



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL CON
ETHERNET / IP. CASO PRÁCTICO: LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE
LA ESPOCH”**

TESIS DE GRADO

**Previa obtención del título de:
INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**

PRESENTADO POR:

**MARÍA ANGÉLICA CANTOS SILVA
EDGAR DANIEL GUEVARA LÓPEZ**

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

En el presente trabajo se ha plasmado los conocimientos adquiridos durante la carrera, queremos agradecer a nuestros maestros en especial a los Ingenieros: Marco Viteri y Danny Velasco, Director y Miembro de Tesis de Grado, quienes han sabido guiarnos para poder alcanzar los objetivos propuestos.

Queremos tambien agradecer a la ESPOCH, donde compartimos momentos inolvidables y recuerdos que permanecerán siempre en nosotros.

Este trabajo está dedicado a Dios, por guiar mi camino y permitirme cumplir un objetivo más en el transcurso de mi vida, a mis padres, por estar siempre junto a mí y apoyarme incondicionalmente en los buenos y malos momentos, a mi hermanito con quien he compartido muchos momentos desde niños y ha estado siempre a mi lado, a mis familiares y amigos por la confianza y el cariño.

María Angélica Cantos Silva.

Quiero dedicar este trabajo a Dios quien con su infinita gracia me ha permitido culminar una etapa muy importante en mi vida, a mis padres que con su apoyo y su guía me han dado la confianza para alcanzar mis objetivos. A los Ingenieros de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo en Especial al Ing. Marco Viteri que me ha dado la apertura para terminar con éxito la carrera.

Edgar Daniel Guevara López.

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO FACULTAD INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Raúl Rosero DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA EN SISTEMAS
Ing. Marco Viteri B. DIRECTOR DE TESIS
Ing. Danny Velasco MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Tlgo. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS:	

RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

“Nosotros María Angélica Cantos Silva y Edgar Daniel Guevara López, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis de Grado, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

FIRMAS:

María Angélica Cantos Silva

Edgar Daniel Guevara López

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANSI	Instituto Nacional Americano de Normalización Institute National American of Normalization
ASCII	Código Americano Estandarizado para el Intercambio de Información Standardized American code for the Exchange of Information
ASI	Interfaz de Actuador Sensor Actuator Sensor Interface
BMFT	Ministerio Federal Alemán de Investigación y Tecnología Federal ministry German of Investigation and Technology
CAN	Controlador de Área de Red Controller Area Network
CI	Internacional ControlNet ControlNet International
CIA	CAN en Automatización CAN In Automation
CIM	Manufactura Integrada por Computadora Manufactures Integrated for Computer
CPU	Unidad Central de Procesos Central Unit of Processes
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Acceso con Detección de Colisiones Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DoD	Departamento de Defensa de los Estados Unidos Department of Defense of the United States
DP	Descentralización de Periféricos Decentralized Periphery
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Ethernet/IP	Ethernet / Protocolo Industrial Ethernet / Industrial Protocol
FMS	Especificación del Mensaje Fieldbus Fieldbus Message Specification
I/O	Entrada / Salida Input/Output
IEA	Asociación de Ethernet Industrial Industrial Ethernet Association
IEEE	Instituto Electrónico y de Ingenieros Eléctricos Institute of Electrical and Electronical Engineers
IOANA	Asociación Abierta de Ethernet Industrial Industrial Open Ethernet Association
IP	Protocolo de Internet Internet Protocol
ISA	Asociación Internacional de Fabricantes de dispositivos de instrumentación de procesos International association of Makers of Devices of Instrumentation of Processes
LAN	Red de Área Local Local Area Network

LLC	Control de Enlace Lógico Logical Link Control
MAC	Control de Acceso al Medio Control of Access to the Means
MMS	Especificación de Mensaje Industrial Manufacturing Message Specification
MSDOS	Sistema Operativo de Disco de Microsoft Operating System of Disk of Microsoft
ODVA	Asociación vendedora de Open DeviceNet Open DeviceNet Vendor Association
OSI	Sistema Abierto de Interconexión Open System Interconnection
PA	Proceso de Automatización Process Automation
PCs	Computador Personal Personal Computer
PLCs	Controlador Lógico Programable Programmable Logic Controllers
PNO	Organización de Usuarios de Profibus Profibus User Organisation
PTO	Organización de Comercio de Profibus Profibus Trade Organisation
RTU	Unidad de Transmisión Remota Remote Transmission Unit
SDS	Sistema de Distribución Pequeño Smart Distributed System
TCP	Protocolo de Control de Transmisión Protocol of Control of Transmission
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet Protocol of Control of Transmission / Internet Protocol
VAX	Extensión de Dirección Virtual Virtual Address Extension
WAN	Red de Área Extensa Extensive Area Network
XP	Programación Extrema Xtreme Programing

ÍNDICE GENERAL

RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL 19

1.1 Antecedentes 19

1.2 Justificación del Proyecto de Tesis 21

1.2.1 Justificación Teórica 21

1.2.2 Justificación Práctica 22

1.3 Objetivos 23

1.3.1 Objetivo General 23

1.3.2 Objetivos Específicos 23

1.4 Hipótesis 24

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO 25

2.1 Introducción 25

2.2 Sistemas de Comunicación 25

2.2.1 Definición de Comunicación 26

2.2.2 Objetivo del Sistema de Comunicación 28

2.2.3 Modos de Comunicación 28

2.3 Protocolos de Comunicación 29

2.3.1 Protocolo Modbus 29

2.3.2 Estructura de la Red 30

2.3.2.1 Medio Físico 30

2.3.2.2 Acceso al Medio 30

2.3.2.3 Protocolo 30

2.3.2.3.1 Descripción de las Funciones del Protocolo 33

2.3.2.3.2 Modbus TCP/IP 39

2.3.2.3.3 El Protocolo MODBUS TCP 41

2.3.2.3.4 Prestaciones de un Sistema MODBUS TCP/IP 41

2.3.2.3.4 Cómo comunicar dispositivos MODBUS sobre MODBUS TCP/IP? 42

2.4	Redes Industriales.....	43
2.4.1	Beneficios de una Red Industrial	44
2.4.2	Clasificación de las Redes Industriales.....	44
2.4.2.1	Buses Actuadores y Sensores.....	44
2.4.2.2	Buses de Campo y Dispositivos Calientes.....	44
2.4.2.2.1	Buses de Campo Existentes	45
2.4.2.2.1.1	Buses de Alta Velocidad y Baja Funcionalidad.....	45
2.4.2.2.1.2	Buses de Alta Velocidad.....	46
2.4.2.2.1.3	Buses de Altas Prestaciones.....	46
2.4.2.2.1.4	Buses para Áreas de Seguridad Intrínseca	48
2.4.2.2.2	Buses de Campo Estandarizados.....	48
2.4.2.2.2.1	PROFIBUS.....	48
2.4.2.2.2.2	INTERBUS	49
2.4.2.2.2.3	DEVICENET	50
2.4.2.2.2.4	FOUNDATION FIELDBUS	51
2.4.2.2.2.5	FIP - WORLDVIP	51
2.4.2.2.2.6	LONWORKS	52
2.4.2.2.2.7	SDS	52
2.4.2.2.2.8	CANOPEN.....	53
2.4.2.2.2.9	INDUSTRIAL ETHERNET	53
2.5	Niveles en una Red Industrial.....	53
CAPITULO III		
PARTE INVESTIGATIVA		
3.1	Introducción	56
3.2	Estudio de Redes ETHERNET/IP.....	56
3.2.2	Ethernet Convencional e Industrial Ethernet	57
3.2.2.1	Reseña Histórica de Ethernet	57
3.2.2.2	Ethernet Industrial.....	59
3.3	Infraestructura de una Red.....	69
3.3.1	Medios Físicos	69
3.3.1.1	Cable Coaxial Grueso	69
3.3.1.2	Cable Coaxial Fino.....	70
3.3.1.3	Cable Par Trenzado.....	70
3.3.1.4	Cable de Fibra Óptica.....	71
3.3.1.5	Radio	71
3.3.2	Topología De Redes.....	71

3.3.2.1	Topología en Estrella	72
3.3.2.2	Topología en Anillo	72
3.3.2.3	Topología en Bus	73
3.3.2.4	Topología en Árbol	74
3.3.3	Dispositivos de Red.....	74
3.3.3.1	Switch Autogestionados.....	75
3.3.4	Dispositivos de Control.....	75
3.3.4.1	Controlador Twido y Módulo TwidoPort	76
3.3.4.1.1	Elementos del Módulo Ethernet TwidoPort.....	76
3.3.4.1.2	Descripción Indicadores LED de TwidoPort	76
3.3.4.1.3	Indicadores LED de Comunicaciones	77
3.3.4.2	Controlador FieldPoint.....	79
3.3.4.2.1	Módulos E/S.....	80
3.3.4.2.2	Módulo de Red.....	80
3.3.4.2.3	Interfaz de Comunicación	82
3.3.4.2.4	Sistema de Configuración del Fp-1601.....	83
 CAPITULO IV		
4.1	Introducción.....	85
4.2	APLICACIÓN PRÁCTICA	86
4.2.1	Metodología para el Diseño e Implementación de la Red Industrial con Ethernet / IP.....	86
4.2	Pruebas Software	87
4.2.1.1	FASE I: Planificación	88
4.2.1.1.1	Descripción del Sistema.....	88
4.2.1.1.2	Especificación de Requerimientos	89
4.2.1.1.2.1	Requerimientos Funcionales	89
4.2.1.1.2.2	Requerimientos no Funcionales	89
4.2.1.1.3	Historia de Usuarios.....	90
4.2.1.1.4	Planificación Inicial	99
4.2.1.1.5	Plan de Iteración.....	99
4.2.1.2	FASE II: Diseño.....	102
4.2.1.2.1	Grafcet.....	102
4.2.1.2.2	Diseño Software	103
4.2.1.2.2.1	Diagramas de Secuencia	103
4.2.1.2.2.2	Diagramas de Colaboración	105
4.2.1.2.2.3	Diagramas de Actividades.....	107

