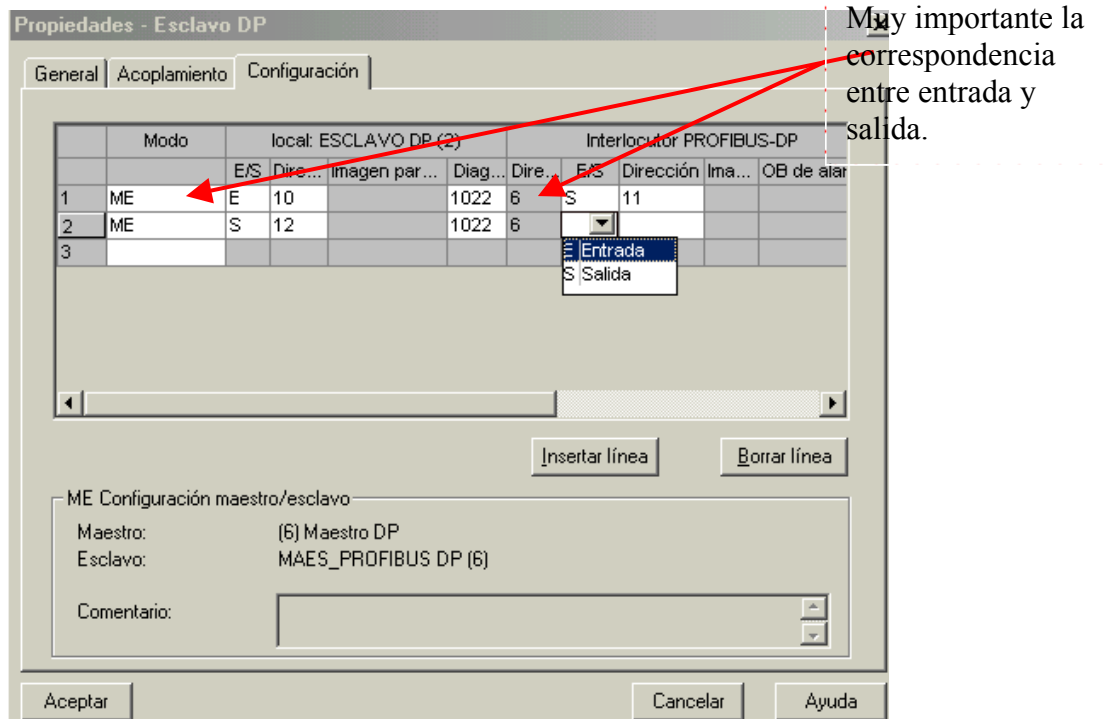
20. En la parte izquierda de la ventana del HC (Hardware Configuration), seleccionar PROFIBUS DP -> Estaciones ya configuradas, y seleccionar el tipo de CPU que se desea insertar a la red, en este caso los CPU's que están instalados son: 315-2 DP, por tanto se arrastran hasta la red PROFIBUS del sistema maestro recién creado, al soltar el dispositivo sobre el sistema maestro aparece la ventana se observa en la figura 16.

Figura 16. Ventana desplegada al arrastrar el dispositivo configurado al sistema maestro PROFIBUS DP.



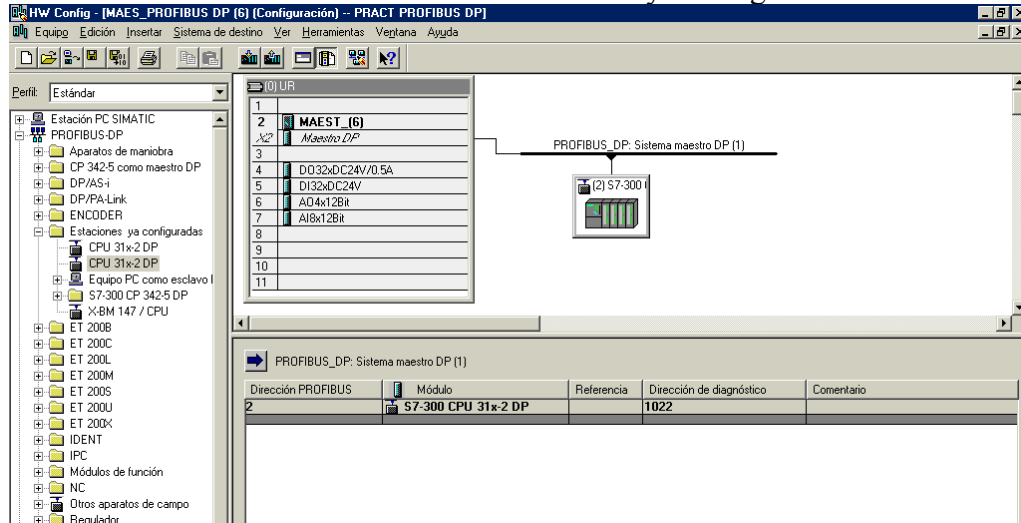
21. En la ventana desplegada se muestran tres apartados, con la ventana de acoplamiento abierta. Seleccione una de las estaciones de trabajo mostradas y haga clic en el icono “Acoplar”.
22. **NOTA IMPORTANTE:** Seleccione el apartado de “Direcciones” en la misma ventana y anote las direcciones de salida y de entrada respectivamente en el renglón respectivo cuidando que si el esclavo esta marcado como entrada el maestro de tener una salida asociada. Cada CPU tiene una capacidad de entradas y salidas como máximo, para el caso del S7-300, sus características indican que puede tener 1024 entradas y 1024 salidas, esto significa si utilizo una tarjeta de entradas digitales y una de salidas digitales cada una de estas ocupa 4 bytes de esta capacidad instalada, me quedan 1020 direcciones de entradas y otras 1020 de salida por utilizar.

Figura 17. Configuración de direcciones en la ventana del esclavo DP.



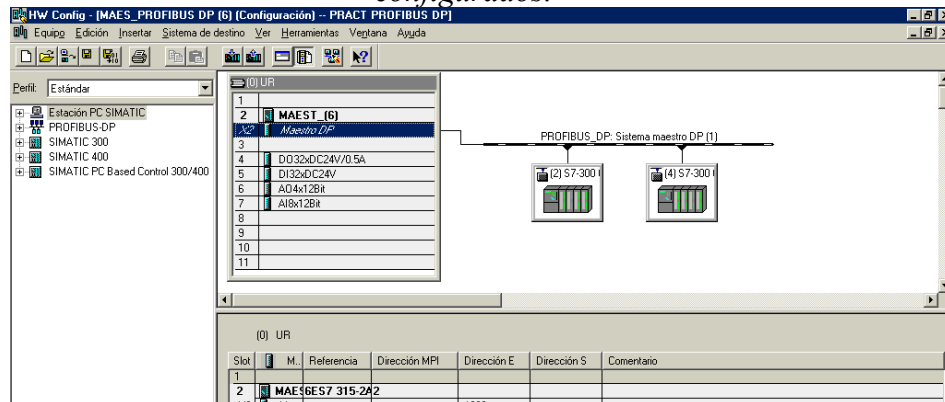
23. **NOTA:** Para el caso del renglón 1; lo que el maestro escriba en salida 11 el esclavo 2, en este caso lo podrá recibir por la señal de entrada 10, y la salida 12 del esclavo, el maestro lo podrá ver en la entrada que se seleccione en la casilla vacía. Llene la tabla y acepte la ventana.
24. Al aceptar la ventana y seleccionar la línea del Sistema Maestro DP la ventana de HC se ve muestra en la figura 18, note que en la división inferior de la ventana muestra la descripción del dispositivo que esta conectado, así como gráficamente en la parte superior.

Figura 18. Ventana del HC mostrando una de las estaciones ya configuradas en la red..

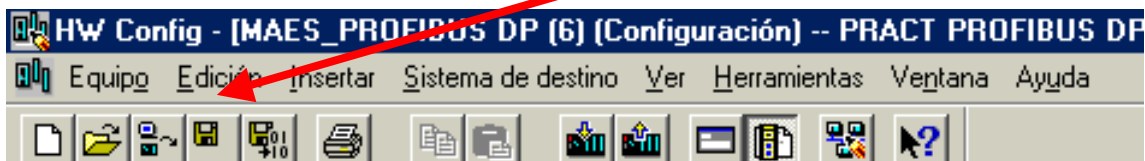


25. Repita los pasos 20 al 24 con el dispositivo siguiente, cuidando las direcciones y la correspondencia entre entradas y salidas, en la figura 19 se muestra como debe quedar la ventan del HC.

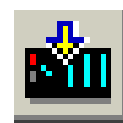
Figura 19. Ventana de HC, muestra el sistema Maestro PROFIBUS DP y los esclavos configurados.



26. **NOTA MUY IMPORTANTE:** Guarde y compile la configuración realizada, en la barra de herramientas encontrará el icono siguiente:



27. Baje la configuración al PLC mediante el icono siguiente.



ANEXO B

Configuración de estaciones de trabajo en que pertenecen a los Esclavos DP

Esta configuración puede hacerse de dos maneras:

A.- Configurar la estación desde la PC más cercana a cada PLC, los pasos de esta configuración sedan a continuación.

1. Configure la estación ESCLAVO DP siguiendo los pasos 2 al 13 del anexo A.
2. Configure el Maestro DP siguiendo el procedimiento marcado en los pasos 15 al 26 del anexo A. **NOTA no debe bajarse la configuración del Maestro DP, solo se guarda y se compila.**
3. Verifique que coincida la información entre la red que se crea en la estación ESCLAVO DP y la creada en la estación del Maestro. Cuide los siguientes parámetros:
 - Número de dispositivo en la red PROFIBUS DP.
 - Nombre de los Dispositivo tanto maestros como esclavos.
 - El ID de la red.
 - El nombre de la red PROFIBUS DP
 - La correspondencia de la direcciones de entrada y de salida.

B.- Configuración de los esclavos de la red PROFIBUS DP desde la estación de trabajo del Maestro DP, siga los pasos que se listan a continuación.

1. Conecte el cable PROFIBUS al puerto MPI del dispositivo que va a configurar, en el otro extremo del cable conecte el cable PC adapter, y este ultimo al cable seria del la PC. al puerto MPI de la estación que desea configurar, figure la estación ESCLAVO DP
2. En el administrador SIMATIC seleccione el esclavo que va a configurar y abra HC y haga clic en el icono de bajar mostrado el paso 27 del anexo A
3. Abra los bloques de Organización en el administrador SIMATIC y seleccione OB1, OB82 y OB86, si estos últimos no existen se deben crear, de la misma manera bájelos al PLC.

APÉNDICE F

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Estado de México

Práctica No. 9

Configuración y programación de Panel de Operador OP 170B

1.- Objetivos

- Configurar una red de comunicación industrial mediante el protocolo PROFIBUS DP, incluyendo como parte del proyecto un panel de visualización OP 170B.
- Obtener un panorama general de la interacción del panel de operador con la programación del PLC.
- Conocer algunas de las aplicaciones básicas del Panel de Operación, su conexión, configuración y programación.

2.- Marco teórico

El Panel de Operador es un dispositivo de la familia SIMATIC HMI (Human Machine Interface), ofrece al usuario posibilidades de representar gráficamente estados de servicio, valores de proceso actuales y averías de un control acoplado, y manejar y observar de forma confortable la máquina o instalación que se supervisa. Los equipos han sido concebidos para el manejo y control amigable de máquinas. Ellos posibilitan una representación gráfica casi real de la máquina o instalación que se supervisa. El área de uso comprende, entre otras cosas, aplicaciones en la construcción de máquinas y aparatos, en la industria de impresión y de embalajes, en la industria automovilística e industria electrónica, así como en el área química y farmacéutica. Gracias al elevado grado de protección (frontalmente IP65) y al no usar discos duros ni ventiladores, los equipos de operación son apropiados también para rudos ambientes industriales y para su aplicación directamente al lado de la máquina. Véase la figura 1.

Los lugares de montaje de los equipos pueden ser armarios de distribución o pupitres

Con los equipos se puede:

- Controlar y supervisar el proceso con orientación por menús. Se pueden introducir valores de consigna o controlar actuadores, modificando valores o tocando teclas de funciones configuradas o botones de comando.
- Representar procesos, máquinas e instalaciones en imágenes completamente gráficas y dinamizadas; visualizar y procesar avisos así como también las variables del proceso p. ej. en campos de salida, barras o indicaciones de estados.
- Intervenir directamente en el desarrollo del proceso a través de la pantalla táctil o de las teclas de función.

En la tabla 1 se puede ver las características de este dispositivo.

Figura 1. Panel de Operador OP 170B y sus características.

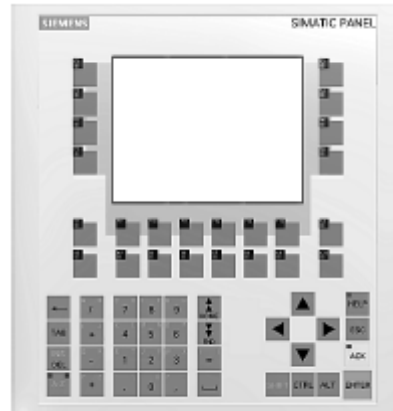


Tabla 1. Características del OP 170B

Aspecto	Especificación	Características
Procesador	Tipo	32 Bit RISC
Memoria para configuración	Capacidad máxima	768 kByte
Software	Sistema Operativo	Microsoft Windows CE
Interface en serie 1	Interface HMI estándar para conexión del control, PG/PC e impresora	1xRS 232 de 9polos 1xRS 422/RS485
	Acoplamiento S7	MPI / PROFIBUS DP
	Velocidad máxima	12 MB
Display	Superficie activa en imagen	116 X 87 mm
	Resolución (puntos en imagen)	320 X 240
	Colores	4 Blue Mode
Elementos de mando	Teclado de Matriz	OK
	Teclas de funciones con funciones configurables	24
	Teclas que se pueden usar como teclas suaves	14
	Rotulación de teclas de función	Con tiras de rotulación
Particularidades	Ampliación de memoria	Puerto de enchufe para tarjeta PC

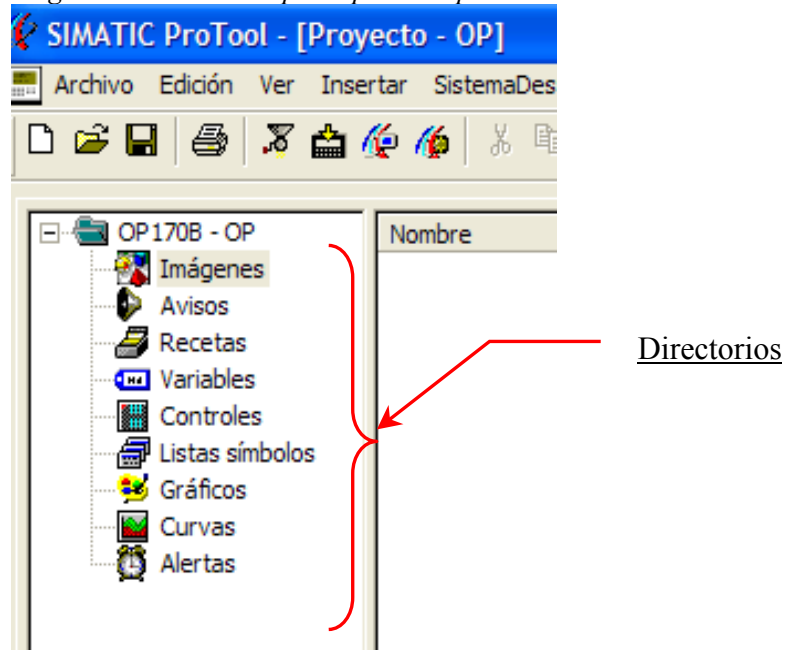
2.1.- Actividades previas.

En la página <http://www.siemens.com> y en la bibliografía mencionada realice las siguientes actividades e incluya la información en su reporte de la práctica.

- Investigue la manera de conectar el OP 170B, considerando todos los puertos de comunicación y alimentación.

- Investigue el manejo de funciones de las teclas de función y de las teclas soft
- Investigue los tipos de dispositivos con lo que se puede conectar un OP 170B.
- Investigue la manera de configurar y programar cada uno de los directorios que se muestran en la pantalla principal del OP una vez que es seleccionado el dispositivo en PROTOOL, estos directorios se muestran en la figura 2.
- Prepare el programa del Maestro para efectuar la actividad complementaria, así como el material necesario, considere que se montará en una red PROFIBUS.

Figura 2. Directorios principales en protool



2.2.- Preguntas de reflexión

Analice con su equipo el potencial de aplicaciones que tiene el panel de Operador y las ventajas que presenta en la industria; incluya sus comentarios en el reporte de la práctica.

3. Desarrollo experimental

3.1.- Material

- Panel del Operador OP 170B, marca SIEMENS
- 1 cable PROFIBUS con conectores dobles.
- 1 PLC SIEMENS con CPU 315-2 DP en cada mesa de trabajo.
- PC.
- Cable de comunicación PC – PLC.
- 2 Cilindros de doble efecto, con cables y mangueras de alimentación.
- Cables para conexión de señal a las entradas del PLC.

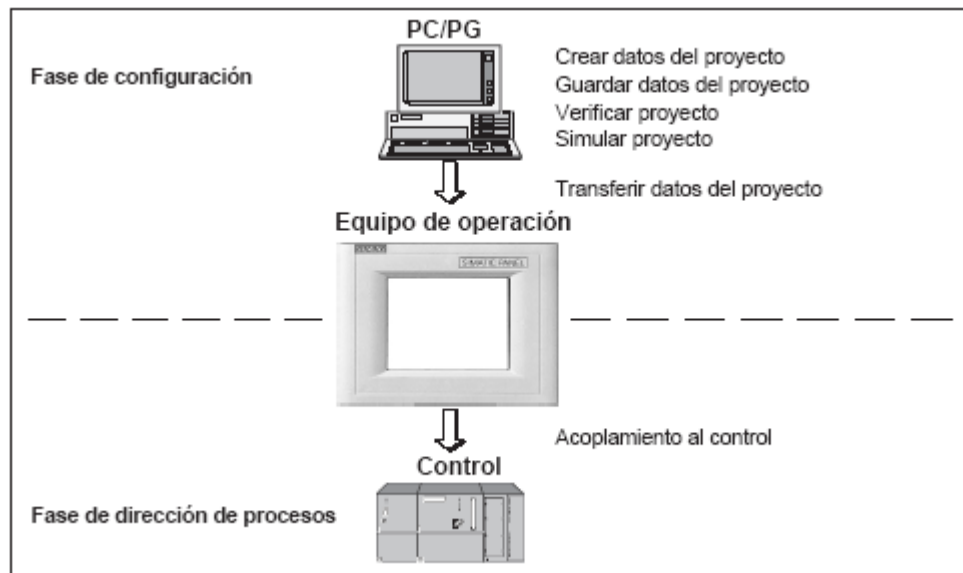
3.2.- Actividades

El objetivo de la práctica es verificar la comunicación entre el panel de operador y dispositivos PLC, utilizando el protocolo de comunicación PROFIBUS DP.

A continuación, en la figura 2 se muestra la interacción de los dispositivos. Es indistinto el orden de configuración, finalmente el PLC y el OP 170B serán comunicados mediante una red PROFIBUS DP.

La fase de configuración incluye la creación de datos, el guardar los datos, verificar el proyecto y simularlo, para posteriormente transferirlo al panel de operador, la cual se realiza en el software Protool.

Figura 3. Fases de Configuración y de fase dirección de procesos.



PROCEDIMIENTO:

1. *Configure la estación de trabajo de la siguiente manera:*

- Para la estación del maestro debe ser configurada siguiendo los pasos normales de una red PROFIBUS DP. Para esta práctica no incluya esclavos DP.
- Para la configuración del OP debe seguir los pasos en el anexo A. El ID y el nombre de la red puede elegirlo libremente,

2. *Programe en el OBI las condiciones de programación que se muestran a continuación:*

U	E	4.0
U	E	4.4
=	A	0.4
U	E	4.7
=	A	4.0

Segm. 2 : Título:

Comentario:

L	DB3.DBB	1
T	AB	3

3. Realice el cableado necesario de acuerdo con la programación del OB1, con las entradas 4.0, 4.4, y 47, y las salidas 0.4, para la entrada 4.0 puede utilizar botón pulsador de la botonera instalada en su mesa de trabajo.

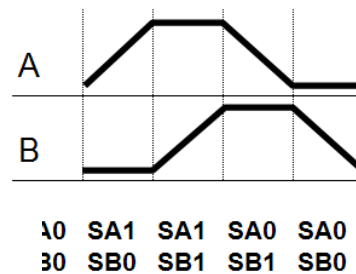
4. Recuerde guardar los cambios cada vez que cierra el OB1, cargue los Bloques de Organización OB1, OB82, OB86 y para este caso la DB3, verifique que en la DB3 los datos del byte 1 sean declarados.

3.3. Actividades complementarias

Realice las conexiones correspondientes de manera que sea cableado un cilindro de doble efecto, y que a través de una botonera cableada al maestro se pueda seleccionar el siguiente proceso:

- La pantalla del OP 170B muestre una imagen inicial,
- Al presionar el botón de inicio, cableado en la botonera como botón pulsador se llame a una imagen diferente, en la que se muestre el estado del pistón 1, ya sea retraído o extendido.
- Al pulsar la tecla de función F2 se accione en la secuencia mostrada en la figura 3
- Al presionar la tecla de función F4 la secuencia se detenga.

Figura 3. Diagramas espacio-fase de la actividad complementaria.



Anexe en su reporte la lista de instrucciones de programación, material utilizado y el reporte de la experiencia al realizar la práctica.

4.- Conclusiones

En su reporte de la práctica concluya sobre:

Aplicaciones del Panel de Operador en la Industria, considerando el tipo de industria y la diversidad de utilización.

Las características técnicas del OP 170B.

La capacidad de almacenamiento del dispositivo de visualización y las opciones en las tarjetas de expansión de memoria.

5.- Bibliografía

www.siemens.com

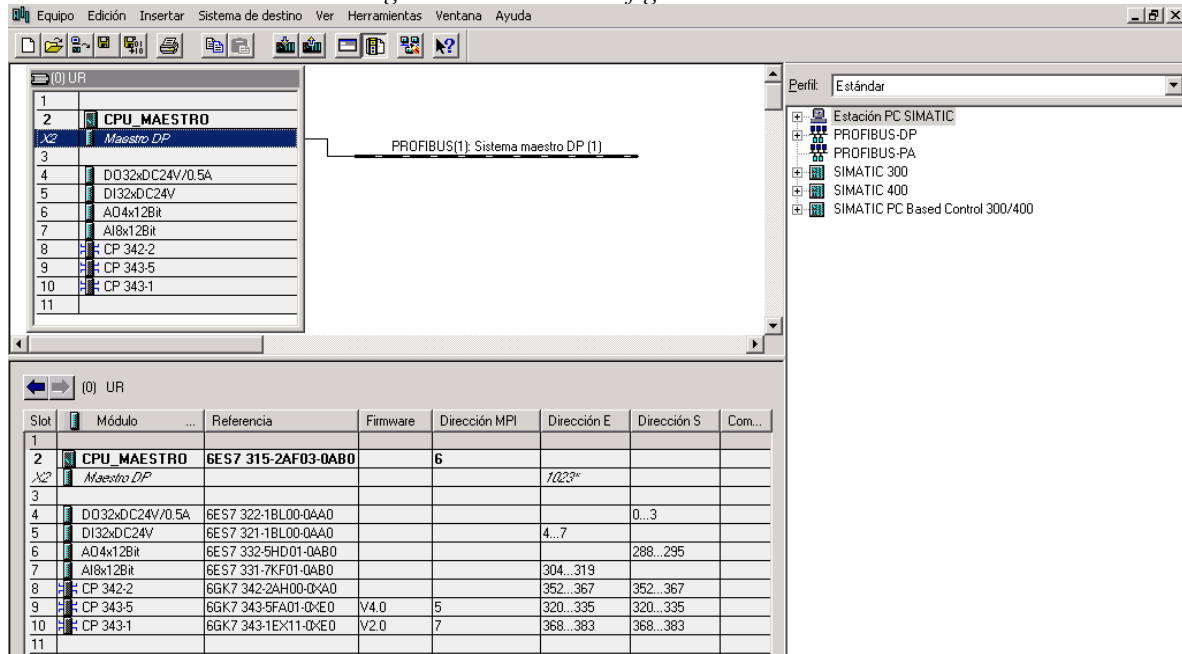
Manual de SIMATIC HMI, Touch Panel TP 170A, TP 170B, Operator Panel OP 170B, Manual del equipo. Edición 12/01

6.- Anexos

ANEXO A: Configuración de la estación de trabajo del Maestro DP en una red de comunicación PROFIBUS DP, incluyendo al OP 170B como dispositivo HMI (Human Machine Interface)
 Los pasos siguientes muestran la manera de crear un proyecto utilizando PROFIBUS DP, así como la configuración del Panel de Operador OP 170B.

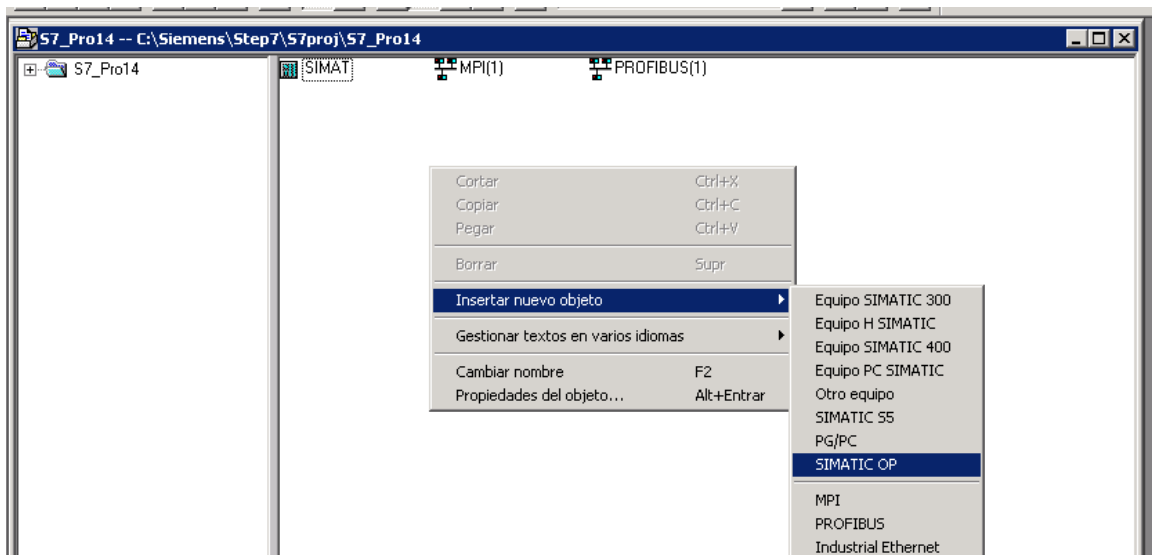
- 1 Cree un proyecto en el administrador SIMATIC, en el que debe configurar el maestro DP, como se muestra en la figura 1

Figura 1. Hardware Configuration de maestro DP.



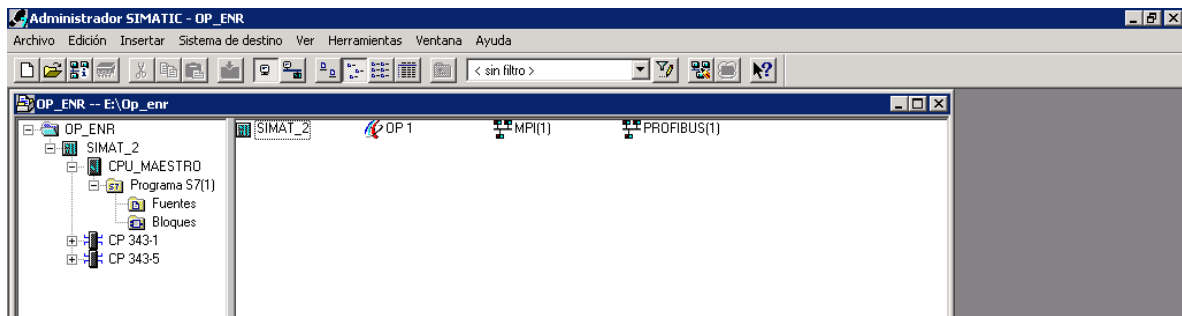
- 2 En el “Administrador SIMATIC” inserte un objeto SIMATIC OP, véase figura 2.

Figura 2. Administrador SIMATIC



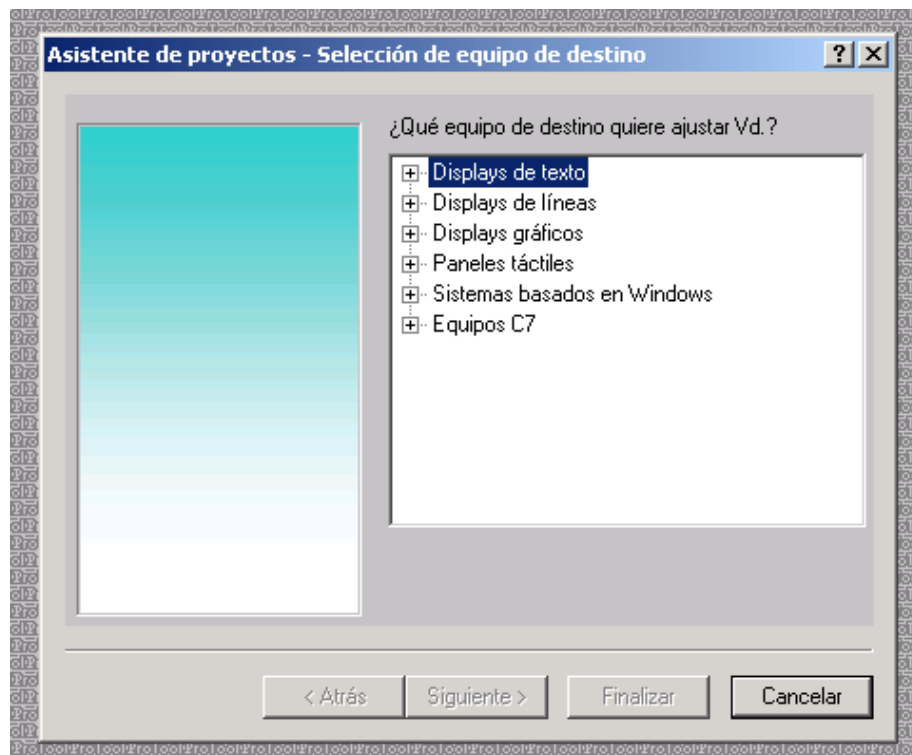
- 3 En la pantalla se muestra un objeto **OP 1**, como se puede observar en la figura 3.