4.2.1.2.2.4	Diagramas de Estados	109
4.2.1.2.2.5	Diagramas de Despliegue.....	111
4.2.1.3	FASE III: Desarrollo	111
4.2.1.3.1	Configuración de la Red.....	111
4.2.1.3.1.1	Instalación de TwidoSoft	111
4.2.1.3.1.2	Configuración PLC 20DTK con TwidoSoft	115
4.2.1.3.1.3	Configuración PLC FieldPoint.....	119
4.2.1.3.1.4	Monitoreo de Red.....	125
4.2.1.3.1.4.1	Control de red mediante Lookout.....	125
4.2.2	Comprobación de la Hipótesis	128
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
RESUMEN		
SUMMARY		
GLOSARIO DE TERMINOS		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. 3Planta Industrial.....	20
Figura II. 4 Elementos que intervienen en la Comunicación.....	27
Figura II.5 Trama Genérica del mensaje según el código empleado	31
Figura II.6Cálculo de CRC Codificación RTU.....	33
Figura II.7 Trama genérica de las subfunciones de control de Esclavos	34
Figura II. 8Petición y respuesta de la función: Lectura de bits (01H, 02H)	35
Figura II.9Petición y respuesta de la función: Lectura de palabras (03H, 04H).....	35
Figura II. 10Petición y respuesta de la Función: Escritura de bit (05H).....	36
Figura II. 11Petición y respuesta de la función: Escritura de una palabra (06H)	36
Figura II.12Petición y respuesta de la Función: Lectura rápida de un octeto (07H)	36
Figura II. 13 Petición y respuesta de la función: Control de contadores (08H).....	37
Figura II.14Petición y respuesta de la Función: Contenido contador 9 (0BH).....	38
Figura II. 15Petición y respuesta: Escritura de bits (0FH).....	38
Figura II. 16Petición y respuesta: Escritura de palabras (10H)	38
Figura II. 17 Trama de mensaje error.....	39
Figura II.18Encapsulamiento de la Trama Modbus en TCP.....	41
Figura II. 19Pirámide de Automatización.....	55
Figura II.20Distribución de redes en la pirámide de Automatización	55
Figura III. 21Modelo OSI para Ethernet Industrial.....	59
Figura III.22Red Tipo Estrella	72
Figura III. 23Red Tipo Anillo	73
Figura III.24Red Tipo Bus por Colisiones.....	73
Figura III.25Red Tipo Bus Maestro / Esclavo	74
Figura III.26Red Tipo Árbol.....	74
Figura III.27Switch Industrial Weidmüller.....	75
Figura III.28Módulo de Interfaz Ethernet TwidoPort.....	76
Figura III.29Indicadores LED de TwidoPort.....	77
Figura III.30 Puerto Ethernet de TwidoPort	79
Figura III.31Controlador FieldPoint	79
Figura III. 32Módulo de red FieldPoint 1601	80
Figura III. 33DIP Switch FieldPoint 1601	82
Figura III.34Conexión del FP-1601 a red Ethernet.....	84
Figura IV. 35Módulos conectados a la Red	89
Figura IV. 36Primera Iteración	99

Figura IV. 37Segunda Iteración	99
Figura IV.38Tercera Iteración.....	100
Figura IV.39Graficet del módulo Ensamblador de Piezas.....	102
Figura IV.40Diagrama de Secuencia Módulo Ensamblador de Piezas.....	103
Figura IV. 41Diagrama de Secuencia Módulo Banda Transportadora.....	103
Figura IV. 42Diagrama de Secuencia Semáforo.....	104
Figura IV.43Diagrama de Secuencia Monitoreo y Control de los Módulos.....	104
Figura IV.44Diagrama de Colaboración Módulo Ensamblador de Piezas	105
Figura IV. 45Diagrama de Colaboración Módulo Banda Transportadora.....	105
Figura IV. 46Diagrama de Colaboración Conectar Semáforo	106
Figura IV.47Diagrama de Colaboración Monitoreo y Control de los Módulos	106
Figura IV. 48Diagrama de Actividades Módulo Ensamblador de Piezas.....	107
Figura IV.49Diagrama de Actividades Módulo Banda Transportadora	107
Figura IV. 50Diagrama de Actividades Conectar Semáforo a Red Industrial	108
Figura IV.51Diagrama de Actividades Monitoreo y Control de la Red	108
Figura IV. 52Diagrama de Estados Módulo Ensamblador de Piezas	109
Figura IV. 53Diagrama de Estados Módulo Banda Transportadora.....	109
Figura IV.54Diagrama de Estados Conectar Semáforo a Red Industrial.....	110
Figura IV55Diagrama de Estados Monitoreo y Control de la Red.....	110
Figura IV. 56Diagrama de Despliegue.....	111
Figura IV. 57Ventana de Selección del idioma	112
Figura IV. 58Ventana de Bienvenida.....	112
Figura IV. 59Ventana de Contrato de Licencia	113
Figura IV. 60Ventana de Ubicación de Archivos de instalación	113
Figura IV.61Ventana de Tipo de Instalación	114
Figura IV. 62Ventana de Finalización de TwidoSoft	114
Figura IV. 63Cambiar controlador Base	115
Figura IV. 64Selección de Controlador Base.....	115
Figura IV.65Configuración de com del controlador	116
Figura IV. 66Selección del Protocolo MODBUS	116
Figura IV. 67Selección Opción Preferencias	117
Figura IV. 68Selección Gestión de conexiones	117
Figura IV.69Selección Gestión de conexiones	118
Figura IV. 70Selección de Conexión	118
Figura IV. 71Selección para Agregar opción.....	118
Figura IV. 72Selección de interface Ethernet	119

Figura IV. 73	Descarga de drivers FieldPoint.....	119
Figura IV. 74	Pantalla de Bienvenida	120
Figura IV. 75	Selección de Directorio destino.....	120
Figura IV. 76	Selección de las características de instalación.....	121
Figura IV. 77	Pantalla de Notificación	121
Figura IV. 78	Términos de Licencia	122
Figura IV. 79	Resumen de los elementos de la instalación.....	122
Figura IV. 80	Progreso de la instalación.....	123
Figura IV. 81	Finalizar la instalación.....	123
Figura IV. 82	Reinicio del Sistema	124
Figura IV. 83	Pantalla de Bienvenida	124
Figura IV. 84	Pantalla del Programa principal.....	125
Figura IV. 85	Pantalla de Inicio del Monitoreo de Red	125
Figura IV. 86	Menú del Monitoreo	126
Figura IV. 87	Interfaz Ensamblador de Piezas.....	126
Figura IV. 88	Interfaz Banda Transportadora.....	127
Figura IV. 89	Interfaz de control semáforo Ethernet	127
Figura IV. 1	Tabla de Tráfico de Red Ethernet Industrial	131
Figura IV. 2	Tabla de Tráfico de Red Ethernet + PC's.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II. II Funciones Básicas y Códigos de Operación.....	32
Tabla II. III Sub-funciones correspondientes a la función =00H.....	34
Tabla II. IV Petición del Contenido y control	37
Tabla III. V Elementos del Módulo Ethernet TwidoPort.....	76
Tabla III. VI Indicadores LED de TwidoPort	77
Tabla IV. I Resultados Comparación de Redes	128
Tabla IV. VIII Análisis Cuantitativo Juicio de Expertos	129
Tabla IV. IX Parámetros de calificación Análisis cuantitativo.....	132
Tabla IV. X Resultado del análisis cuantitativo.....	132

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias son la base de la producción, razón por la cual requieren de maquinaria y equipos que ofrezcan un buen desempeño, hoy en día las redes industriales juegan un papel muy importante para el correcto funcionamiento en situaciones adversas como el polvo, el ruido, la humedad, etc. Y debido a la necesidad de que los datos no se pierdan, de lograr una buena comunicación en tiempo real, evitar la pérdida de datos y mejorar la transmisión de información se ve necesario implementar redes industriales con Ethernet / IP (Ethernet / Industrial Protocol), ya que es un protocolo de comunicación abierto diseñado para procesos de control así como para otras aplicaciones de automatización industrial.

El Laboratorio de Automatización de la ESPOCH actualmente cuenta con módulos, maquinaria y nueva tecnología con la cual se está realizando una pequeña representación de lo que en la industria se va a aplicar, logrando de esta manera dar a conocer a los estudiantes la forma de trabajo de una industria y así ayudar a mejorar sus conocimientos.

El presente trabajo se centra en el Diseño e Implementación de una Red Industrial con Ethernet / IP (Industrial Protocol), que permitirá interconectar entre si los diversos módulos para poder transmitir información y realizar el monitoreo de los equipos a través de la red.

Se realizó un estudio de los protocolos, topologías que se pueden utilizar además de otros aspectos relevantes para la implementación de dicha red, también se utilizó dos módulos industriales (Ensamblador de Piezas y Banda Transportadora) y un semáforo

que permiten probar la correcta comunicación de los datos transmitidos en tiempo real interconectados a través de dos switch industriales.

El contenido de esta tesis está estructurada en 4 capítulos, en el Capítulo I se expone el Marco Referencial, el Capítulo II recoge el estudio de Sistemas de Comunicación y Redes Industriales, el Capítulo III contiene la parte investigativa de las Redes Ethernet / IP, el Capítulo IV se encarga de plasmar toda la investigación en el Diseño e Implementación de la Red Industrial con Ethernet / IP.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

Ethernet se está afianzando en el sector industrial. Ordenadores personales, impresoras y demás equipos periféricos con tarjetas de interfaz de red Ethernet se están utilizando cada vez más en el ambiente industrial y la aceptación de Ethernet va en aumento, en la misma medida del uso creciente de enrutadores y conmutadores inteligentes.

Ethernet/IP (Ethernet Industrial Protocol) es un protocolo abierto de comunicación desarrollado por Rockwell Automation, Administrado por ODVA y diseñado para uso en procesos de control y otras aplicaciones de automatización industrial. Ethernet/IP puede ser fácilmente confundido como una combinación de Ethernet (La capa física, enlace, o medianamente usado en la mayoría de las oficinas y varios ambientes de redes industriales) y el Protocolo de Internet usado por la mayor parte del mundo (internet) protocolo de red y parte del modelo TCP/IP, que comprende un conjunto de protocolos que operan en el Internet (o redes), transporte, y capas de aplicación. Utiliza los ya bastante conocidos hardware y software Ethernet para establecer un nivel de protocolo

para configurar, acceder y controlar dispositivos de automatización industrial. Ethernet/IP clasifica los nodos de acuerdo a los tipos de dispositivos preestablecidos, con sus actuaciones específicas.