Figura 3. Administrador SIMATIC, mostrando el objeto SIMATIC OP insertado



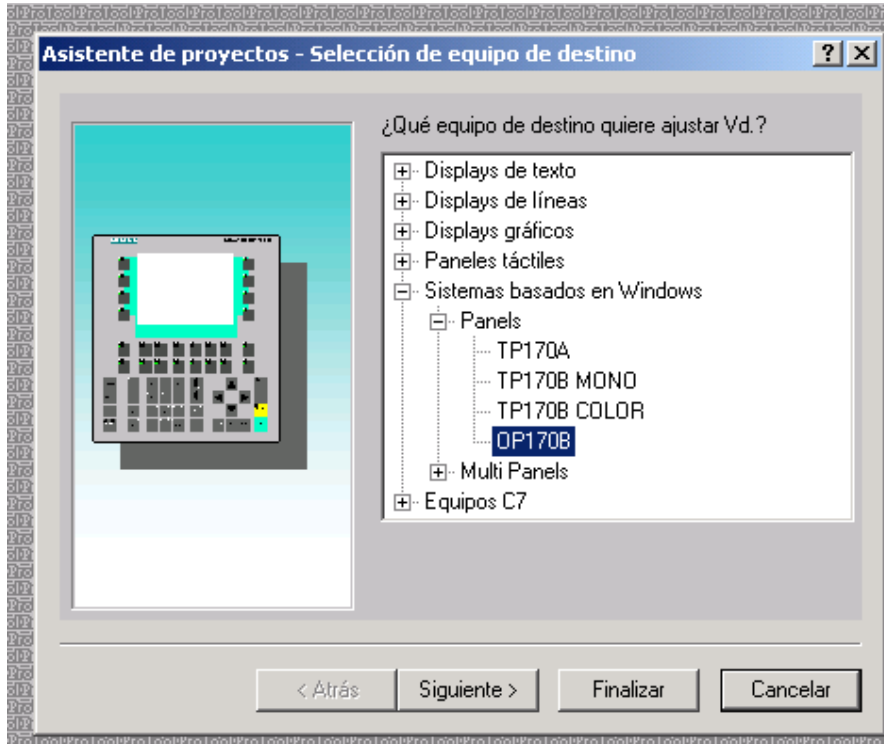
- 4 Abra el OP1, dando dos “clicks” en el icono mostrado en la pantalla. Inicia la ejecución del software Protocol, La pantalla que se despliega se muestra en la figura 4.

Figura 4. Pantalla de configuración del dispositivo en PROTOOL.



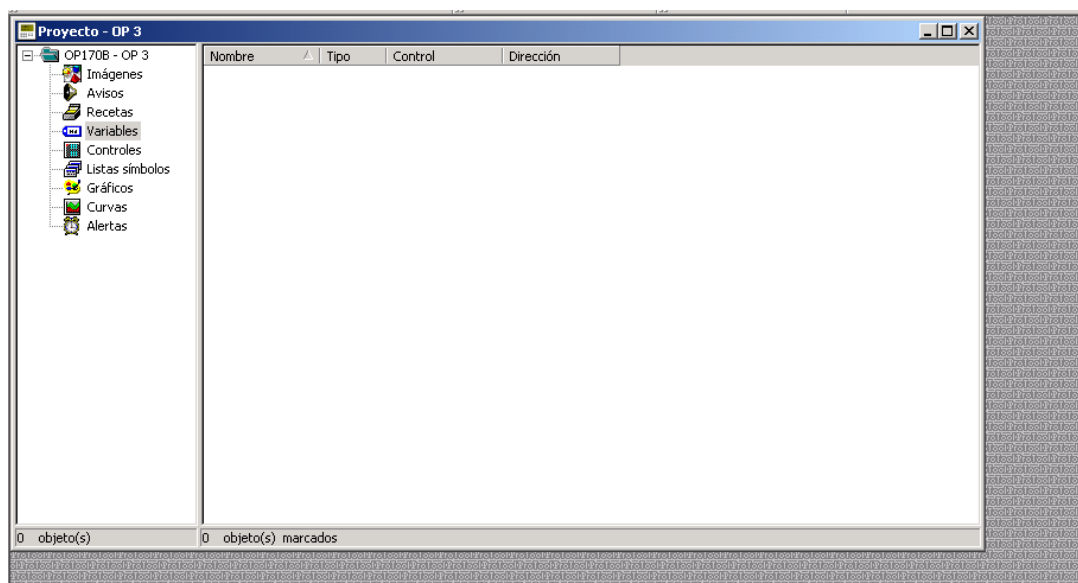
- 5 En la ventana que se desplegó, seleccione **Sistemas basado en Windows,-> Panels,-> OP 170B**, a fin de seleccionar el dispositivo correcto a configurar, como se muestra en la siguiente figura. Elija la opción **finalizar**.

Figura 5. Selección del tipo de dispositivo OP 170B.



- 6 Se desplegó la ventana del proyecto, en la que se muestran los directorios de configuración de las opciones en el dispositivo de visualización OP.

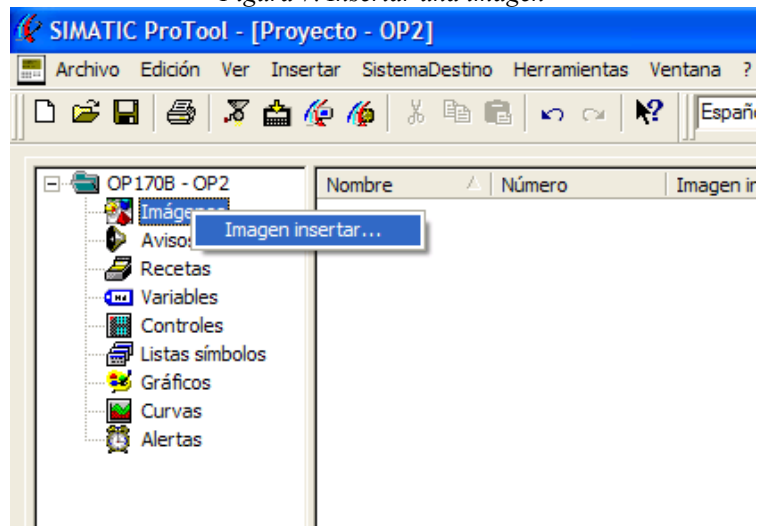
Figura 6. Ventana inicial de configuración del OP 170B



IMPORTANTE. Para efectos del presente ejercicio realizaremos la configuración de dos imágenes, se configurarán teclas de función y se creará una variable adicional a fin de realizar la comunicación entre los dispositivos.

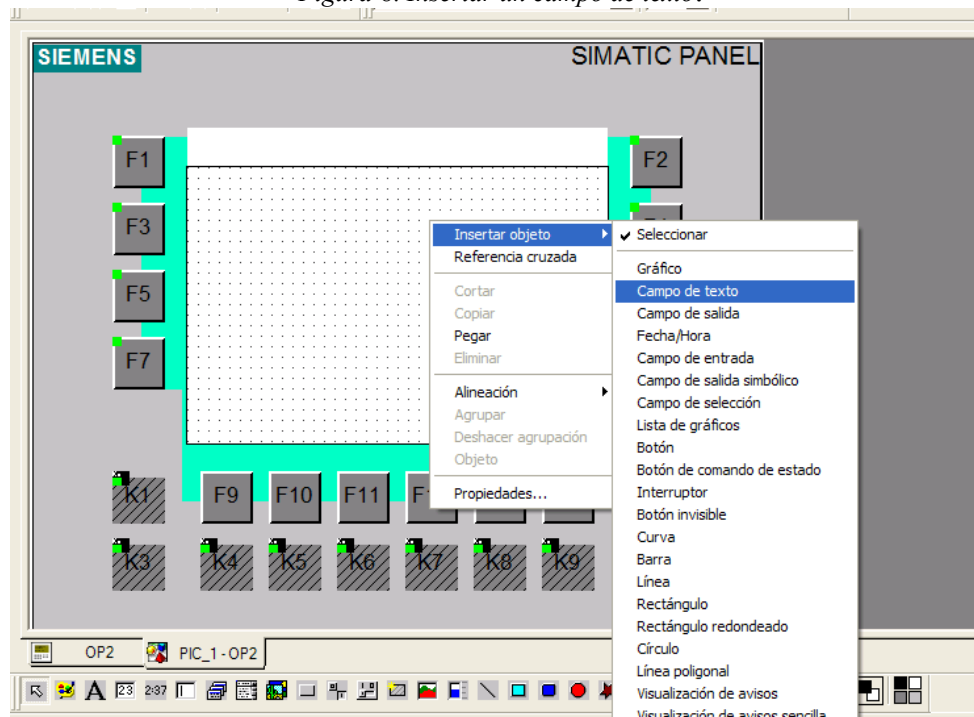
- 7 Configure la opción imágenes a fin de insertar una imagen y configurarla, con el botón derecho del mouse seleccione *insertar imagen*, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Insertar una imagen



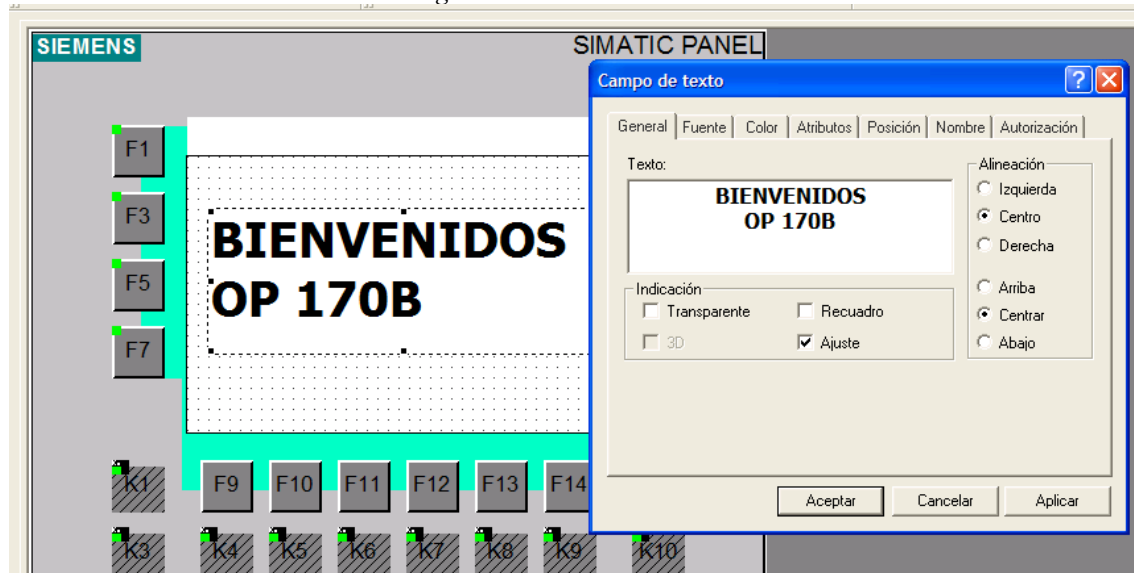
- 8 Se despliega la imagen mostrada en la figura 8. Sobre el área puntada, con el botón derecho del mouse seleccione *insertar objeto, campo de texto*, véase la figura 8.

Figura 8. Insertar un campo de texto.



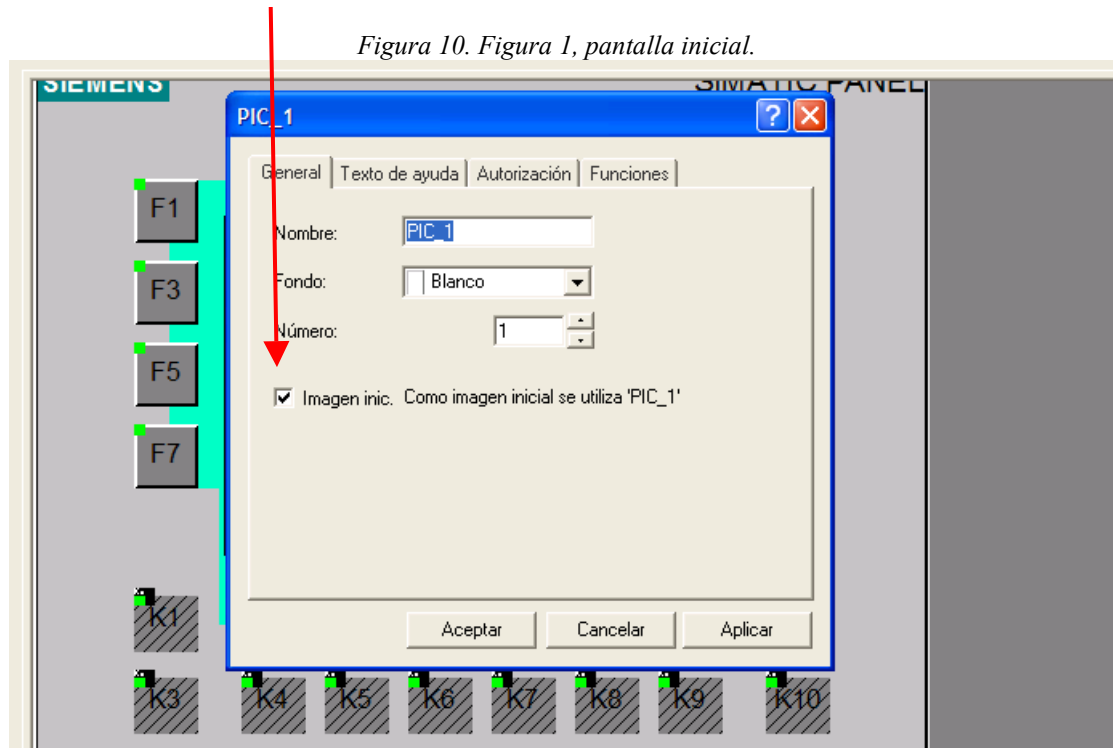
- 9 En el cuadro de texto escriba la BIENVENIDOS OP 170B, el dar un clic en el área fuera de la imagen se libera el cursor, con el botón derecho del Mouse sobre el texto, seleccione *propiedades*, y se despliega la ventana en la que se puede personalizar el texto de acuerdo con los atributos deseados, véase la figura 9.

Figura 9. Atributos del texto.