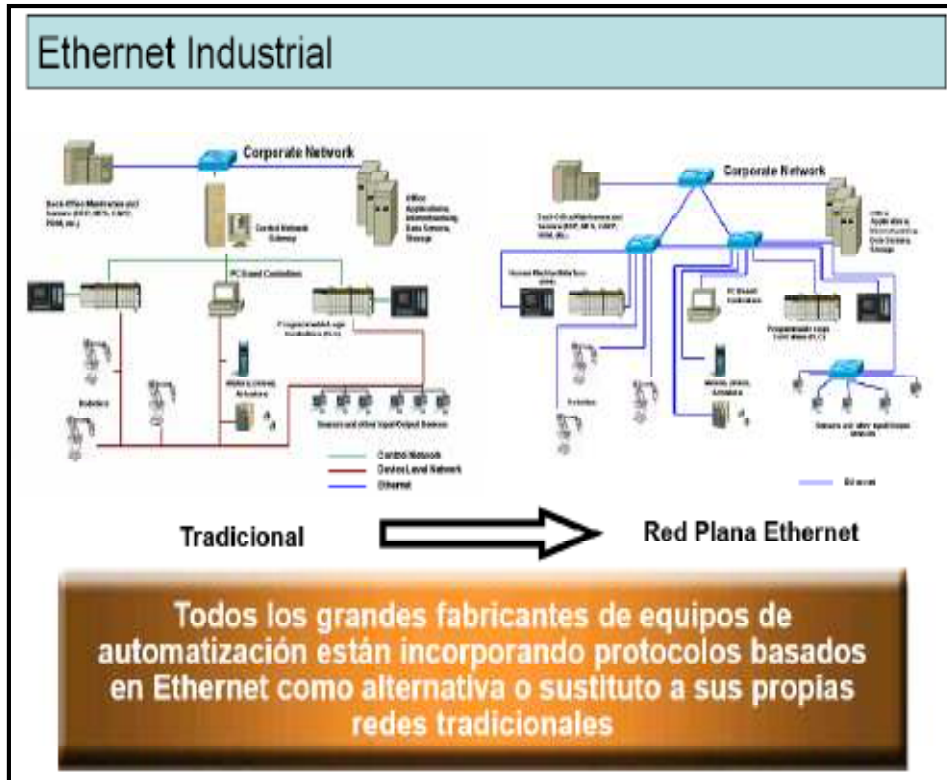


Figura I. 3Planta Industrial¹

Los medios físicos de Ethernet el cable y los conectores utilizados por los PCs en las oficinas, impresoras y demás dispositivos periféricos trabajan con una gama de protocolos de comunicación tales como IP (Protocolo Internet), TCP (Protocolo de Control de Transmisión) y muchos otros protocolos de envío de información por red. Estos tipos de protocolos van muy bien en el ambiente de oficina. Permiten que los usuarios compartan archivos, accedan a impresoras, envíen e-mails, naveguen por Internet y realicen todo tipo de comunicación normal en un ambiente de oficina. Sin embargo, las necesidades de una fábrica son mucho más exigentes y demandan la

¹Planta Industrial con Ethernet/IP

adecuación a algunos requerimientos especiales. En una fábrica, los controladores tienen que acceder a datos en los mismos sistemas operativos, estaciones de trabajo y dispositivos I/O. En una situación normal, el software deja al usuario esperando mientras realizan su tarea. Pero en planta todo es distinto. Aquí el tiempo es crucial y ello requiere una comunicación en tiempo real.

Por ejemplo para un robot soldador o la operación de rellenar una botella en su tiempo justo requiere un ajuste de tiempo sumamente preciso, comparativamente a lo que se exige para acceder a un archivo en un servidor remoto o sencillamente hojear un Web por Internet.

Ethernet/IP es un protocolo de red en niveles, apropiado al ambiente industrial. Es el producto acabado de cuatro organizaciones que aunaron esfuerzos en su desarrollo y divulgación para aplicaciones de automatización industrial: La Open DeviceNet Vendor Association (ODVA), la Industrial Open Ethernet Association (IOANA), la Control Net International (CI) y la Industrial Ethernet Association (IEA).

1.2 Justificación del Proyecto de Tesis

1.2.1 Justificación Teórica

Ethernet se está consolidando en el sector industrial, razón por la cual se ve la necesidad de diseñar e implementar la tecnología Ethernet / IP, que es un protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial, que además permitirá:

- Mejorar la velocidad de transmisión de datos.
- Mantener confiabilidad de los datos que se estén transmitiendo.
- Ayudar con la seguridad para que los datos no se pierdan durante la transmisión.

- Disminuir el tiempo de respuesta e incrementar la capacidad de transferencia de datos.
- Utilizar una gama de protocolos de comunicación que permitan el envío de información por la red.
- Conectar distintos mecanismos industriales con el control de planta y con la gestión central, mediante una interfaz consistente con las aplicaciones.

Ethernet/IP es una red abierta debido a que:

- Está basada en la normativa IEEE 802.3
- Es compatible con la popular familia de protocolos TCP/IP
- Permite el uso de aplicaciones de control con el protocolo MODBUS, utilizado como protocolo de aplicación para E/S en tiempo real.
- El protocolo MODBUS ofrece una amplia gama de servicios estándar para acceder a los datos y controlar los dispositivos conectados a la red a través de mensajes “implícitos” y “explícitos”.

En la actualidad la comunicación industrial es el eje de petroleras, medianas y grandes empresas, ya que permite transmisión de los datos en tiempo real.

1.2.2 Justificación Práctica

Se ha tomado como parte práctica la implementación de una red industrial con tecnología Ethernet/IP, en el Laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas – ESPOCH, puesto que se ve la necesidad de simular las secciones de una fábrica diseñando dos módulos que permitirá la comunicación, para ello se utilizará dos

Switch industriales que permitirá aislar la red de planta, de la red administrativa. Brindando de esta manera alta inmunidad al ruido e interferencias.

El Laboratorio de Automatización en la actualidad cuenta con módulos como el Módulo de Ensamblador de Piezas, Banda Transportadora y el semáforo Ethernet, que serán interconectados a través de dicha red, con la finalidad de controlar dichos módulos de manera centralizada y lograr que los datos que se transmitan no se pierdan, así como mejorar la velocidad y confiabilidad de transmisión en la red en tiempo real.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar e implementar una red industrial utilizando el protocolo Ethernet / IP en el Laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas – ESPOCH.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudiar la tecnología Ethernet / IP para el diseño e implementación de una red industrial.
- Analizar las ventajas que proporciona la implementación de una red industrial para simular las secciones de una fábrica.
- Diseñar la red industrial que será implementada en el Laboratorio de Automatización para interconectar los módulos existentes.
- Implementar una red industrial, para simular las secciones de una fábrica que será realizado en el Laboratorio de Automatización.

1.4 Hipótesis

El diseño e implementación de una red industrial con Ethernet / IP, permitirá tener confiabilidad y mejorar la velocidad en la transmisión de los datos, evitando de esta manera la pérdida de información.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Este capítulo abarca información necesaria para el desarrollo de nuestra investigación, la misma que nos permitirá conocer acerca de los sistemas de comunicación, protocolos de comunicación y redes industriales, esta información nos servirá de guía para sentar bases del funcionamiento de una red industrial.

2.2 Sistemas de Comunicación

En los últimos años el desarrollo de los sistemas informáticos ha sido vertiginoso, de manera que hoy se encuentran ordenadores prácticamente en todos los ámbitos de la vida cotidiana en los bancos para la realización de operaciones financieras; en la oficina para procesamiento de textos, consulta de bases de datos y gestión de recursos; en las universidades para la enseñanza y las tareas investigadoras; en la industria para el control de plantas, monitorización de procesos productivos, gestión integrada de las

diferentes etapas de fabricación, control de máquinas herramienta, robots, manipuladores, etc.

En muchas ocasiones, estos ordenadores o equipos de control no realizan operaciones aisladas, sino que necesitan intercambiar datos con otros equipos para desempeñar su función. Las funciones básicas que hacen necesaria la comunicación de datos son:

- Intercambio de datos: Como la transferencia de ficheros entre ordenadores, consulta de bases de datos en entidades financieras, envío de correo electrónico, etc.
- Compartir recursos: De modo que se rentabilice el empleo de determinados equipos periféricos como impresoras y unidades de almacenamiento.

Si nos centramos en el ámbito industrial las aplicaciones más frecuentes son:

- Coordinar acciones de unidades automatizadas y controlar la transferencia de componentes, a través del intercambio de datos entre las diferentes unidades (autómatas programables o PLCs, PCs industriales) que controlan el proceso productivo.
- Monitorizar y modificar estrategias de control desde el puesto de operación, que puede estar situado en la propia planta o en cualquier otro lugar mediante una conexión a través de redes de datos públicas o privadas.

2.2.1 Definición de Comunicación

Cuando se habla de comunicación de datos, hay que distinguir entre **datos**: que es el conjunto de diferentes estados que puede adoptar una variable, e **información**: que es el resultado de procesar e interpretar esos datos, que en muchos casos serán redundantes para garantizar una comunicación fiable.

Según Manuel Jiménez Buendía[1] la Comunicación se define como: el proceso de intercambio de datos, de cuyo análisis posterior se obtiene la información. En la comunicación de datos intervienen varios elementos como se puede ver en la Figura. II. 2.

- Equipo emisor/receptor: Son equipos que intervienen en la comunicación (ordenadores, PLCs, periféricos, etc.).
- Canal: Son los recursos o medios físicos capaces de propagar señales estos pueden ser (cable eléctrico, aire, fibra óptica).
- Mensajes: Son los datos que se transfieren entre ambos equipos.