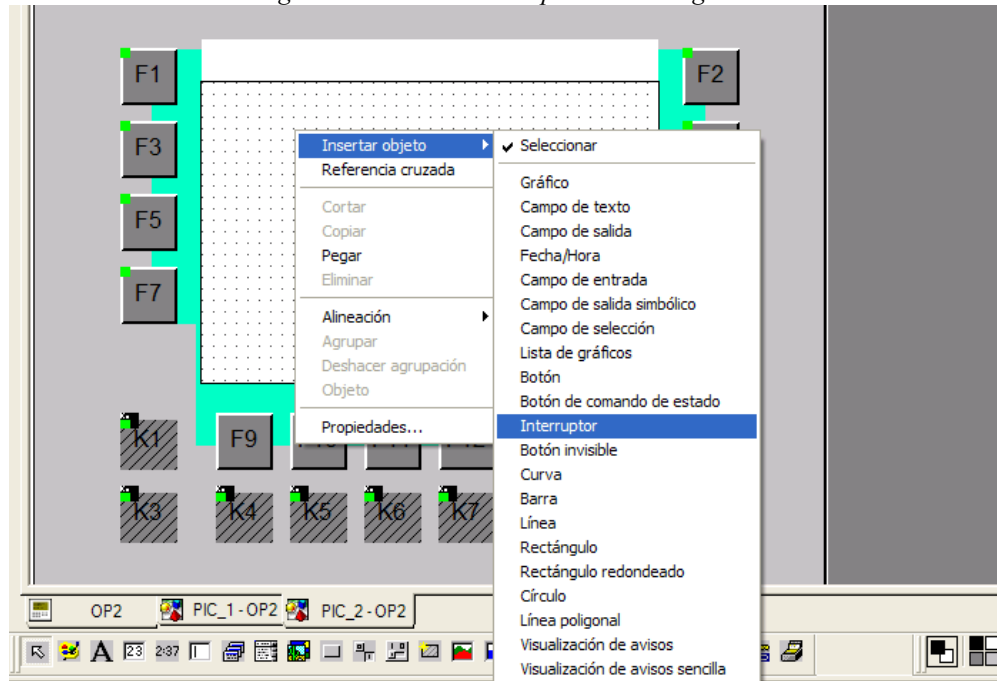
- 10 Con el botón derecho del Mouse, sobre el área de la imagen, puede seleccionar *propiedades*, seleccione la opción *imagen inicial*, este es un paso necesario a fin de que al encender el dispositivo sea desplegada la imagen seleccionada, como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Figura 1, pantalla inicial.



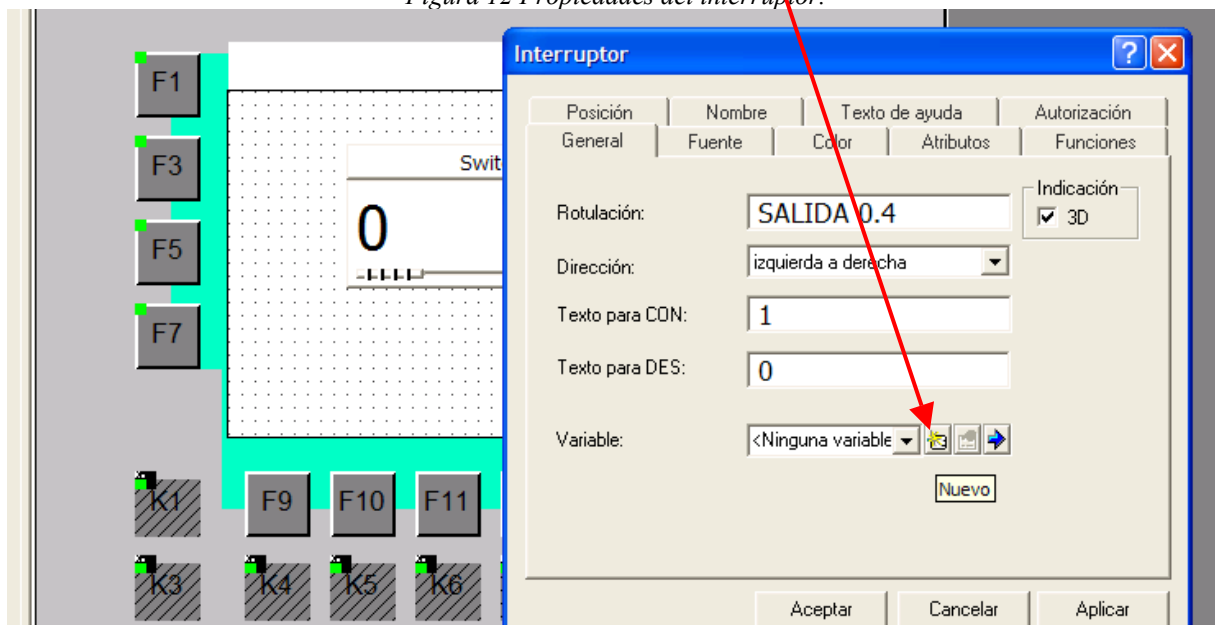
- 11 Del directorio de imágenes, inserte otra imagen, como se realizó en el paso 7. Con el botón derecho del Mouse, sobre el área punteada seleccione **insertar objeto, interruptor**, como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Insertar interruptor en la imagen 2.



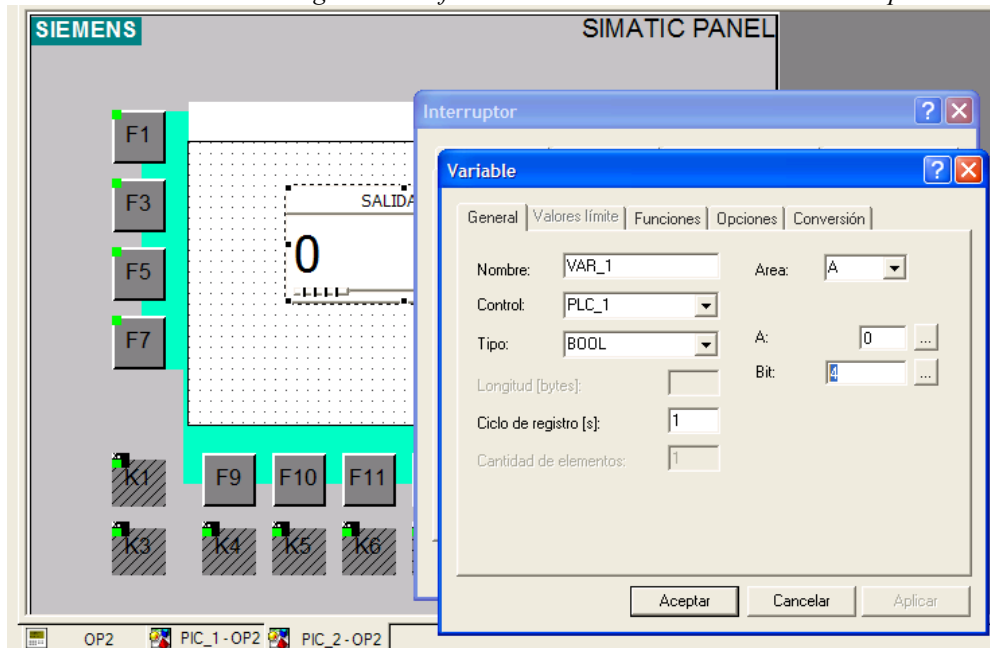
- 12 En el área en blanco de esta imagen seleccione el tamaño del interruptor que desea insertar y se despliega la ventana de propiedades del mismo, como se ilustra en la figura 12, en esta ventana puede cambiar el nombre, y puede seleccionar la variable a la que puede estar asociado al seleccionar el icono de *nuevo*.

Figura 12 Propiedades del interruptor.



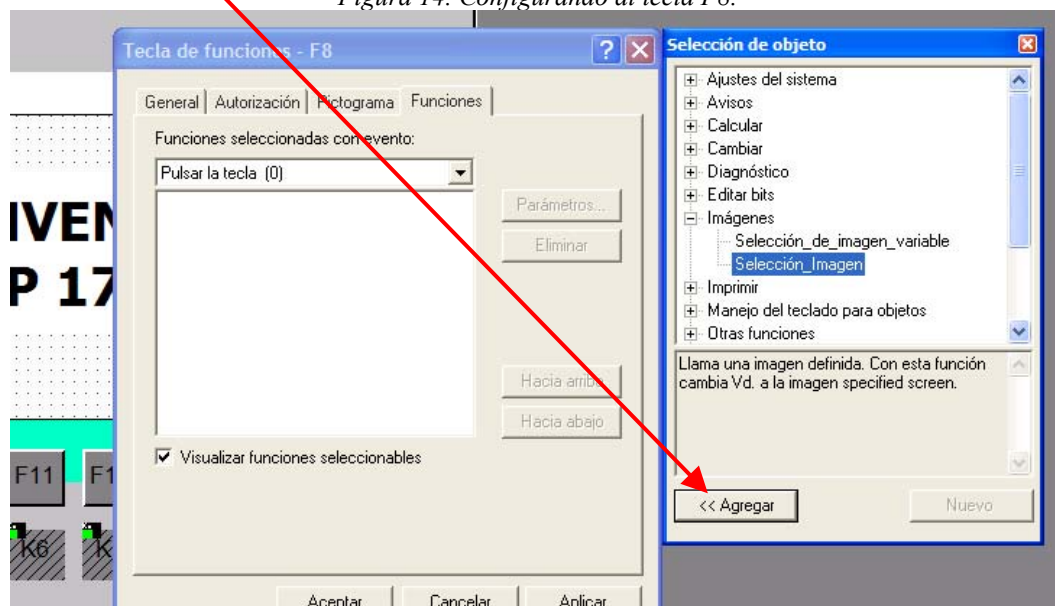
- 13 Puede definir el tipo de dato, el área donde se aloja, ya sea entrada o salida física del controlador o una DB, para este caso seleccione la salida física 0.4., como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Definición de la variable asociada al interruptor.



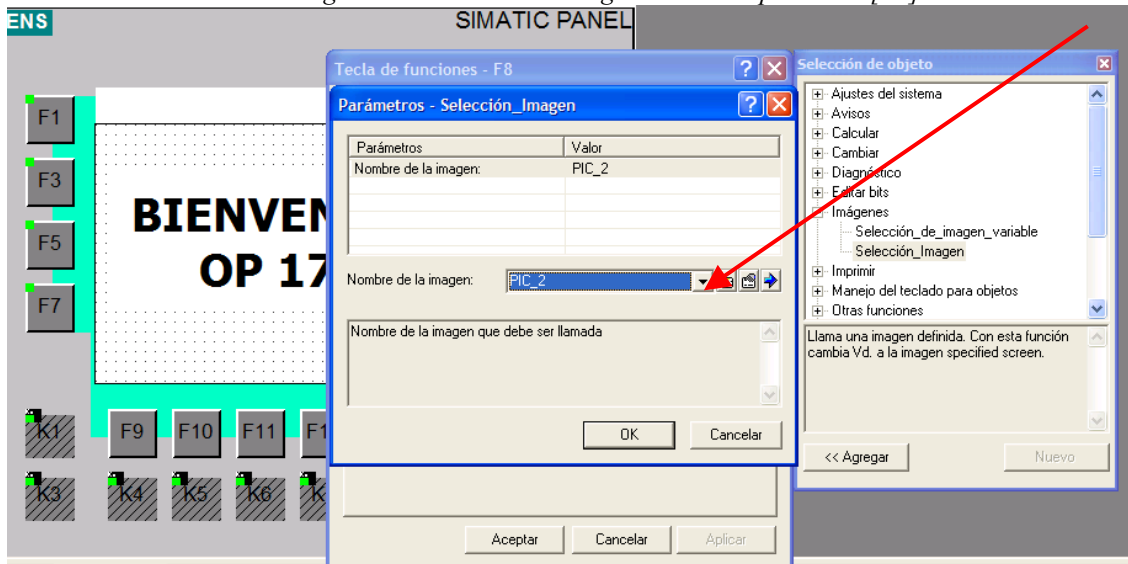
- 14 Una vez definidas las dos figuras, regrese a la primera imagen creada y con el mouse, a manera de ejemplo para esta práctica, seleccione la tecla de función 8 [F8], se despliega la ventana mostrada en la figura 14, en la que selecciona el objeto que desea ejecutar al presionar esta tecla, para este caso seleccione *imagen*, *selección_imagen* y presione el icono *agregar*.

Figura 14. Configurando al tecla F8.



- 15 Al presionar la tecla **agregar** se desplegó la ventana mostrada en la figura 15, seleccione la segunda imagen creada y acepte. Con lo cual cada vez que el estar desplegada la imagen 1 en el dispositivo y se presione la tecla [F8] se estará llamando a la imagen 2.

Figura 15. Selección de imagen a llama al presionar [F8]



- 16 En la figura 16 se muestra como aparece la tecla de función F8, una vez configurada.

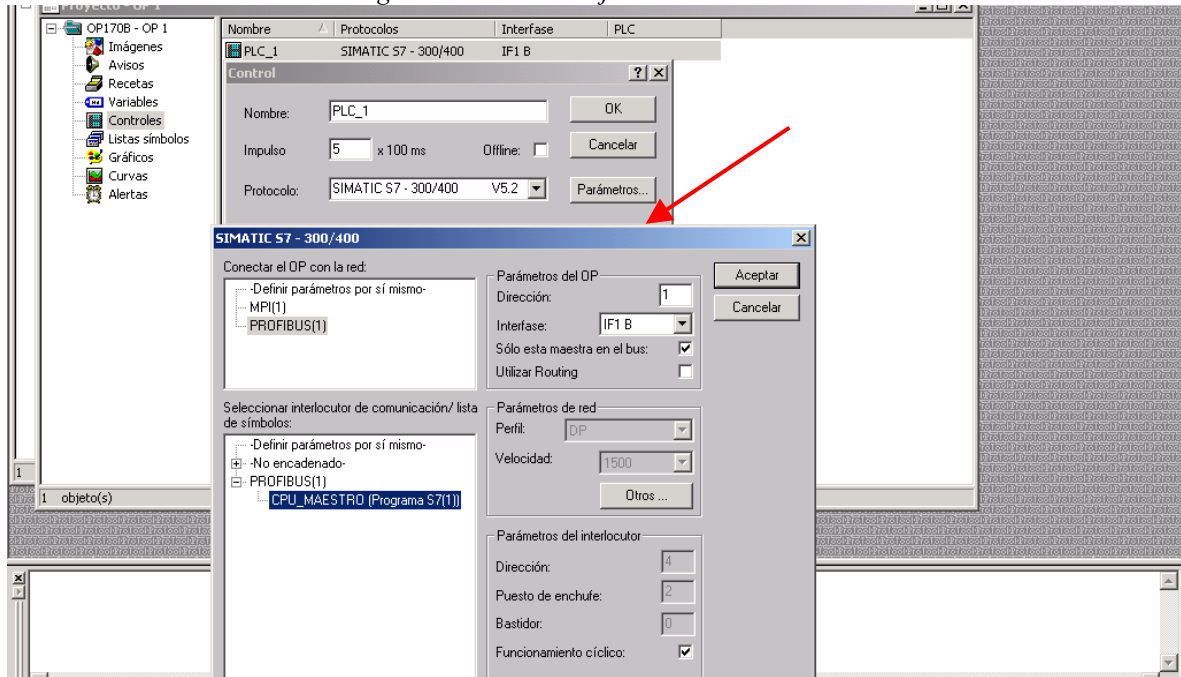
Figura 16. Imagen 1 con la tecla de función [F8] ya configurada..