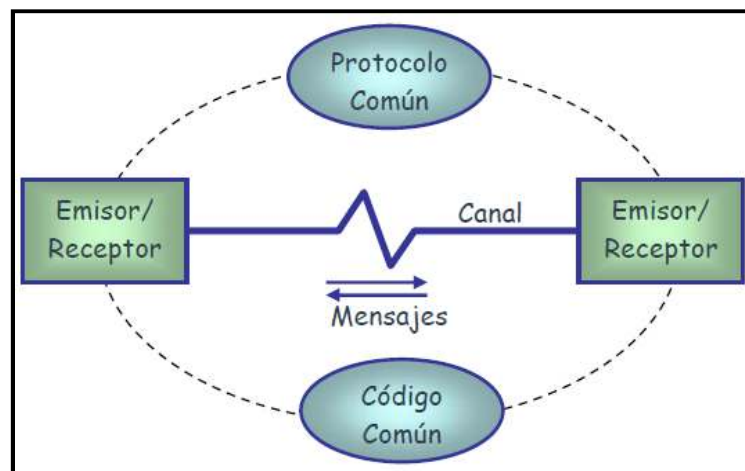


Figura II. 4 Elementos que intervienen en la Comunicación

La comunicación está sometida a perturbaciones y ruidos de la misma naturaleza de las señales que circulan por el canal y que afectan negativamente a la transmisión. Además, los interlocutores deben de utilizar el mismo código (es decir, el mismo idioma, para poder entenderse); en caso contrario el receptor no podría transformar los datos recibidos en información.

Como consecuencia de la existencia de un flujo de datos bidireccional surge la necesidad de emplear un protocolo, que no es sino un conjunto de reglas que regulan el flujo de la información, y que establecen:

- Quién y cómo comienza el diálogo.
- Quién puede transmitir en cada momento.
- Cómo termina la comunicación.

Además de este protocolo de control de flujo se deben establecer mecanismos de control de detección de errores y recuperación de datos en caso de error.

2.2.2 Objetivo del Sistema de Comunicación

El objetivo primario del sistema de comunicación es el de proporcionar el intercambio de información (de control) entre dispositivos remotos.

Este intercambio de información puede realizarse en base a distintas tecnologías:

- Comunicación punto a punto analógica.
- Comunicación punto a punto digital.
- Comunicación punto a punto híbrida.
- Comunicación digital con bus de campo.

Las tecnologías avanzadas admiten obtener prestaciones adicionales

2.2.3 Modos de Comunicación

La comunicación entre dos equipos (transmisión punto a punto) se puede producir en tres modos diferentes, dependiendo de la dirección del flujo de datos:

Simplex: Si la comunicación se realiza en un solo sentido, desde un equipo emisor a uno receptor. Es el modo de comunicación más sencillo (por ejemplo en conexión de periféricos como un ratón a un ordenador personal).

Semi-dúplex (half-duplex): Si la comunicación se realiza en ambos sentidos, pero no simultáneamente. En este caso el canal de comunicación es el mismo para las transmisiones en ambos sentidos, por lo que se deben utilizar protocolos que regulen quién accede al canal común en cada momento.

Dúplex completo (full duplex): La comunicación se puede realizar en ambos sentidos simultáneamente. Para ello debe existir un medio físico de transmisión en cada sentido.

2.3 Protocolos de Comunicación

2.3.1 Protocolo Modbus

La designación Modbus Modicon corresponde a una marca registrada por Gould Inc. Como en tantos otros casos, la designación no corresponde propiamente al estándar de red, incluyendo todos los aspectos desde el nivel físico hasta el de aplicación, sino a un protocolo de enlace (nivel OSI 2). Puede, por tanto, implementarse con diversos tipos de conexión física y cada fabricante suele suministrar un software de aplicación propio, que permite parametrizar sus productos.

No obstante, se suele hablar de MODBUS como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

2.3.2 Estructura de la Red

2.3.2.1 Medio Físico

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (half duplex) (RS-485 o fibra óptica) o dúplex (full duplex) (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica).

La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

2.3.2.2 Acceso al Medio

La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo (puede ser simplemente un reconocimiento).
- Mensajes difundidos. Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset, etc.

2.3.2.3 Protocolo

La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales, según

se muestra en la Figura II. 3. La única diferencia radica en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento («:»=3AH) y los caracteres CR y LF al final del mensaje.

Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16.

Con independencia de estos pequeños detalles, a continuación se da una breve descripción de cada uno de los campos del mensaje:



Figura II.5 Trama Genérica del mensaje según el código empleado

Número de esclavo (1 byte):

Permite direccionar un máximo de 63 esclavos con direcciones que van del 01_H hasta 3F_H. El número 00_H se reserva para los mensajes difundidos.

Código de operación o función (1 byte):

Cada función permite transmitir datos u órdenes al esclavo. Existen dos tipos básicos de órdenes:

- Ordenes de lectura/escritura de datos en los registros o en la memoria del esclavo.

- Ordenes de control del esclavo y el propio sistema de comunicaciones (RUN/STOP, carga y descarga de programas, verificación de contadores de intercambio, etc.)

La Tabla N°. II.1 muestra la lista de funciones disponibles en el protocolo MODBUS con sus correspondientes códigos de operación.

Campo de subfunciones/datos (n bytes):

Este campo suele contener, en primer lugar, los parámetros necesarios para ejecutar la función indicada por el byte anterior. Estos parámetros podrán ser códigos de subfunciones en el caso de órdenes de control (función 00_H) o direcciones del primer bit o byte, número de bits o palabras a leer o escribir, valor del bit o palabra en caso de escritura, etc.

Palabra de control de errores (2 bytes):

En código ASCII, esta palabra es simplemente la suma de comprobación ('checksum') del mensaje en módulo 16 expresado en ASCII. En el caso de codificación RTU el CRC se calcula con una fórmula polinómica según el algoritmo mostrado en la Figura II. 4.

Tabla II. II Funciones Básicas y Códigos de Operación

Función	Código	Tarea
0	00 _H	Control de estaciones esclavas
1	01 _H	Lectura de n bits de salida o internos
2	02 _H	Lectura de n bits de entradas
3	03 _H	Lectura de n palabras de salida o internos
4	04 _H	Lectura de n palabras de entradas
5	05 _H	Escritura de un bit
6	06 _H	Escritura de una palabra
7	07 _H	Lectura rápida de 8 bits
8	08 _H	Control de contadores de diagnósticos número 1 a 8
9	09 _H	No utilizado
10	0A _H	No utilizado
11	0B _H	Control de contador de diagnósticos número 9
12	0C _H	No utilizado
13	0D _H	No utilizado

14	0E _H	No utilizado
15	0F _H	Escritura de n bits
16	10 _H	Escritura de n palabras

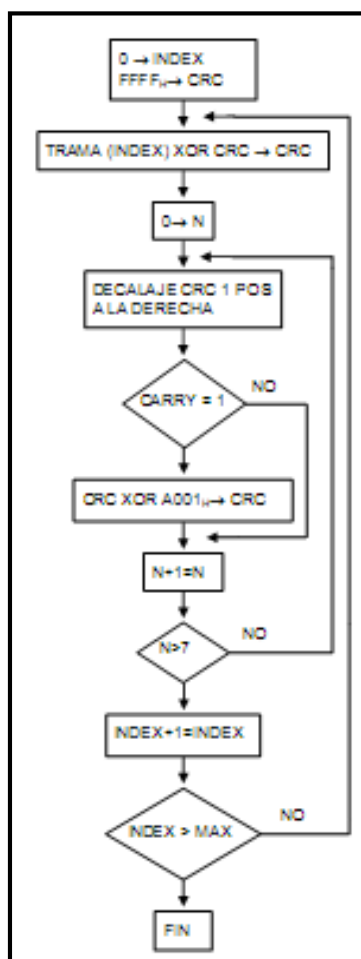


Figura II.6 Cálculo de CRC Codificación RTU

2.3.2.3.1 Descripción de las Funciones del Protocolo

Función 0:

Esta función permite ejecutar órdenes de control, tales como marcha, paro, carga y lectura de programas de usuario del autómata. Para codificar cada una de las citadas órdenes se emplean los cuatro primeros bytes del campo de datos. La trama resultante es la representada en la Figura N° 2.4 y la interpretación de los códigos de Subfunción se especifica en la Tabla N°. II.2.

En caso de las órdenes de marcha y paro, el campo de «información» de la trama representada en la Figura II. 5. está vacío y, por tanto, el mensaje se compone simplemente de 6 bytes de función más 2 bytes de CRC. La respuesta del esclavo a estas órdenes es un mensaje idéntico al enviado por el maestro. Cabe señalar, además, que después de un paro el autómatas sólo acepta ejecutar sub-funciones de la función 00_H.

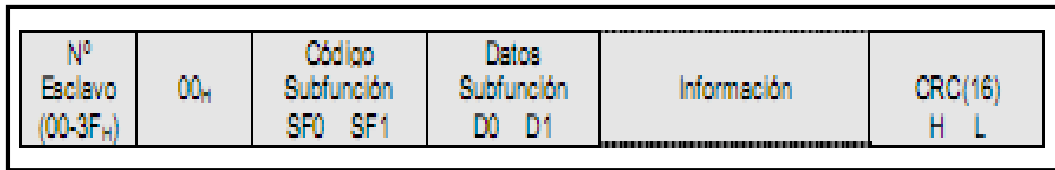


Figura II.7 Trama genérica de las subfunciones de control de Esclavos

Tabla II. IIISub-funciones correspondientes a la función =00H

Código		Datos		Tarea
SF0	SF1	D0	D1	
00 _H	00 _H	00 _H	00 _H	Paro del esclavo sin inicializar
00 _H	01 _H	00 _H	00 _H	Marcha del esclavo sin inicializar
00 _H	02 _H	00 _H	00 _H	Marcha e inicialización del esclavo
00 _H	03 _H	00 _H	XX _H	Lectura de la secuencia XX de programa de usuario en el esclavo
00 _H	04 _H	YY _H	XX _H	Carga de una secuencia de programa de usuario en el esclavo Petición: YY= secuencia a cargar, XX= próxima secuencia Respuesta: XX= código error, YY=00

Funciones 1 y 2:

Lectura de bits del autómata. La trama es la indicada en la Figura II. 6. La forma de direccionamiento de los bits es a base de dar la dirección de la palabra que los contiene y luego la posición del bit. Obsérvese también que la respuesta es dada siempre en octetos completos.