- 17 En el **directorio de controles** se procede a seleccionar el PLC que controlará el dispositivo. Usted puede seleccionar un nombre para el controlador, dicho nombre es

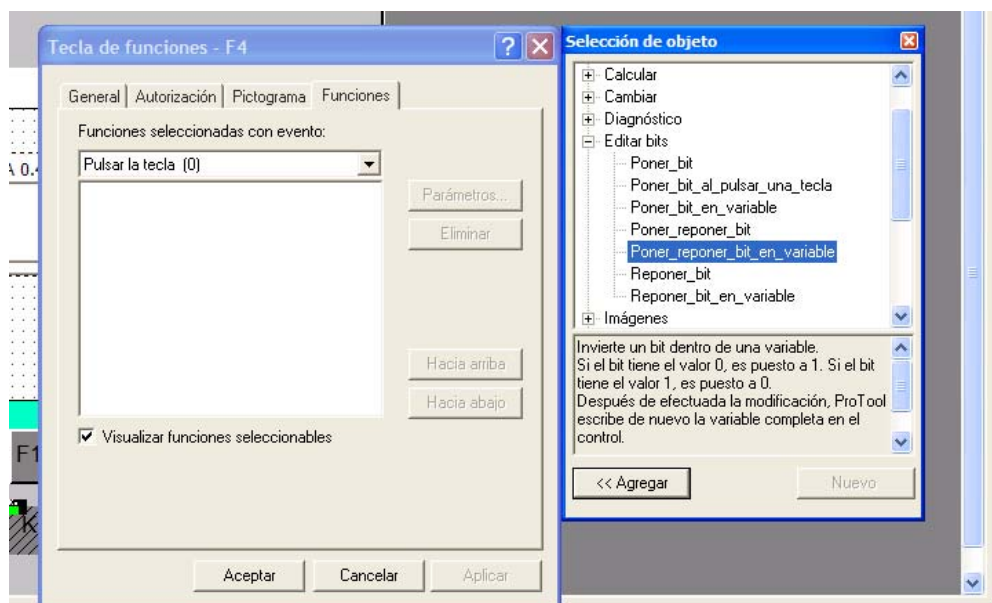
irrelevante, en el protocolo seleccione el SIMATIC S7 – 300/400. Seleccione el icono de parámetros, escoja PROFIBUS, y en la parte inferior escoja tal como está. Es importante que antes de configurar el OP 170B ya haya creado la red PROFIBUS DP.

Figura 7. Ventana de ajustes de la red.



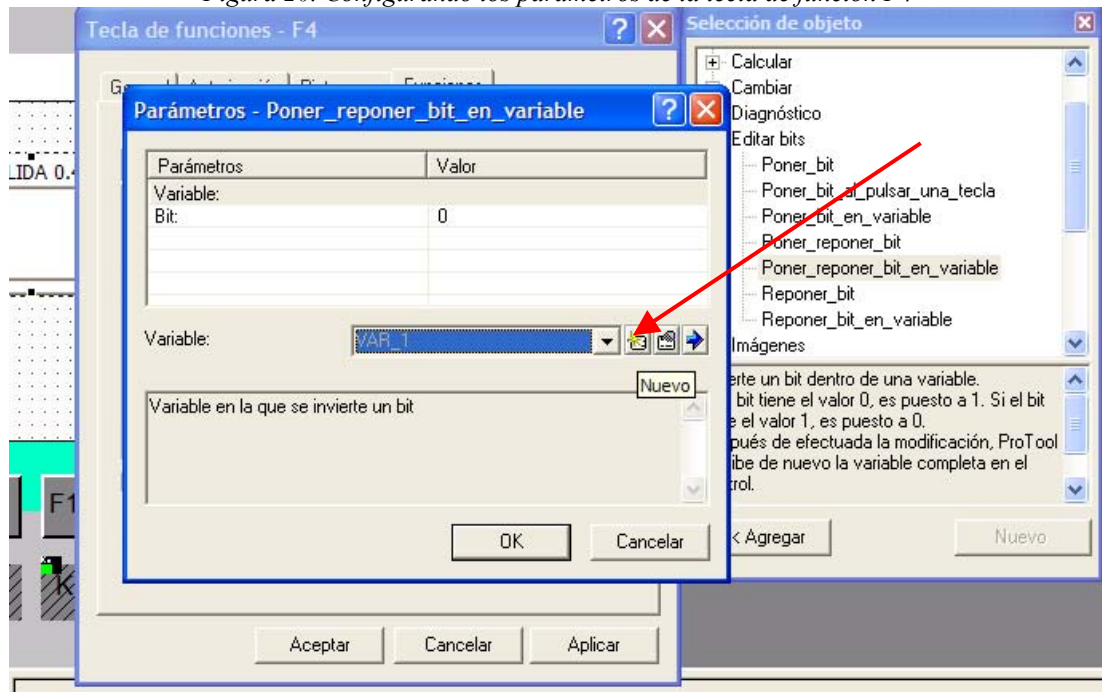
- 18 En la FIG_2 seleccione la tecla de función F4, y asígnele la función de *Editar Bits*, *Poner_reponer_bit_en_variable*. Seleccione el icono agregar. Como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Configurar la tecla de función F4.



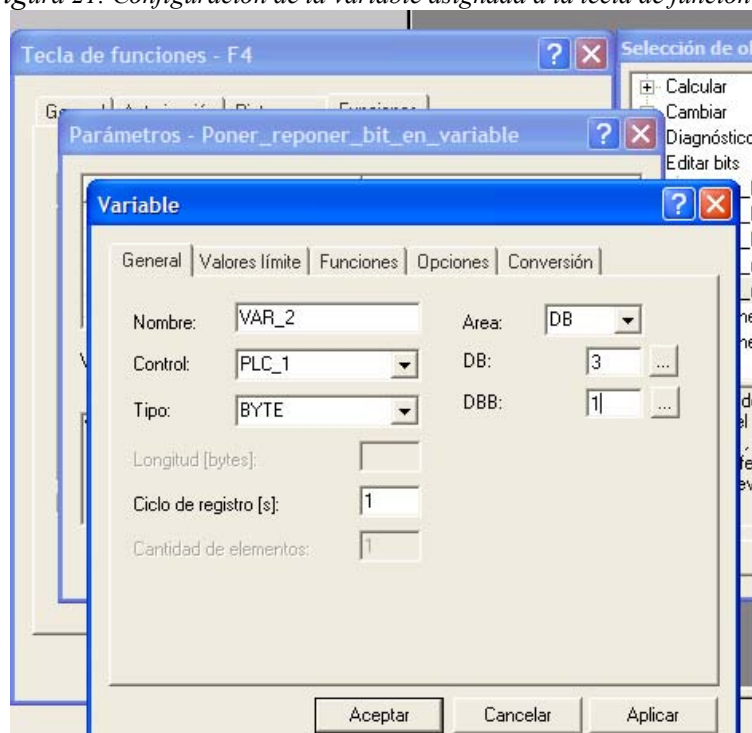
- 19 Se despliega la ventana mostrada en la figura 20, de *parámetros*, seleccione el icono de *nuevo*.

Figura 20. Configurando los parámetros de la tecla de función F4



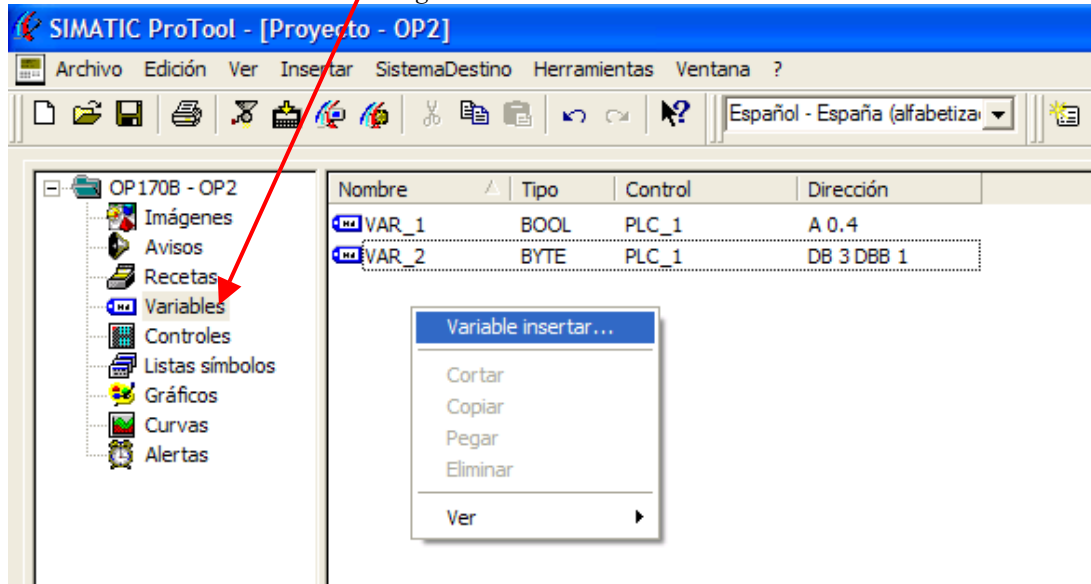
- 20 En la ventana de variable seleccione el tipo Byte y para este caso el área es una DB numero 3 en el byte 1. Como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Configuración de la variable asignada a la tecla de función F4.



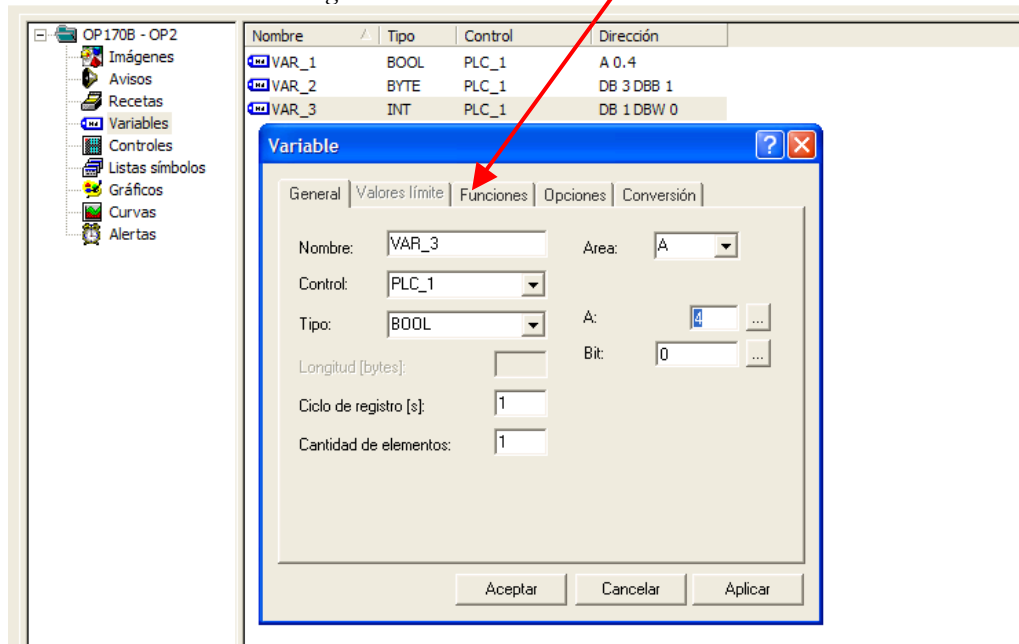
- 21 En el **directorio de variables** seleccione **Variable insertar**, utilizando el botón derecho de mouse, véase la figura 16.

Figura 16. Insertar variables.



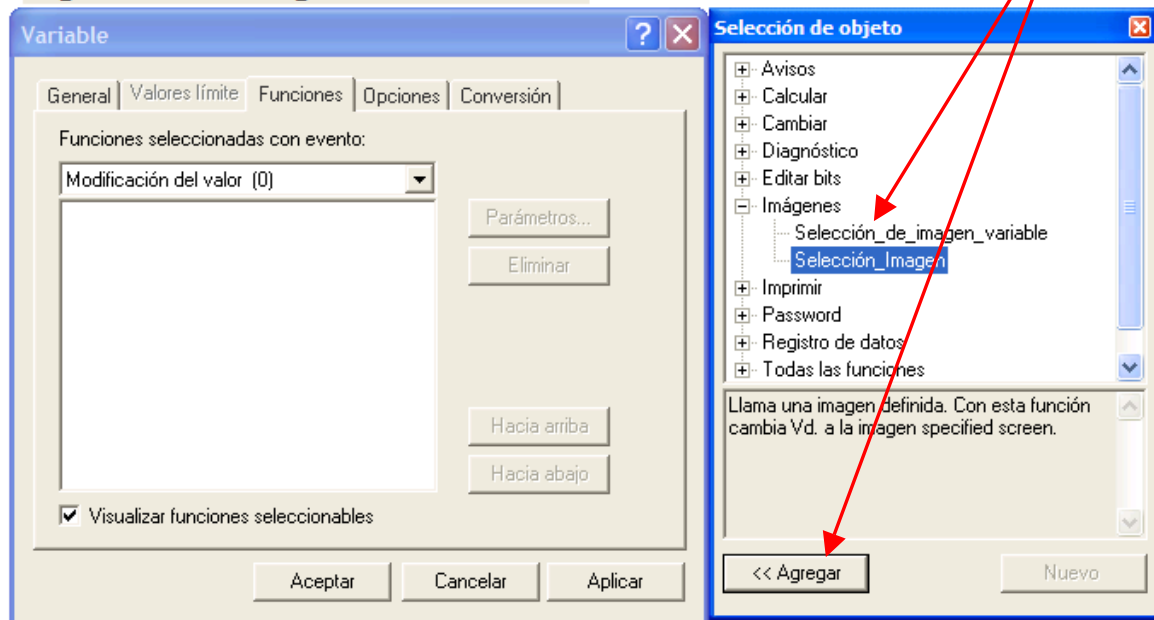
- 22 En la figura 17 se modifican los parámetros de la variable, escoja la opción de “A” que representa una salida física del PLC, asígnele la dirección 1.0, como se muestra en la figura 23. Ahora seleccione el apartado de **Funciones**

Figura 23. Parámetros de las variables.



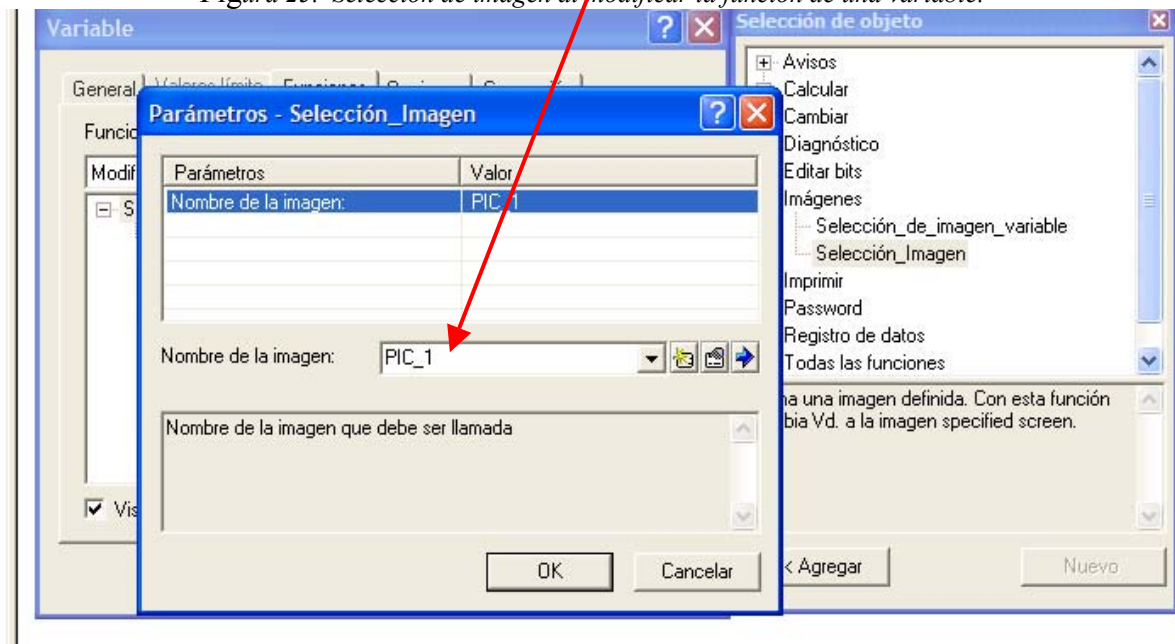
- 23 En la ventan desplegada en la figura 24 puede seleccionar *imágenes*, *Selección_imagen*, y seleccione la opción *agregar*.

Figura 24 Selección de imagen al modificar la función de una variable.

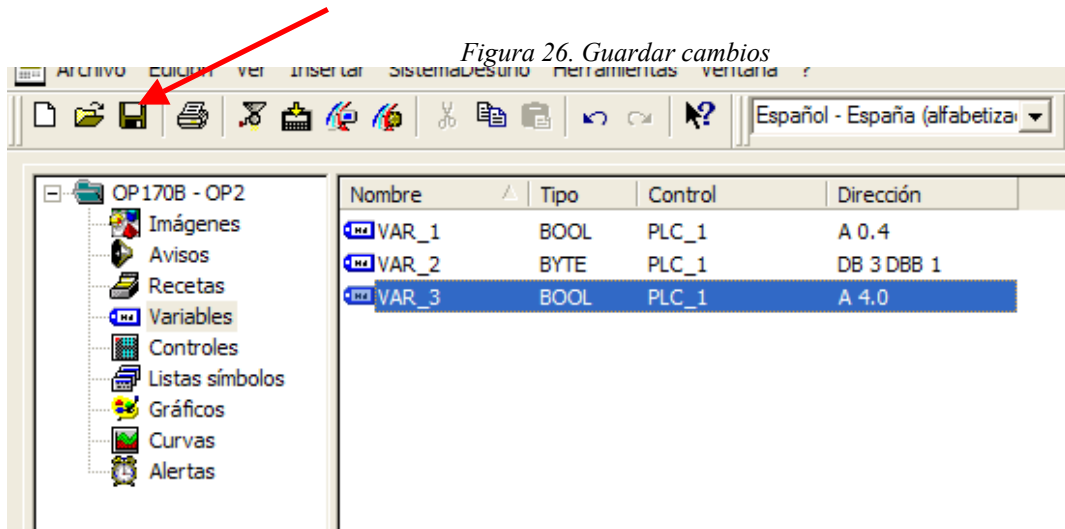


- 24 Se despliega la ventana mostrada en la figura 25, puede seleccionar la imagen que desea llamar al modificar el valor de esta variable.

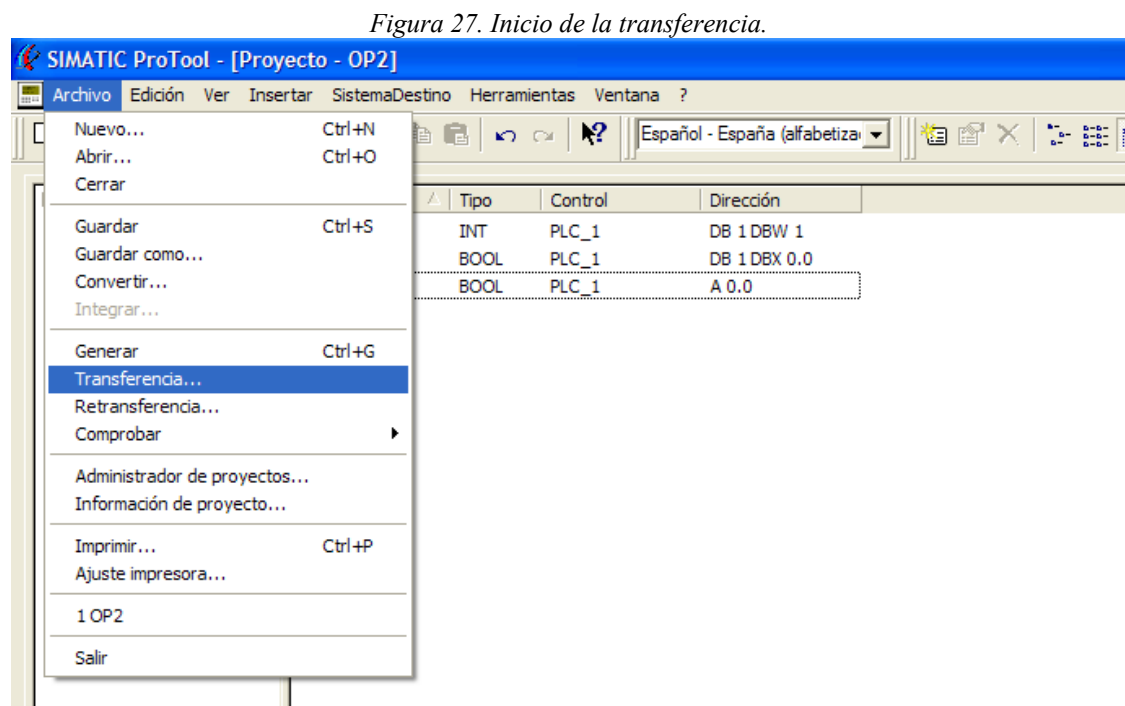
Figura 25. Selección de imagen al modificar la función de una variable.



- 25 Desde cualquier directorio puede presionar el icono de guardar y todos los cambios configurados se guardan, como se muestra en la figura 25

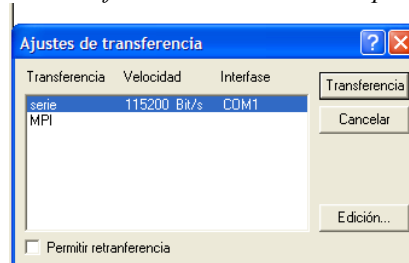


- 26 Ahora se procede a transferir la información, al encender el OP 170B se presenta una pantalla en la que se muestran algunas funciones principales, seleccione TRANSFER y presione la tecla de ENTER. Verifique que el cable de transferencia este conectado en la parte posterior del dispositivo. En la figura 26 se muestra la manera de seleccionar la transferencia.



- 27 Se despliega la pantalla mostrada en la figura 27 y el puerto en serie y se selecciona el icono transferencia.

Figura 28. Ajuste de la transferencia. Y selección del puerto de comunicación.



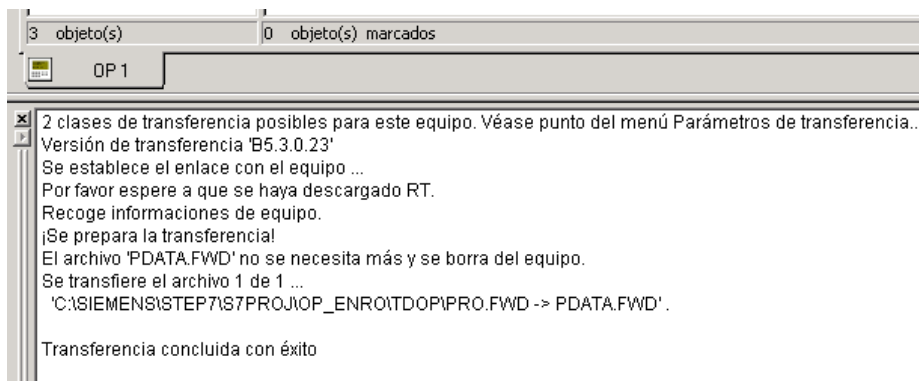
- 28 Se presenta la pantalla de transferencia.

Figura 29. Transferencia en proceso.



- 29 En la parte inferior de la pantalla se muestra el estatus de la transferencia, y la leyenda final de “transferencia concluida con éxito”.

Figura 30. Mensaje de “transferencia concluida con éxito”.



APÉNDICE G

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Estado de México

Práctica No. 10

Configuración de diagnóstico de fallas en esclavos ASi, utilizando la pasarela DP ASi link en una red Profibus DP.

1.- Objetivos

- Comprender la capacidad de diagnóstico de los dispositivos conectados en una red de comunicación industrial.
- Obtener un panorama más amplio de las prestaciones de los dispositivos en Redes Profibus.
- Reforzar el conocimiento sobre las ventajas de utilizar las pasarelas de comunicación.

2.- Marco teórico

El diagnóstico DP es una herramienta auxiliar de altas prestaciones para eliminar fallas en la puesta en marcha y en el funcionamiento de estaciones DP analizando los estados de los esclavos DP en la red Profibus.

El diagnóstico DP está provisto fundamentalmente para aumentar la seguridad de funcionamiento de un sistema maestro DP analizando los estados de los esclavos DP.

El primer objetivo consiste en determinar si los esclavos DP están listos para funcionar y, de no ser así, obtener la información sobre las posibles causas de la anomalía

2.1.- Actividades previas.

En el S7 realice las siguientes actividades:

- Investigue las funciones del OB82, OB86 y SFC13
- Verifique las variantes que puede modificar en la programación del SFC13

Adicionalmente prepare el programa del maestro a fin de realizar la actividad complementaria.

2.2.- Preguntas de reflexión

Analice con su equipo e incluya en su reporte de la práctica sus conclusiones sobre la importancia y las aplicaciones del diagnostico de fallas.

3. Desarrollo experimental

3.1.- Material

- Pasarela DP ASi Link 20E marca SIEMENS
- 1 cable PROFIBUS con conectores.
- 1 PLC SIEMENS con CPU 315-2 DP.
- PC.
- Cable de comunicación PC – PLC.
- Esclavos ASi
- Cable ASi amarillos.
- Cables para conexión de señal a las entradas del PLC
- Dos esclavos ASi

3.2.- Actividades

Realice la configuración del diagnostico de fallas siguiendo los pasos de mencionados en el procedimiento, verificando que al desconectar los un esclavo ASI las salidas físicas del Maestro DP enciendan los LEDS correspondientes.

PROCEDIMIENTO:

3. *Configure la estación de trabajo de la siguiente manera:*

- Para la estación del maestro debe ser configurada siguiendo los pasos normales de una red PROFIBUS DP.
- Para configurar la programación del diagnostico de fallas siga los pasos del anexo A.

Los pasos siguientes muestran la manera de crear un proyecto utilizando PROFIBUS DP, así como la configuración del Panel de Operador OP 170B.

- a. Cree un proyecto en el administrador SIMATIC, en el que debe configurar el maestro DP, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. "Hardware Configuration" de maestro DP.

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S	Com...
1							
2	CPU_MAESTRO	6ES7 315-2AF03-0AB0		6			
X2	Maestro DP				1023*		
3							
4	D032xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				0...3	
5	D132xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0			4...7		
6	AO4x12Bit	6ES7 332-5HD01-0AB0				288...295	
7	AI8x12Bit	6ES7 331-7KF01-0AB0			304...319		
8	CP 342-2	6GK7 342-2AH00-0AA0			352...367	352...367	
9	CP 343-5	6GK7 343-5FA01-0XE0	V4.0	5	320...335	320...335	
10	CP 343-1	6GK7 343-1EX11-0XE0	V2.0	7	368...383	368...383	
11							

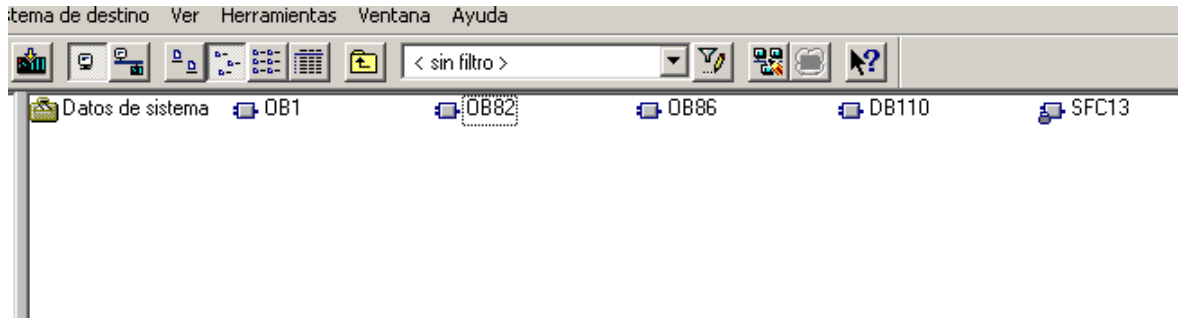
- b. Inserte el DP ASi link 20E como esclavo DP y configure en este dos esclavos ASi como se muestran en la figura 2.

Figura 2 Administrador Simatic

Dir. AS-i	Módulo	Dirección E	Dirección S	Código E/S	Código ID	Código ID1	Código ID2	Comentario
	DP/AS-i	8...39	8...39					
	DP/AS-i Link 20E							
1A	Esclavo standard AS-i	8.0...8.3		E E E E (0 h)0	F	F		
B								
2A								
B								
3A	Esclavo standard AS-i	9.0...9.1	9.2...9.3	E E A A (3 h)0	F	F		
B								
4A								
B								
5A								

- c. Inserte en el proyecto el OB82, el OB86, la DB110 y el SFC13, como se puede observar en la figura 3.

Figura 3. HC de la estación ESCLAVO DP (2)



- d. Abra el POB82 y programe lo que se muestra en la figura 4.

Figura 4. Datos de programación del DB82.

```
OB82 -- dpdiag\Master\CPU 315-2 DP
OB82 : "I/O Point Fault"
Comentario:
Segm. 1: Título:
Comentario:
L    #OB82_EV_CLASS
L    B#16#39
==I
JC   G01
G01: CALL "DPNRM_DG"
      REQ    :=TRUE
      LADDR  :=W#16#3FE
      RET_VAL:=MW240
      RECORD :=P#DB110.DBX0.0 BYTE 27
      BUSY   :=M230.0
A    M    230.0
JC   G01
```

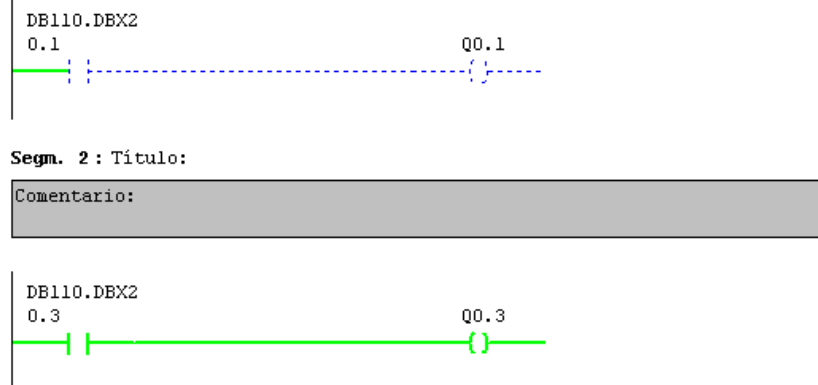
- e. Abra el DB110 y declare la estructura de los valores de acuerdo con la tabla mostrada en la figura 5, en DB se almacena la información recabada cada vez que ocurre un evento, en la figura 4 se muestra lo que se programó en el OB82, en la línea de RECORD se direccionó la DB110, en el byte 20 de esta DB se almacenan los datos de eventos que están ocurriendo en tiempo real. Es la razón por la que es importante entender los que sucede en el OB82.