Petición del maestro					
Nº Esclavo (00-3F _H)	01 _H o 02 _H	Dirección 1 ^{er} Bit PP PB	Nº de Bits NN NN	CRC H L	
PPP = Dirección de la palabra (hex), B= Dirección del bit dentro de la palabra 0 a F _H .					
Respuesta del esclavo					
Nº Esclavo (00-3F _H)	01 _H o 02 _H	Nº Octetos leídos NN NN	1 ^{er} Octeto B7..B0	Otros Octetos Hasta máx. 256	CRC H L

Figura II. 8 Petición y respuesta de la función: Lectura de bits (01H, 02H)

Funciones 3 y 4:

Lectura de palabras del autómata. La trama es la indicada en la Figura II.7. Obsérvese que la petición indica el número de palabras a leer, mientras que en la respuesta se indica el número de octetos leídos.

Petición del maestro					
Nº Esclavo (00-3F _H)	03 _H o 04 _H	Dirección 1 ^a Palabra PP PP	Nº de Palabras NN NN	CRC H L	
PPPP = Dirección de la palabra (hex)					
Respuesta del esclavo					
Nº Esclavo (00-3F _H)	03 _H o 04 _H	Nº Octetos leídos NN NN	1 ^{er} Palabra H L	Otras Palabras Hasta máx. 128 H L, H L, HL, ...	CRC H L

Figura II.9 Petición y respuesta de la función: Lectura de palabras (03H, 04H)

Función 5:

Escritura de un bit. La trama es la indicada en la Figura II.8. El direccionamiento del bit se efectúa tal como se ha indicado para las funciones 1 y 2.

Petición del maestro					
Nº Esclavo (00-3F _H)	05 _H	Dirección Bit PP PB	XX _H	00 _H	CRC H L

PPP = Dirección de la palabra (hex), B= Dirección del bit dentro de la palabra 0 a F_H.

Respuesta del esclavo					
Nº Esclavo (00-3F _H)	05 _H	Dirección Bit PP PB	XX _H	00 _H	CRC H L

XX_H = 00H para bit = 0 y XX_H = FF_H para bit = 1

Figura II. 10 Petición y respuesta de la Función: Escritura de bit (05H)

Función 6:

Escritura de una palabra. La trama es la indicada en la Figura II.9.

Petición del maestro				
Nº Esclavo (00-3F _H)	06 _H	Dirección Palabra PP PP	Valor Palabra DD DD	CRC H L

Respuesta del esclavo				
Nº Esclavo (00-3F _H)	06 _H	Dirección Palabra PP PP	Nº de Palabras DD DD	CRC H L

Figura II. 11 Petición y respuesta de la función: Escritura de una palabra (06H)

Función 7:

Petición de lectura rápida de un octeto. La trama es la mostrada en la Figura II. 10. Obsérvese que la petición no tiene campo de dirección, esto es debido a que el octetolegible por esta función es fijo en cada esclavo y viene fijado en su configuración.

Petición del maestro		
Nº Esclavo (00-3F _H)	07 _H	CRC H L

Respuesta del esclavo			
Nº Esclavo (00-3F _H)	07 _H	Valor Octeto DD	CRC H L

Figura II.12 Petición y respuesta de la Función: Lectura rápida de un octeto (07H)

Función 8:

Petición del contenido y control de los 8 primeros contadores de diagnóstico de un esclavo (véase Tabla N°. II.3). Las tramas de petición y respuesta pueden verse en la Figura II.11.

Petición del maestro				
Nº Esclavo (00-3F _H)	08 _H	Código Subfunción SF0 SF1	Dato Subfunción D0 D1	CRC H L
Respuesta del esclavo				
Nº Esclavo (00-3F _H)	08 _H	Código Subfunción SF0 SF1	Valor Contador H L	CRC H L

Figura II. 13 Petición y respuesta de la función: Control de contadores (08H)

Tabla II. IV Petición del Contenido y control

Subfunción		Datos			Tarea
Nº.	Código	D0	D1		
0	00 _H	00 _H	XY _H	ZT _H	El esclavo envía el eco XYZT de petición como test
3	00 _H	03 _H	ZZ _H	00 _H	Modifica el carácter de fin de trama en modo ASCII por ZZ _H
10	00 _H	0A _H	00 _H	00 _H	Puesta a cero de los contadores
11	00 _H	0B _H	00 _H	00 _H	Lectura del contador 1
12	00 _H	0C _H	00 _H	00 _H	Lectura del contador 1
13	00 _H	0D _H	00 _H	00 _H	Lectura del contador 1
14	00 _H	0E _H	00 _H	00 _H	Lectura del contador 1
15	00 _H	0F _H	00 _H	00 _H	Lectura del contador 1
18	00 _H	12 _H	00 _H	00 _H	Lectura del contador 1

Función 11:

La petición del contenido del contador de diagnóstico número 9, no se realizapor la función 8, sino por la función 11. Las tramas de petición y respuestas son lasindicadas por la Figura II. 12.

Petición del maestro		
Nº Esclavo (00-3F _H)	0B _H	CRC H L

Respuesta del esclavo				
Nº Esclavo (00-3F _H)	0B _H	00 00	Valor Contador H L	CRC H L

Figura II.14 Petición y respuesta de la Función: Contenido contador 9 (0B_H)

Función 15:

Escritura de bits del autómeta. La trama es la indicada en la Figura II.13 La forma dedireccionamiento es análoga a la indicada para las funciones 1 y 2.

Petición maestro						
Nº Esclavo (00-3F _H)	0F _H	Dirección 1º Bit PP PB	Nº de Bits NN NN	Nº de Octetos M	Valor de los bits 8xM valores	CRC H L

Respuesta del esclavo				
Nº Esclavo (00-3F _H)	0F _H	Dirección 1º Bit PP PB	Nº de Bits NN NN	CRC H L

Figura II. 15 Petición y respuesta: Escritura de bits (0F_H)

Función 16:

Escritura de palabras del autómeta. La trama es la indicada en la Figura II. 14.

Petición maestro						
Nº Esclavo (00-3F _H)	10F _H	Dirección 1ª Palabra PP PP	Nº de Palabras NN NN	Nº de Octetos M	Valor de las palabras HL, HL, ...	CRC H L

Respuesta del esclavo				
Nº Esclavo (00-3F _H)	10 _H	Dirección 1ª Palabra PP PP	Nº de Palabras NN NN	CRC H L

Figura II. 16 Petición y respuesta: Escritura de palabras (10H)

Mensajes de error:

Puede ocurrir que un mensaje se interrumpa antes de terminar. Cada esclavo interpreta que el mensaje ha terminado si transcurre un tiempo de silencio equivalente a 3,5caracteres. Después de este tiempo el esclavo considera que el carácter siguiente es el campo de dirección de esclavo de un nuevo mensaje.

Cuando un esclavo recibe una trama incompleta o errónea desde el punto de vista lógico, envía un mensaje de error como respuesta, excepto en el caso de mensajes de difusión.

La trama del mensaje de error es la indicada en la Figura II. 15.

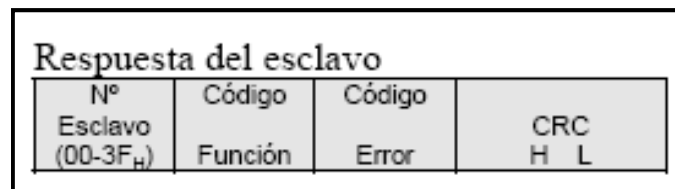


Figura II. 17 Trama de mensaje error

Código Función = Código función recibido + 80H

Código Error =

- 01 Código de Función erróneo:
- 02 Dirección incorrecta
- 03 Datos incorrectos
- 06 Autómata ocupado

Si la estación maestra no recibe respuesta de un esclavo durante un tiempo superior a un límite establecido, declara el esclavo fuera de servicio, a pesar de que al cabo de un cierto número de ciclos hace nuevos intentos de conexión.

2.3.2.3.2. Modbus TCP/IP

MODBUS TCP/IP es una variante o extensión del protocolo Modbus que permite utilizarlo sobre la capa de transporte TCP/IP. De este modo, Modbus-TCP se puede utilizar en Internet, de hecho, este fue uno de los objetivos que motivó su

desarrollo (la especificación del protocolo se ha remitido a la IETF=Internet Engineering Task Force).

En la práctica, un dispositivo instalado en Europa podría ser direccionado desde EEUU o cualquier otra parte del mundo.

Las ventajas para los instaladores o empresas de automatización son innumerables:

- Realizar reparaciones o mantenimiento remoto desde la oficina utilizando un PC, reduciendo así los costes y mejorando el servicio al cliente.
- El ingeniero de mantenimiento puede entrar al sistema de control de la planta desde su casa, evitando desplazamientos.
- Permite realizar la gestión de sistemas distribuidos geográficamente mediante el empleo de las tecnologías de Internet/Intranet actualmente disponibles.

MODBUS® TCP/IP se ha convertido en un estándar industrial de facto debido a su simplicidad, bajo coste, necesidades mínimas en cuanto a componentes de hardware, y sobre todo a que se trata de un protocolo abierto.

En la actualidad hay cientos de dispositivos MODBUS® TCP/IP disponibles en el mercado. Se emplea para intercambiar información entre dispositivos, así como monitorizarlos y gestionarlos. También se emplea para la gestión de entradas/salidas distribuidas, siendo el protocolo más popular entre los fabricantes de este tipo de componentes.

La combinación de una red física versátil y escalable como Ethernet con el estándar universal de interredes TCP/IP y una representación de datos independiente de fabricante, como MODBUS®, proporciona una red abierta y accesible para el intercambio de datos de proceso.

2.3.2.3.3 El Protocolo MODBUS TCP

Modbus/TCP simplemente encapsula una trama Modbus en un segmento TCP. TCP proporciona un servicio orientado a conexión fiable, lo que significa que toda consulta espera una respuesta.