Figura 5. Declaración de tipo de datos del DB 110.

Dirección	Nombre	Tipo	Valor inicial	Comentario
0.0		STRUCT		
+0.0	byte1	BYTE	B#16#0	
+1.0	byte2	BYTE	B#16#0	
+2.0	byte3	BYTE	B#16#0	
+3.0	BYTE4	BYTE	B#16#0	
+4.0	BYTE5	BYTE	B#16#0	
+5.0	BYTE6	BYTE	B#16#0	
+6.0	BYTE7	BYTE	B#16#0	
+7.0	BYTE8	BYTE	B#16#0	
+8.0	BYTE9	BYTE	B#16#0	
+9.0	BYTE10	BYTE	B#16#0	
+10.0	BYTE11	BYTE	B#16#0	
+11.0	BYTE12	BYTE	B#16#0	
+12.0	BYTE13	BYTE	B#16#0	
+13.0	BYTE14	BYTE	B#16#0	
+14.0	BYTE15	BYTE	B#16#0	
+15.0	BYTE16	BYTE	B#16#0	
+16.0	BYTE17	BYTE	B#16#0	
+17.0	BYTE18	BYTE	B#16#0	
+18.0	BYTE19	BYTE	B#16#0	
+19.0	BYTE20	BYTE	B#16#0	
+20.0	BYTE21	BYTE	B#16#0	
+21.0	BYTE22	BYTE	B#16#0	
+22.0	BYTE23	BYTE	B#16#0	
+23.0	BYTE24	BYTE	B#16#0	
+24.0	BYTE25	BYTE	B#16#0	
+25.0	BYTE26	BYTE	B#16#0	
+26.0	BYTE27	BYTE	B#16#0	
-28.0		END_STRUCT		

En la figura 6 se muestra la que sucede en tiempo real cada vez que un esclavo se desconecta de la red.

Figura 5. Propiedades de la nueva subred PROFIBUS.



4. *Programa en el OB1 las condiciones de programación que se muestran a continuación:*

En el OB1 del maestro debe programar lo siguiente:

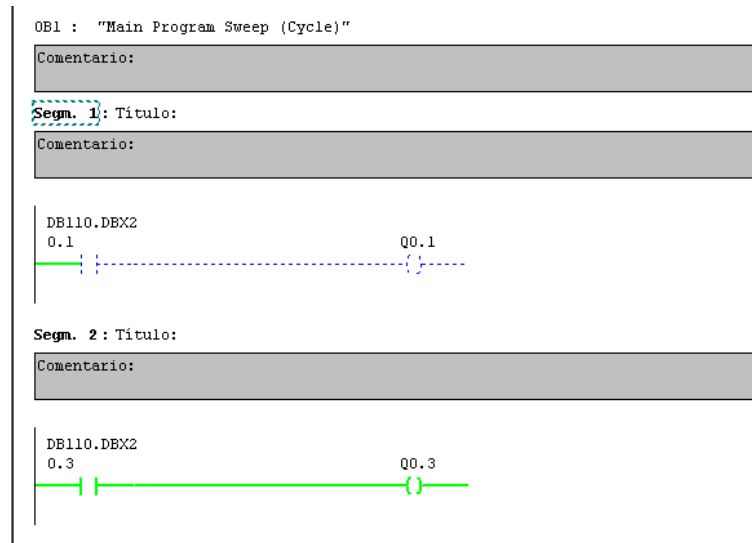


Fig. 1 Programación del OB1

Recuerde guardar los cambios cada vez que cierra el OB1, cargue los Bloques de Organización OB1, OB82, OB86 y SFC13.

3.3. Actividades complementarias

Realice las conexiones correspondientes de manera que comunique el PLC la pasarela DP ASi Ink 20E y el panel de operador OP170B, al efectuarse la desconexión del esclavo ASi ya no se enciendan los indicadores luminosos (leds) del maestro sino que en la pantalla del OP se muestra un aviso sobre cual esclavo ha fallado.

4.- Conclusiones

- Anexe en su reporte la lista de instrucciones de programación, material utilizado y el reporte de la experiencia al realizar la práctica.
- Además concluya sobre las aplicaciones de la comunicación industrial al integrar todo el esquema entre Profibus, ASi y los dispositivos de visualización.

5.- Bibliografía

Weigmann, Josef y Kilian Gerhanrd. Decentralization with PROFIBUS DP, Architecture and fundamentals, configuration use with SIMATIC S7. Germany, MCD Verlang – SIEMENS, 2000. 224 p.

SITRAIN, Training for Automation and Drives, Curso especial ITESM, 2003.

ANEXO A

MÓDULOS QUE COMPONEN EL LABORATORIO DE MECATRONICA DE FESTO.

Descrito como lo presenta FESTO en México.

General

Para entregar un sistema de entrenamiento modular de Mecatrónica con al menos 9 diferentes estaciones.

El sistema debe cubrir las siguientes tecnologías:

Electro - neumática

Programación de PLC

Sistemas de bus de Campo

Programación de Robots

Simulación de Robot

Tareas de ensamble con Robot

Sistema de flujo de materiales en lazo cerrado

Tecnología de sensores

Convertidores de frecuencia para control de velocidad en motores de CA

Comunicación entradas / salidas

Sistema de transporte

Motores de CA

Sistemas de posicionamiento

Sistema de medición por elementos analógicos

Tecnológicas de manipulación

Sistema de control de calidad por cámara CCD

El sistema debe estar construido con componentes industriales. Las estaciones. Las estaciones deben estar habilitadas para operar independientemente e integradas al sistema. Lo anterior debe ser posible combinando las estaciones al menos en 5 diferentes configuraciones posibles.

Estaciones simples A, B, C, D, E, F, G, H, I, J

Combinación A, B

Combinación A, B, C

Combinación A, B, I

Combinación A, B, D, C, H, I

Las estaciones pueden operar y generar flujos de material entre ellas

Todas las estaciones deben tener capacidad operativa para integrarse al sistema de transporte. (J)

La pieza de trabajo que se procese en las estaciones debe tener al menos 3 diferentes variantes y debe ser diseñada para ser ensamblada. Al menos 4 diferentes componentes deben ser ensamblados para obtener las piezas de trabajo en su configuración final.

Un sistema de entrenamiento en ambiente multimedia debe estar disponible para cada uno de los componentes del sistema hasta construir el sistema final.

Todas las estaciones excepto el sistema de transporte y el sistema de control de calidad con cámara deben estar montadas sobre contenedores y transportadores móviles.

El licitador debe garantizar la compatibilidad de todos los subsistemas con el sistema principal en todas sus variedades: estrictamente, mecánicamente y con las interfases de software

Interfases del sistema

Todos los subsistemas tienen que ser equipados con interfases estandarizadas, homologadas y abiertas. Las señales digitales de entrada / salida deben estar concentradas en cada estación con bloques terminales en un panel de control con LED indicadores para un diagnóstico fácil, así como el diagnóstico de fallas del sistema.

La conexión entre los controladores y las estaciones se debe realizar un sistema de cableado estandarizado con conectores de pin No. IEEE488/24 un sistema de verificación de equipo para señales entradas / salida debe estar disponible para simulación de entradas / salidas. Debe ser posible controlar el disparo de señales por medio de un interruptor general de disparo.

Laboratorio de Mecatrónica

Nr P~S.

Descripción

Conjunto de piezas de trabajo

Debe consistir de lo siguiente:

Diferentes cuerpos plásticos de diferentes colores y materiales en la siguiente cantidad 10 en color rojo, 10 en color Negro y 10 cuerpos metalizados en color aluminio

30 resortes

30 émbolos

30 empaques

30 tapas.

Estación de trabajo 1:

Estación de Distribución

La estación de operación con contenedores debe ser diseñada para separar piezas de trabajo fuera del sistema de contenedores por gravedad para alimentar las piezas de trabajo, por medio de un sistema "pick & place" para la siguientes estación. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas:

Estación montada sobre un panel perfilado ranurado de aluminio.

Dimensiones 350 x 700 mm.

Distancia entre ranuras 50 mm.

Sensores y actuadores conectados a un bloque terminal con LED's indicadores para verificar el estado de los elementos conectados.

Conector estandarizado para el bloque terminal tipo IEEE488/24

Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCD

Bloque de válvulas compacta con rejilla de 10 mm.

Un contenedor de alimentación por gravedad con dotado de un Tubo de alimentación plástico transparente.

Un actuador neumático de doble efecto para la separación de la pieza de trabajo

Un actuador neumático semirotatorio con brazo guía paralelo como dispositivo "pick & place"

Un sistema de sujeción por vacío con expulsor

Un sensor de vacío

Dos interruptores de límite

Un sensor de barrera óptica para la detección de la pieza de trabajo

Dos sensores magnéticos para actuadores

Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor

Unidad de mantenimiento neumático con filtro, regulador de presión y eliminación de humedad.

La estación esta ensamblada en un contenedor móvil de dimensiones 350.x 700 x 750 mm. con cuatro ruedas con freno.

Laboratorio de Mecatrónica

NrPOS.

Descripción

Estación de trabajo 2: estación de verificación

La estación de verificación debe ser diseñada para proporcionar las características del material como son el color de las piezas de trabajo (rojo, negro, metalizado) y para medir la altura de las piezas de trabajo por medio de un sensor analógico lineal.

Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas estación montada sobre un panel perfilado ranurado de aluminio.

Dimensiones 350 x 700 mm.

Distancia entre ranuras 50 mm.

Sensores y actuadores conectados a un bloque terminal con LED's indicadores para verificar el estado de los elementos conectados.

Conector estandarizado para el bloque terminal tipo IEEE4~8/24

Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8.salidas y alimentación de 24 VCO

Bloque de válvulas compacta con rejilla de 10 mm.

Un modulo de reconocimiento de piezas

Un sensor óptico
 Un sensor inductivo
 Un sensor capacitivo
 Un sensor analógico lineal
 UN comparador con umbral de potenciómetro (2x)
 Un actuador de doble efecto sin vástago como modulo de elevación
 Cuatro sensores magnéticos para actuadores
 Un cilindro de expulsión
 Dos deslizadores para piezas de trabajo
 Un sensor óptico tipo reflex para seguridad
 Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor
 Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como transmisor
 Unidad de mantenimiento neumático con filtro, regulador de presión y eliminación de humedad.
 La estación esta ensamblada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm. con cuatro ruedas con freno.

Laboratorio de Mecatrónica

Nr P~S.

Descripción

Estación de trabajo 3: estación de manipulación

La estación de manipulación neumática de 2 ejes deber ser diseñada para un amplio rango de tareas de "pick & place". Debe ser posible levantar una pieza de trabajo del nivel 1 y colocarla en el nivel 2, el cual es diferente al nivel 1. La carrera del eje x así como la altura deben ser ajustados de manera sencilla. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas estación montada sobre un panel perfilado ranurado de aluminio.

Dimensiones 350 x 700 mm.

Distancia entre ranuras 50 mm.

Sensores y actuadores conectados a un bloque terminal con LED's indicadores para verificar el estado de los elementos conectados:

Conector estandarizado para el bloque terminal tipo IEEE488/24

Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCO

Bloque de válvulas compacto con rejilla de 10 mm.

Actuador neumático lineal sin vástago de doble efecto con alta precisión de posicionamiento por medio de rodamientos de bolas

Actuador piano como eje Z.

Gripper neumático de dedos paralelos

6 interruptores magnéticos de límite con LED indicador

Dos deslizadores para piezas de trabajo

Un sensor óptico tipo reflex para seguridad

Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor

Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como transmisor

Unidad de mantenimiento neumático con filtro, regulador de presión y eliminación de humedad.

La estación esta ensamblada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm. con cuatro ruedas con freno.

Laboratorio de Mecatrónica

Nr P~S.

Descripción

Estación de trabajo 4: Estación de proceso

La estación de proceso debe ser diseñada como una estación que funcione con actuadores eléctricos solamente. No debe contener actuadores neumáticos. Las piezas de trabajo deben ser transportadas y procesadas por medio de actuadores eléctricos manejados e una tabla de indexación. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas estación montada sobre un panel perfilado ranurado de aluminio.

Dimensiones 350 x 700 mm.

Distancia entre ranuras 50 mm.

Sensores y actuadores conectados a un bloque terminal con LED's indicadores para verificar el estado de los elementos conectados.

Conector estandarizado para el bloque terminal tipo IEEE488/24
 Cable de comunicación de seriales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCO
 Mesa giratoria de 6 compartimientos para compartimientos de piezas de trabajo de 40 mm.
 Motor eléctrico con transmisión
 Actuador magnético lineal para verificación
 Actuador magnético lineal como sujeción
 Motorreductor de CD por medio de transmisión de banda dentada
 Deslizador lineal con deslizamiento de bolas
 Modulo de taladro eléctrico
 Actuador eléctrico rotatorio
 Sensor de posición inductivo
 Sensor de detección de piezas capacitivo
 Dos relevadores para control de dirección del motor
 Dos micro interruptores de límite
 Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor
 Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como transmisor
 La estación esta ensamblada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm. con cuatro ruedas con freno.

Estación de trabajo 5:

Estación de control de calidad
 La estación de inspección de control de calidad debe ser equipada con una cámara compacta CCO y el software necesario para ejecutar diferentes tareas de medición y verificación. Esta estación tiene que ser una estación en línea. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas:
 cámara montada sobre un perfil de aluminio ranurado de dimensiones 40 x 40 mm.
 Interfase de seriales conectada a un bloque de terminales con LED's indicadores para verificar el estado de los elementos conectados (sensores y actuadores).
 Conector estandarizado para el bloque terminal tipo IEEE488/24
 Cable de comunicación de seriales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCO
 Monitor 17"
 Sistema de iluminación especial con LED's
 Controlador del sistema de iluminación de flash

Laboratorio de Mecatrónica

Nr P~S.

Descripción

Estación de trabajo 6: Estación de ensamble con Robot

La estación de ensamble con robot debe estar diseñada para ensamblar piezas de trabajo con mínima de 4 piezas de ensamble. La estación debe reconocer el tipo de por medio de un conjunto de sensores. Debe existir un dispositivo de proceso para encontrar la correcta orientación de un actuador simétrico para el correcto ensamble del mismo. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas

Estación montada sobre un panel perfilado ranurado de aluminio.

Dimensiones 350 x 700 mm.

Distancia entre ranuras 50 mm.

Sensores y actuadores conectados a un bloque terminal con LED's indicadores para verificar el estado de los elementos conectados. '4

Conector estandarizado para el bloque terminal tipo IEEE488/24

Cable de comunicación de seriales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCD

Bloque de válvulas compacta con rejilla de 10 mm.