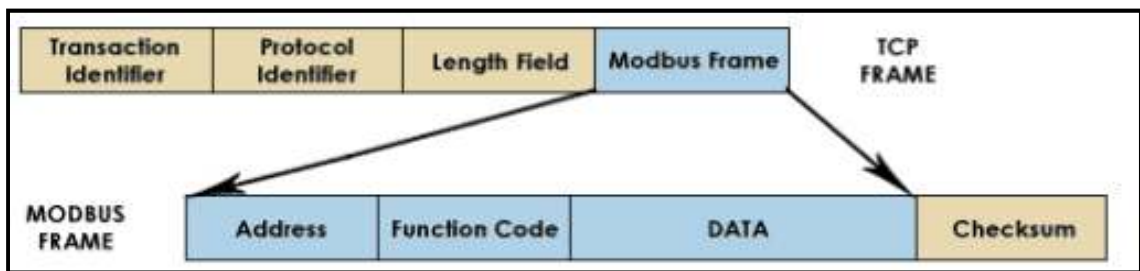


Figura II.18 Encapsulamiento de la Trama Modbus en TCP

Esta técnica de consulta/respuesta encaja perfectamente con la naturaleza Maestro/Esclavo de Modbus, añadido a la ventaja del determinismo que las redes Ethernet conmutadas ofrecen a los usuarios en la industria. El empleo del protocolo abierto Modbus con TCP proporciona una solución para la gestión desde unos pocos decenas de miles de nodos.

2.3.2.3.4 Prestaciones de un Sistema MODBUS TCP/IP

Las prestaciones dependen básicamente de la red y el hardware. Si se usa MODBUS® TCP/IP sobre Internet, las prestaciones serán las correspondientes a tiempos de respuesta en Internet, que no siempre serán las deseables para un sistema de control. Sin embargo pueden ser suficientes para la comunicación destinada a depuración y mantenimiento, evitando así desplazamientos al lugar de la instalación.

Si disponemos de una Intranet de altas prestaciones con conmutadores Ethernet de alta velocidad, la situación es totalmente diferente.

En teoría, MODBUS® TCP/IP, transporta datos hasta $250/(250+70+70)$ o alrededor de un 60% de eficiencia cuando se transfieren registros en bloque, y puesto que 10 Base

Proporciona unos 1.25 Mbps de datos, la velocidad de transferencia de información utilizará:

$$1.25M / 2 * 60\% = 360000 \text{ registros por Segundo}$$

En 100BaseT la velocidad es 10 veces mayor.

Esto suponiendo que se están empleando dispositivos que pueden dar servicio en la red Ethernet aprovechando todo el ancho de banda disponible.

En los ensayos prácticos realizados por Schneider Automation utilizando un PLC Ethernet Momentum™ con entradas/salidas Ethernet, demostró que se podían escanear hasta 4000 bloques I/O por segundo, cada uno con hasta 16 I/O analógicas de 12-bits o 32 I/O digitales (se pueden actualizar 4 bases por milisegundo). Aunque estos resultados están por debajo del límite teórico calculado anteriormente, pero debemos recordar que el dispositivo se probó con una CPU de baja velocidad (80186 a 50MHz con 3 MIPS).

Además, el abaratamiento de los ordenadores personales y el desarrollo de redes Ethernet cada vez más rápidas, permite elevar las velocidades de funcionamiento, a diferencia de otros buses que están inherentemente limitados a una sola velocidad.

2.3.2.3.4 Cómo comunicar dispositivos MODBUS sobre MODBUS TCP/IP?

Puesto que MODBUS® TCP/IP es simplemente un protocolo MODBUS® encapsulado en TCP, es muy sencillo comunicar dispositivos MODBUS® existentes sobre MODBUS® TCP/IP. Para ello se requiere una pasarela que convierta el protocolo MODBUS a MODBUS TCP/IP.

2.4 Redes Industriales

Según Gonzalo Lorenzo Lledó[1]Las Redes Industriales: permiten la comunicación de maquinaria o dispositivos industriales, equipos eléctricos, electrónicos, mecánicos e hidráulicos, entre sí para intercambiar información y compartir recursos, por medio de reglas definidas.

En las empresas coexisten una serie de equipos y dispositivos dedicados al control de una máquina o una parte cerrada de un proceso. Entre estos dispositivos están los autómatas programables, ordenadores de diseño y gestión, sensores, actuadores, etc.

El desarrollo de las redes industriales ha establecido una forma de unir todos estos dispositivos, aumentando el rendimiento y proporcionando nuevas posibilidades. Las ventajas que se aportan con una red industrial son, entre otras, las siguientes:

- Visualización y supervisión de todo el proceso productivo.
- Toma de datos del proceso más rápida o instantánea.
- Mejora del rendimiento general de todo el proceso.
- Programación a distancia, sin necesidad de estar a pie de fábrica.
- Posibilidad de intercambio de datos entre sectores del proceso y entre departamentos.

Las redes de comunicaciones industriales deben su origen a la fundación FieldBus (Redes de campo). La fundación FieldBus, desarrollo un nuevo protocolo de comunicación, para la medición y control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma.

2.4.1 Beneficios de una Red Industrial

Los beneficios que ofrece una red industrial son:

- Reducción de cableado (físicamente)
- Dispositivos inteligentes (funcionalidad y ejecución)
- Control distribuido (flexibilidad)
- Simplificación de cableado de las nuevas instalaciones.
- Reducción de costo en cableado y cajas de conexión.
- Aplicable a todo tipo de sistema de manufactura.
- Incremento de la confiabilidad de los sistemas de producción.
- Optimización de los procesos existentes.

2.4.2 Clasificación de las Redes Industriales

Las redes industriales se pueden clasificar de acuerdo a su funcionalidad en:

2.4.2.1 Buses Actuadores y Sensores

Inicialmente es usado un sensor y un bus actuador en conexión simple, dispositivos discretos con inteligencia limitada, como un foto sensor, un switch limitador o una válvula solenoide, controladores y consolas terminales.

2.4.2.2 Buses de Campo y Dispositivos Calientes

Estas redes se distinguen por la forma como manejan el tamaño del mensaje y el tiempo de respuesta. En general estas redes conectan dispositivos inteligentes en una sola red distribuida.

Estas redes ofrecen altos niveles de diagnóstico y capacidad de configuración, generalmente al nivel del poder de procesamiento de los dispositivos más inteligentes.

Son las redes más sofisticadas que trabajan con control distribuido real entre dispositivos inteligentes.

Los Buses de Campo pueden ser de dos tipos:

- Buses de Campo Existentes.
- Buses de Campo Estandarizados.

2.4.2.2.1 Buses de Campo Existentes

Debido a la falta de estándares, varias compañías han desarrollado diferentes soluciones, cada una de ellas con diferentes prestaciones y campos de aplicación. Las cuales se clasifican de la siguiente manera:

2.4.2.2.1.1 Buses de Alta Velocidad y Baja Funcionalidad

Están diseñados para integrar dispositivos simples como finales de carrera, fotocélulas, relés y actuadores simples, funcionando en aplicaciones de tiempo real, y agrupados en una pequeña zona de la planta, típicamente una máquina. Básicamente comprenden las capas física y de enlace del modelo OSI, es decir, señales físicas y patrones de bits de las tramas. Como ejemplos se puede mencionar:

- CAN: Diseñado originalmente para su aplicación en vehículos.
- SDS: Bus para la integración de sensores y actuadores, basado en CAN.
- ASI: Bus serie diseñado por Siemens para la integración de sensores y actuadores.

2.4.2.2.1.2 Buses de Alta Velocidad

Los buses de alta velocidad y funcionalidad media se basan en el diseño de una capa de enlace para el envío eficiente de bloques de datos de tamaño medio. Estos mensajes permiten que el dispositivo tenga mayor funcionalidad de modo que incluye aspectos como la configuración, calibración o programación del dispositivo.

Son buses capaces de controlar dispositivos de campo complejos, de forma eficiente y a bajo costo. Normalmente incluyen la especificación completa de la capa de aplicación, lo que significa que se dispone de funciones utilizables desde programas basados en PCs para acceder, cambiar y controlar los diversos dispositivos que constituyen el sistema. Algunos incluyen funciones estándar para distintos tipos de dispositivos (perfiles) que facilitan la interoperabilidad de dispositivos de distintos fabricantes. Como ejemplos se citan los siguientes:

- DeviceNet: Desarrollado por Allen-Bradley, utiliza como base el bus CAN, e incorpora una capa de aplicación orientada a objetos.
- LONWorks: Red desarrollada por Echelon.
- BitBus: Red desarrollada por INTEL.
- DIN MESSBUS: Estándar alemán de bus de instrumentación.
- InterBus-S: Bus de campo alemán de uso común en aplicaciones medias.

2.4.2.2.1.3 Buses de Altas Prestaciones.

Son capaces de soportar comunicaciones a nivel de todos los niveles de la producción CIM. Aunque se basan en buses de alta velocidad, algunos presentan problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exigen. La capa de aplicación tiene un gran número de servicios a la capa de

usuario, habitualmente un subconjunto del estándar MMS (Manufacturing Message Specification). Entre sus características incluyen:

- Redes multi-maestro con redundancia.
- Comunicación maestro esclavo según el esquema pregunta respuesta.
- Recuperación de datos desde el esclavo con un límite máximo de tiempo.
- Capacidad de direccionamiento unicast, multicast y broadcast.
- Petición de servicios a los esclavos basada en eventos.
- Comunicación de variables y bloques de datos orientada a objetos.
- Descarga y ejecución remota de programas.
- Altos niveles de seguridad de la red, opcionalmente con procedimientos de autenticación.
- Conjunto completo de funciones de administración de la red.

Dentro de los ejemplos que se pueden nombrar son:

- Profibus.
- WorldFIP.
- Fieldbus Foundation.
- Modbus.

2.4.2.2.1.4 Buses para Áreas de Seguridad Intrínseca

Incluyen modificaciones en la capa física para cumplir con los requisitos específicos de seguridad intrínseca en ambientes con atmósferas explosivas. La seguridad intrínseca es un tipo de protección por la que el componente en cuestión no tiene posibilidad de provocar una explosión en la atmósfera circundante. Un circuito eléctrico o una parte de un circuito tienen seguridad intrínseca, cuando alguna chispa o efecto térmico en este circuito producidos en las condiciones de prueba establecidas por un estándar (dentro del cual figuran las condiciones de operación normal y de fallo específicas) no puede ocasionar un incendio. Algunos ejemplos son HART, Profibus PA o WorldFIP.

2.4.2.2.2 Buses de Campo Estandarizados

2.4.2.2.2.1 PROFIBUS

Profibus fue iniciado por el BMFT (Ministerio Federal Alemán de Investigación y Tecnología). En colaboración con varios fabricantes de automatización en 1989. De las siglas de Process Field Bus. Está normalizado en Alemania por DIN E 19245 y en Europa por EN 50170. El desarrollo y posterior comercialización ha contado con el apoyo de importantes fabricantes como Siemens, Klöckner-Moeller, Está controlado por la PNO (Profibus User Organisation) y la PTO (Profibus Trade Organisation).

El Standard Profibus ha disminuido su aplicación ya que muchas empresas prefieren plataformas inalámbricas o Ethernet industrial por ser más eficientes y menos costosas, aunque algunos fabricantes siguen desarrollando sus aplicaciones con Profibus.

Esta red físicamente es una red eléctrica que puede ser de tres tipos:

- Cable de dos hilos apantallado.
- Red de fibra óptica

- Red inalámbrica de transmisores infrarrojos
- En Profibus existen tres perfiles:
- Profibus DP (Decentralized Periphery): Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCS) o terminales.
- Profibus PA (Process Automation): Para control de proceso y cumpliendo normas especiales de seguridad para la industria química.
- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification): Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización. La evolución de Profibus hacia la utilización de protocolos TCP/IP para enlace al nivel de proceso hace que este perfil esté perdiendo importancia.

Las distancias potenciales de bus van de 100 m a 24 Km (con repetidores y fibra óptica). La velocidad de comunicación puede ir de 9600 bps a 12 Mbps. Utiliza mensajes de hasta 244 bytes de datos.

Profibus se ha difundido ampliamente en Europa y también tiene un mercado importante en América y Asia. El conjunto Profibus DP, Profibus PA cubre la automatización de plantas de proceso discontinuo y proceso continuo cubriendo normas de seguridad intrínseca.

2.4.2.2.2 INTERBUS

Protocolo propietario, inicialmente, de la empresa Phoenix Contact GmbH, aunque posteriormente ha sido abierta su especificación. Normalizado bajo DIN 19258, norma europea EN 50 254. Fue introducido en el año 1984. Utiliza una topología en anillo y comunicación mediante un registro de desplazamiento en cada nodo. Se pueden enlazar buses periféricos al principal.

Capa física basada en RS-485. Cada dispositivo actúa como repetidor. Así se puede alcanzar una distancia entre nodos de 400 m para 500Kbps y una distancia total de 12 KM. Es posible utilizar también enlaces de fibra óptica. Capa de transporte basada en una trama única que circula por el anillo (trama de suma) La información de direccionamiento no se incluye en los mensajes, los datos se hacen circular por la red. Alta eficiencia para aplicaciones de pocos nodos y un pequeño conjunto de entradas/salidas por nodo, pocos buses pueden ser tan rápidos y eficientes como INTERBUS.

Físicamente tiene la impresión de seguir una topología en estrella, pero realmente cada nodo tiene un punto de entrada y otro de salida hacia el siguiente nodo.

2.4.2.2.2.3 DEVICENET

Bus basado en CAN. Su capa física y capa de enlace se basan en ISO 11898, y en la especificación de Bosch 2.0. DeviceNet define una de las más sofisticadas capas de aplicaciones industriales sobre bus CAN.

DeviceNet fue desarrollado por Allen-Bradley a mediados de los noventa, posteriormente pasó a ser una especificación abierta soportada en la ODVA (Open DeviceNet Vendor Association). Cualquier fabricante puede asociarse a esta organización y obtener especificaciones, homologar productos, etc.

Es posible la conexión de hasta 64 nodos con velocidades de 125 Kbps a 500 Kbps en distancias de 100 a 500 m. Utiliza una definición basada en orientación a objetos para modelar los servicios de comunicación y el comportamiento externo de los nodos. Define mensajes y conexiones para funcionamiento maestro - esclavo, interrogación cíclica, "strobing" o lanzamiento de interrogación general de dispositivos, mensajes

espontáneos de cambio de estado, comunicación uno-uno, modelo productor-consumidor, carga y descarga de bloques de datos y ficheros etc.

2.4.2.2.2.4 FOUNDATION FIELDBUS

Un bus orientado sobre todo a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Su desarrollo ha sido apoyado por importantes fabricantes de instrumentación como (Fisher-Rosemount, Foxboro). En la actualidad existe una asociación de fabricantes que utilizan este bus, que gestiona el esfuerzo normalizador, la Fieldbus Foundation. Normalizado como ISA SP50, IEC-ISO 61158 (ISA es la asociación internacional de fabricantes de dispositivos de instrumentación de procesos).

En su nivel (uno) de la capa física sigue la norma IEC 11158-2 para comunicación a 31,25 Kbps, es por tanto, compatible con Profibús PA, su principal contendiente. Presta especial atención a las versiones que cumplen normas de seguridad intrínseca para industrias de proceso en ambientes combustibles o explosivos. Se soporta sobre par trenzado y es posible la reutilización de los antiguos cableados de instrumentación analógica 4-20 mA. Se utiliza comunicación síncrona con codificación Manchester Bifase-L.

La capa de aplicación utiliza un protocolo sofisticado, orientado a objetos con múltiples formatos de mensaje. Distingue entre dispositivos con capacidad de arbitración (Link Master) y normales.

2.4.2.2.2.5 FIP - WORLDFIP

Desarrollado en Francia a finales de los ochenta y normalizado por EN 50170, que también cubre Profibus. Sus capas física y de aplicación son análogas a las de Foundation Fieldbus y Profibus PA. La división Norteamérica de WorldFIP se unió a mediados de los noventa a la Fieldbus Foundation en el esfuerzo por la normalización

de un bus industrial común.

2.4.2.2.2.6 LONWORKS

Fue fundada en 1988, por la empresa Echelon, localizada en California,. Comercializa el bus de campo LonWorks basado en el protocolo LonTalk y soportado sobre el NeuronChip. Alrededor de estas marcas ha construido toda una estructura de productos y servicios, hábilmente comercializados, dirigidos al mercado del control distribuido, enedificios inteligentes, control industrial etc.

El protocolo LonTalk cubre todas las capas OSI. El protocolo se soporta en hardware y firmware sobre el NeuronChip. Se trata de un microcontrolador que incluye el controlador de comunicaciones y toda una capa de firmware que, además de implementar el protocolo, ofrece una serie de servicios que permiten el desarrollo de aplicaciones en el lenguaje Neuron C.

La red Lonworks ofrece una variada selección de medios físicos y topologías de redpar trenzado en bus, anillo y topología libre, fibra óptica, radio, transmisión sobre red eléctrica etc. El soporte más usual es par trenzado a 38 o 78 Kbps. Se ofrece una amplia gama de servicios de red que permiten la construcción de extensas arquitecturas con multitud de nodos, dominios y grupos, típicas de grandes edificios inteligentes.

2.4.2.2.2.7 SDS

SDS(Smart Distributed System), es junto con DeviceNet y CANOpen, uno de los buses de campo basados en CAN más extendidos. Fue desarrollado por el fabricante de sensores industriales Honeywell en 1989. Se ha utilizado sobre todo en aplicaciones de sistemas dealmacenamiento, empaquetado y clasificación automática. Se define una capa física que incluye alimentación de dispositivos en las conexiones. La capa de aplicación define autodiagnóstico de nodos, comunicación por eventosy prioridades de

alta velocidad.

2.4.2.2.2.8 CANOPEN

Bus de campo basado en CAN. Fue el resultado de un proyecto de investigación financiado por la Comunidad Europea y se está extendiendo de forma importante entre fabricantes de maquinaria e integradores de célula de proceso. Está soportado por la organización CIA (CAN In Automation), organización de fabricantes y usuarios de CAN que también apoya DeviceNet, SDS etc.

2.4.2.2.2.9 INDUSTRIAL ETHERNET

La norma IEEE 802.3 basada en la red Ethernet de Xerox se ha convertido en el método más extendido para interconexión de computadores personales en redes de proceso de datos. En la actualidad se vive una auténtica revolución en cuanto a su desplazamiento hacia las redes industriales. Diversos buses de campo establecidos como Profibus, Modbus etc. Han adoptado Ethernet como la red apropiada para los niveles superiores. En todo caso se buscan soluciones a los principales inconvenientes de Ethernet como soporte para comunicaciones industriales:

- El intrínseco indeterminismo de Ethernet se aborda por medio de topologías basadas en conmutadores. En todo caso esas opciones no son gratuitas.
- Se han de aplicar normas especiales para conectores, blindajes, rangos de temperatura etc. La tarjeta adaptadora Ethernet empieza encarecerse cuando se la dota de robustez para un entorno industrial.

2.5 Niveles en una Red Industrial

En una red industrial coexistirán equipos y dispositivos de todo tipo, los cuales suelen agruparse jerárquicamente para establecer conexiones lo más adecuadas a cada área. De

esta forma se definen cinco niveles dentro de una red industrial:

- El nivel de campo consiste en dispositivos como sensores, actuadores que controlan directamente las máquinas.
- En nivel de control, se presentan dispositivos que proporcionan un control lógico y programable hacia los dispositivos de campo y trabajan en conjunto, y aunque cada una de ellas trabaja con su propio control, existe un computador central que las maneja.
- El tercer nivel o nivel de supervisión monitorea operaciones de un área de la planta, como ejemplo, una línea de ensamblado o una línea de soldadura robotizada.
- En el cuarto nivel encontramos el computador de planta que sirve más para funciones administrativas, puesto que a pesar de que la planeación debe hacerse a distintos niveles, siempre existe alguien que los autoriza y divide las labores en la planta.
- Finalmente, y al tope de la jerarquía de control, se encuentra la red corporativa, dentro del cual reside la base de datos y los programas financieros y administrativos de la empresa. Una de las más importantes funciones de este nivel es organizar la base de datos, de tal manera que ella pueda ser fácilmente manejada y guardada.