Alimentadores verticales por gravedad

Actuador neumático sin vástago para la separación de las piezas de trabajo

Contenedor especial de resortes para ensamble

Todos los contenedores verticales deben ser plásticos

Contenedor para piezas de trabajo

Elemento de ensamble con sensor de orientación

Dos deslizadores para piezas de trabajo

Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor
 Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como transmisor
 La estación esta ensamblada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm. con cuatro ruedas con freno
 Robot industrial de 5 GDL con gripper
 Control de trayectorias
 Mínimo valor de Repetibilidad de máx. +1-0,02 mm.
 Velocidad mínima alcanzable de 2100 mm. 1s
 Carga máxima 1.5 Kg.
 Alcanzabilidad mínima 410 mm.
 Servomotores de CA con encoders absolutos
 Numero 0 de posiciones: 2500 para cada programa
 Numero de programas: 88
 Numero 0 de pasos de programa: 5000
 Numero mínima de entradas salidas: 16/16 con capacidad de expansión
 Teach Box con interruptor de hombre muerto
 Adaptador de interfase de robot con LED indicador para todas las entradas 1salidas

Laboratorio de Mecatrónica

Nr P~S.

Descripción

estación de trabajo 7: Almacén

El almacén debe ser diseñado como un sistema AS/RS. (Automated Storage and Retrieval System) y equipado con dos actuadores eléctricos de posicionamiento y un actuador neumático como gripper con un eje neumático.

Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas:

estación montada sobre un panel perfilado ranurado de aluminio.

Dimensiones 700 x 700 mm.

Distancia entre ranuras 50 mm.

Sensores y actuadores conectados a un bloque terminal con LED's indicadores para verificar el estado de los elementos conectados.

Conector estandarizado para el bloque terminal tipo IEEE488/24

Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCO

Bloque de válvulas compacta con rejilla de 10 mm.

4 estantes con 5 compartimientos para piezas de trabajo cada uno

2 actuadores lineales de desplazamiento de alta precisión por medio de rodamientos de bolas y banda dentada.

2 Servomotores de CD con encoders incrementales para posicionamiento

2 amplificadores de potencia con rampa de aceleración ajustable y velocidad ajustable

Actuador lineal de doble efecto de alta precisión con rodamientos de bolas

Gripper neumático de dedos paralelos

6 micro interruptores magnéticos con LED indicador

La estación esta ensamblada en un contenedor móvil de dimensiones 700 x 700 x 750 mm. con cuatro ruedas con freno

Laboratorio de Mecatrónica

NrPOS.

Descripción

Estación de trabajo 8: Estación de manipulación

La estación de manipulación neumática de 2 ejes deber ser diseñada para un amplio rango de tareas de "pick & place". Debe ser posible levantar una pieza de trabajo del nivel 1 y colocarla en el nivel 2, el cual es diferente al nivel 1. La carrera del eje x así como la altura deben ser ajustados de manera sencilla. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas

Estación montada sobre un panel perfilado ranurado de aluminio.

Dimensiones 350 x 700 mm.

Distancia entre ranuras 50 mm.

Sensores y actuadores conectados a un bloque terminal con LED's indicadores para verificar el estado de los elementos conectados,
 Conector estandarizado para el bloque terminal tipo IEEE488/24
 Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCD
 Bloque de válvulas compacta con rejilla de 10 mm.
 Actuador neumático lineal sin vástago de doble efecto con alta precisión de posicionamiento por medio de rodamientos de bolas
 Actuador piano como eje Z.
 Gripper neumático de dedos paralelos
 6 interruptores magnéticos de límite con LED indicador
 Dos deslizadores para piezas de trabajo
 Un sensor óptico tipo reflex para seguridad
 Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor
 Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como transmisor
 Unidad de mantenimiento neumático con filtro, regulador de presión y eliminación de humedad,
 La estación esta ensamblada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm. con cuatro ruedas con freno,

Estación de trabajo 9: Estación de selección

La estación de selección de piezas debe ser diseñada para reconocer el tipo de piezas de trabajo que llegan a la estación y seleccionar estas en 3 diferentes deslizadores de piezas de acuerdo a sus características. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas
 Estación montada sobre un panel perfilado ranurado de aluminio.
 Dimensiones 350 x 700 mm.
 Distancia entre ranuras 50 mm.
 Sensores y actuadores conectados a un bloque terminal con LED's indicadores para verificar el estado de los elementos conectados.
 Conector estandarizado para el bloque terminal tipo IEEE488/24
 Cable de comunicación de señales estándar para E/S con 8 entradas, 8 salidas y alimentación de 24 VCD
 Bloque de válvulas compacta con rejilla de 10 mm.
 2 desviadores neumáticos por medio de actuadores de doble efecto
 3 deslizadores de salida
 1 sensor inductivo
 1 sensor óptico
 6 interruptores magnéticos de límite con LED indicador
 1 sistema de transporte con longitud de arrastre de 40 mm.
 1 motor de CD
 Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como receptor
 Establecimiento de comunicación para flujo de material vía sensor óptico como transmisor
 Unidad de mantenimiento neumático con filtro, regulador de presión y eliminación de humedad.
 La estación esta ensamblada en un contenedor móvil de dimensiones 350 x 700 x 750 mm. con cuatro ruedas con freno.

Laboratorio de Mecatrónica

Nr pos.

Descripción

Estación de trabajo 10: Estación de transferencia de contenedores La estación de transferencia de contenedores debe ser diseñada para transportar las piezas de trabajo de una celda de trabajo a otra. Esta estación debe ser construida de manera rígida y estable utilizando perfil de aluminio anodizado y debe tener su propio control PLC inmerso un gabinete. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas:
 Dimensiones 3000 x 700 mm. (L x A)
 Distancia entre ranuras 50 mm.
 Sensores y actuadores enlazado en red por medio de la interfase
 AS-Interfase en modo de bus de campo
 6 posiciones de trabajo
 Identificación de contenedores en cada posición de operación

4 motores de CA '4

Convertidor de frecuencia para ajustar la velocidad del sistema de transporte

Los contenedores deben conservar la parte frontal para operación en movimiento

Fuente de alimentación AS-I

PLC con tarjeta de operación AS-I

Sistema de paro de emergencia central que incluya a todas las estaciones que se integren

Control de sistema de PLC Board Tipo 1

La tarjeta de PLC debe ser diseñada para controlar las diferentes estaciones del sistema. La interfase del sistema debe estar de acuerdo al cableado estándar de las diferentes estaciones. Este debe ser diseñado para ser colocado de manera independiente 0 integrado a los contenedores de cada una de las estaciones. Ambos, las estaciones y el panel de control, deben ser controlados por los PLC's. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas:

Modulo I/O para la estación 8 Entradas / 8 Salidas

Modulo de entradas / salidas para la estación 8 Entradas / 8 Salidas

Interruptor de entrada de Emergencia

Tablero de metal para sujeción de piezas

Control de sistema de PLC Board Tipo 2

El panel de control de PLC debe ser diseñado para controlar el sistema de almacén (AS/RS). La interfase del sistema debe operar dentro del sistema estándar de cableado. Este equipo debe ser diseñado para ser colocado de manera independiente 0 dentro del contenedor del sistema de estaciones.

Ambos, las estaciones y el panel de control, deben ser controlados por los PLC's. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas:

CPU S7-314 C DP

Modulo I/O Module para estaciones 8 Entradas / 8 Salidas

Contadores rápidos con 2 canales de entradas

Interruptor de entrada de Emergencia

Tablero de metal para sujeción de piezas

Laboratorio de Mecatrónica

NrPOS.

Descripción

Control de sistema de PLC Board Tipo 3

El tablero de control del PLC debe ser diseñado para controlar la estación de ensamble de robot. La interfase del sistema debe contra con la capacidad de alojarse en todas las estaciones por medio de los contenedores especiales.

Ambos, las estaciones y el panel de control, deben ser controlados por los PLC's. Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas:

ET200

Modulo de I/O para 16 Entradas /8 Salidas

Tablero de metal para sujeción de piezas"

Panel de operación.

El panel de operación debe ser diseñado para ser montado en la parte frontal de los transportadores móviles. Esto debe ser compatible con el sistema electrónico 19". Adicionalmente las siguientes características deben ser cubiertas:

Dos interruptores de pulso

Un botón pulsador libre adicional para propósito general

In interruptor con llave para operación

Dos indicadores tipo LED libres

10 puntos de conexión para I/O adicionales

Interfase con el control de PLC board vía IEEE488/24

ANEXO B

COTIZACIÓN POR EQUIPAMIENTO

Cotización hecha por FESTO del equipamiento para parte del equipo del laboratorio de redes de comunicación industrial.

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
 KM 3.5 CARR. LAGO DE GUADALUPE
 COL. MARGARITA MAZA DE J.
 52926 ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO.MEX
 R.F.C. ITE430714KI0
 TEL. 326-55-55

Cotización: 10438158

No. de Cliente: 23083375 Atención: DR. DANTE DORANTES Original-Cliente
 Zona de Ventas: 230085 Conducto: ING. TOMAS PEREZ

Fecha: 15.05.2003

Condiciones de Pago:
 30 días,pago hasta en 10 días

Muy Señores Nuestros:

En atención a su solicitud, nos es grato presentar nuestra por el equipo neumático solicitado por ustedes.

El cual tiene un tiempo de entrega: (después de recibir su orden de compra)

Los precios cotizados pueden sufrir cambios sin previo aviso y encuentran expresados en Pesos Mexicanos. Favor de aumentar el IVA correspondiente.

Nota Importante:

No se aceptan devoluciones en cilindros de fabricación especial, de lo contrario se hará un cargo del 50% de su precio total.

Esperamos poder atenderle pronto.

Atentamente

FESTO PNEUMATIC, S.A.

 ING. TOMAS PEREZ
 Asesor Técnico

 ING. FRANCISCO OROZCO N.
 División Neumática

Av. Ceylán #3

Gerente Regional

Tlalnepantla Colonia Tequesquinahuac Estado de México54020 Tel: (5) 321-66-00 Fax: (5) 321-66-42
www.festo.com/mx

Cotización: 10438158

Descripción

Original-Cliente

Material

Fecha: 15.05.2003

Precio Unitario Cantidad

PAGINA 2 de 6

Total

ítem 1	PROC. IPC, HC16-FST PS1 HC16-FST	174433	14,131.00	2 PZA	28,262.00
ítem 2	BUSBOARD DE 8 SLOTS PS1 BP31	160699	4,079.00	2 PZA	8,158.00
ítem 3	MOD CONVERT. DC/DC PS1 PS10	160701	3,933.00	2 PZA	7,866.00
ítem 4	MOD. IPC ASI E.IPC-CP96	170429	11,282.00	2 PZA	22,564.00
ítem 5	MÓDULO PROFIBUS DP/FMS PS1 CP62	191431	14,853.00	2 PZA	29,706.00
ítem 6	CPU IPC 8 ENT/SAL ETHERNET PS1 HC020-FST	183606	7,099.00	2 PZA	14,198.00
ítem 7	CILINDRO DOBLE EFECT D:S-PAZ-DW20-100PPV	152888	1,484.88	6 PZA	8,909.28
ítem 8	CILINDRO DE SIMPLE EFECTO D:S-PAZ-EW20-50P	152887	1,170.24	3 PZA	3,510.72
ítem 9	ENTR.SEÑALES EL D:ER-G-2X-DT/1X-DS-S	162242	3,367.20	3 PZA	10,101.60
ítem 10	FUENTE 24 VDC 5A 24VCD/5A 6ES73071EA0	13009856	4,968.00	3 PZA	14,904.00
ítem 11	FUENTE,ASI ASI-CNT-115/230-VAC-	191082	8,311.00	2 PZA	16,622.00
ítem 12	SOFTWARE Y MANUALES EN CD WINF PS1-FST2-CD	191440	789.00	2 PZA	1,578.00
ítem 13	JUEGO DE CABLES D:AS-KS-4MM-UNI	30332	5,078.40	4 PZA	20,313.60
ítem 14	SOFNET I. ETHER ET	13010348	9,560.00	2 PZA	19,120.00
ítem 15	TARJETA 343-1E ETHERNET	13010348	13,550.00	2 PZA	27,100.00
ítem 16	CONECTORES PROF BUS FMS	13010348	1,110.00	7 PZA	7,770.00
ítem 17	CONECTORES PROF BUS MPI	13010348	1,100.00	7 PZA	7,700.00
ítem 18	DP / AS-I LINK 0	13010348	6,900.00	2 PZA	13,800.00
ítem 19	TARJETA CP 343 ASI	13010348	7,800.00	2 PZA	15,600.00
ítem 20	CONECTOR FRONTA DE 20 PINS	13010348	160.00	2 PZA	320.00
ítem 21	SENSOR INDUCTIVO SIEN-M18B-PS-K-L	150418	643.00	6 PZA	3,858.00
ítem 22	SENSOR INDUCTIVO SIEN-M18B-PO-K-L	150422	643.00	6 PZA	3,858.00
ítem 23	FIJACION PARA SENSOR SMBR-8-25	175096	65.00	18 PZA	1,170.00
ítem 24	SENSOR DE PROXIMIDAD	150855	344.00	18	6,192.00

SME-8-K-LED-24

PZA

LOS ELEMENTOS A CONTINUACION SON PARA FORMAR EL BLOCK DE VALVULAS ASI

	Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
ítem 25	VÁLVULA MONOESTABLE M CPV10-M1H-5LS-M7	161414	909.00	8 PZA	7,272.00
ítem 26	RACOR RAPIDO QSM-M7-4-I	153319	26.57	16 PZA	425.12
ítem 27	JUEGO DE TORNILLOS 4 CPV10-ZA-4	161365	39.00	2 PZA	78.00
ítem 28	PLACA ALIM.CIEGA.IZQ CPV10-EPL	161378	410.00	2 PZA	820.00
ítem 29	PLACA DER.PIL.AU.INT CPV10-EPR-G	161377	410.00	2 PZA	820.00
ítem 30	TAPA ASI ESNTADAR 4 VÁLVULAS CPV10-GE-ASI-4Z	18259	2,769.00	2 PZA	5,538.00
ítem 31	CONECTOR SOCKET ASI-SD-FK	18785	74.00	4 PZA	296.00
ítem 32	SILEN. C/ROSCA ALUM. U -3/8 B	6843	162.00	2 PZA	324.00
ítem 33	RACOR RAPIDO QS -1/8-8-I	153015	30.00	2 PZA	60.00
ítem 34	RACOR RAPIDO QSM-M5-6-I	153317	32.00	4 PZA	128.00
	Subtotal MXP:	308,942.32			
		Original-Cliente			
	Descuentos:	48,042.32-			
	Total	260,900.00			

Fecha:
15.05.2003

Favor de emitir cheque no negociable a nombre de Festo Pneumatic, S.A.

El embarque será por cuenta del comprador. Toda devolución causal 20% de cargo.

No aceptamos devoluciones después de 30 días fecha factura.

En ningún caso se aceptan devoluciones de fabricación especial.

Mientras no este cubierto el total de factura, la mercancía es propiedad de Festo Pneumatic, S.A.

CED. DE EMP. 110868 REG. FED. CONT. FPN-710301-GQ3 REG. CANACINTRA 25489

[Festo Pneumatic, S. A.](http://www.festo.com/mx)

Av. Ceylán #3 Tlalnepantla Colonia Tequesquínahuac Estado de México 54020 Tel: (5) 321-66-00 Fax: (5) 321-66-42

www.festo.com/mx