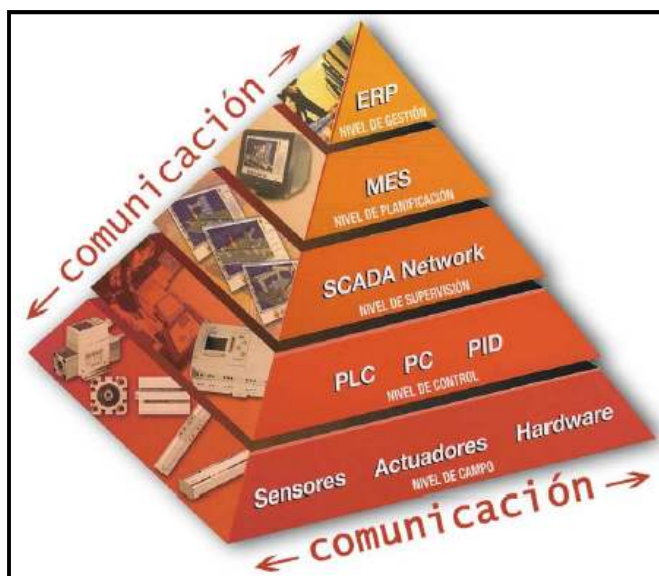


Figura II. 19 Pirámide de Automatización²

Esta estructura citada no es universal, habrá casos en los que conste de un número mayor o menor de niveles, dependiendo del tamaño del proceso y la propia industria.

Debe tenerse en cuenta que la versión industrial de Ethernet nace a partir del estándar original desarrollado para redes de oficinas y corporativas.

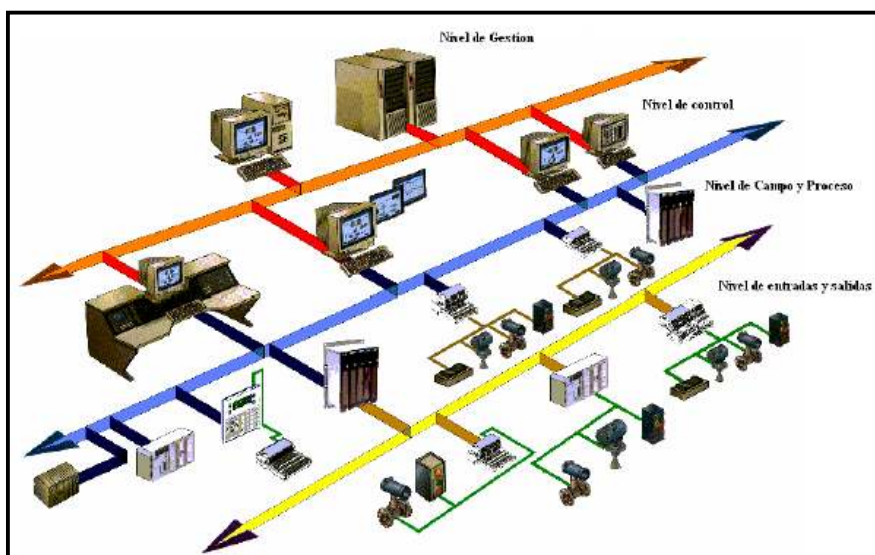


Figura II.20 Distribución de redes en la pirámide de Automatización

²Sistema de Comunicación en la Industria

CAPÍTULO III

PARTE INVESTIGATIVA

3.1 Introducción

En este capítulo se realiza un estudio de las redes Ethernet/IP, como son su Topología, los medios físicos a utilizar; lo que nos permitirá la correcta implementación de la red, así como también realizamos un estudio del funcionamiento de cada uno de los equipos para su correcta operación.

3.2 Estudio de Redes ETHERNET/IP

Las Redes Industriales juegan un papel muy importante en la comunicación y transferencia de información en ambientes adversos, por lo que implementar y diseñar una red es uno de los principales factores para la puesta en marcha de los equipos, maquinaria y módulos en una industria.

Ethernet / IP (Ethernet / Industrial Protocol), es un protocolo por niveles la cual es la aplicación LAN más extendida en todo el mundo, al ofrecer los beneficios de

estandarización, componentes de bajo coste y tecnología de conmutación de elevado rendimiento. Además, es fácil de configurar e instalar.

Ethernet ha migrado continuamente desde las oficinas al terreno de las fábricas en tareas de automatización y control industrial, incluyendo procesamiento de alimentos, minería, automoción y fabricación de equipos pesados. Como la tecnología es cada vez más eficiente y económica, incluso las pequeñas empresas están transitando hacia Ethernet. El cambio desde sistemas de comunicación de bus de campo a nuevos protocolos en un backbone Ethernet no sólo mejora la facilidad de control y automatización de proceso, sino que también dota de visibilidad de gestión en información de producción en tiempo real, contribuyendo a hacer más eficiente las operaciones y aumentar la productividad.

3.2.2 Ethernet Convencional e Industrial Ethernet

3.2.2.1 Reseña Histórica de Ethernet

A mediados de los años setenta, Xerox Corporation, desarrolló el concepto de red Ethernet, basada en el trabajo realizado por investigadores de la Universidad de Hawai. La Universidad de ALOHA instaló una red en la cual, mediante emisiones de radio conectó sitios entre islas. Esto se conoce como su "Ethernet", ya que utilizan el "éter", como el medio de transmisión y creando una red entre sitios. La filosofía es sencilla: cualquier estación de radiodifusión que desee hacerlo comunica de inmediato. La estación receptora entonces tiene la responsabilidad de reconocer el mensaje, que asesora a la transmisión original con éxito de la estación de recepción del mensaje original.

Este primitivo sistema no posee ninguna detección de las colisiones (dos estaciones de radio que transmiten al mismo tiempo), pero depende de un reconocimiento dentro de un tiempo predefinido. El sistema inicial de Xerox tuvo tanto éxito y pronto se aplicó a

otros sitios, por lo general, en la conexión de equipos de oficina a los recursos compartidos como impresoras y computadoras que actúan como encargados de grandes bases de datos.

En 1980, el Consorcio de Ethernet que consta de Xerox, Digital Equipment Corporation e Intel, publicó un conjunto de especificaciones, sobre la base de los conceptos de Ethernet, este es conocido como el Libro Azul. Este fue más tarde sustituido por la especificación del Libro Azul 2 Ethernet (Ethernet V2), que ofreció a la IEEE para la legalización como un estándar. En 1983, el IEEE publicó el estándar de 802.3 (CSMA / CD) LAN basado en el estándar Ethernet. Como resultado de ello, hay normas posteriores en existencia. Ethernet V2 (Bluebook) y IEEE 802.3. Las diferencias entre estas dos normas son menores, lo que no las hace diferentes.

A pesar de la denominación genérica de "Ethernet" que se aplica a todos los CSMA / CD de redes, debería, técnicamente hablando, reservarse el estándar original. A continuación se continuará con el uso popular y se refieren a todas las redes de área local de este tipo como Ethernet, para luego introducirse en Industrial Ethernet.

A principios de Ethernet (10 mbps) utiliza el CSMA / CD como método de acceso. Esto le da un sistema que puede funcionar con poca demora, de ser ligeramente cargado, pero el acceso al medio puede llegar a ser muy lento si la red está muy cargada.

Las tarjetas de interfaz de red Ethernet son relativamente baratas y se producen en grandes cantidades. Ethernet, de hecho, ha pasado a ser el más utilizado en redes estándar. Sin embargo, debido a su mecanismo de acceso probabilística, no hay garantía de transferencia de mensajes y los mensajes de prioridad no poseen la importancia que deberían tener.

Modernos sistemas de Ethernet están muy lejos de su diseño original. Desde 100BaseT en adelante son capaces de full-duplex (enviar y recibir al mismo tiempo por medio de interruptores, sin colisiones) y el marco Ethernet se ha modificado para adoptar disposiciones para la fijación de prioridades y LAN virtuales.

Se supone que el 10 gigabit Ethernet está disponible en el comercio desde mediados de 2002. Ethernet también se ha modificado para uso industrial y que, como tal, ha hecho enormes avances en el proceso de control de acceso al medio.

3.2.2.2 Ethernet Industrial

La Ethernet industrial funciona mediante todos los medios de transmisión como el cobre, la fibra de vidrio o la transmisión "inalámbrica". Las tasas de transmisión van desde 10 Mbit/s, 100 Mbit/s pasando por 1 Gigabit/s hasta los 10 Gigabit/s.

Ya no es necesario descartar la Ethernet de la automatización industrial. Además de las ventajas de una comunicación estandarizada, también se consigue una infraestructura continua que va desde la oficina hasta la máquina o hasta el sensor

3.2.2.2.1 Modelo OSI para Ethernet Industrial

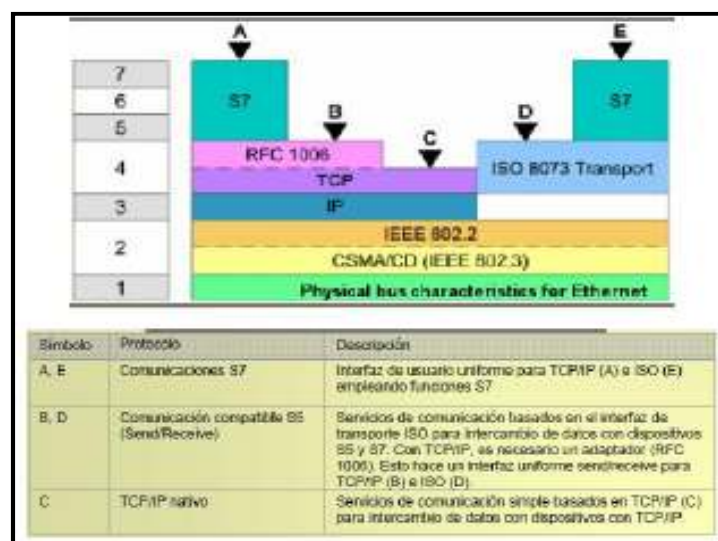


Figura III. 21 Modelo OSI para Ethernet Industrial

3.2.2.2.1.1 Capa Física

Industrial Ethernet usa el estándar típico de Ethernet (hay que tener en cuenta que Industrial Ethernet tiene variaciones respecto al Ethernet usado en oficinas y otras redes no industriales; por lo cual se puede catalogar el Industrial Ethernet como un protocolo Industrial de comunicaciones y a Ethernet como un protocolo de comunicaciones de computadores.

Los cables pueden ser par trenzado, o fibra óptica multimodo. Los conectores de estos varios tipos de conexión Ethernet también están estandarizados con RJ45 para cables de cobre y para cables conectores de fibra óptica.

Las velocidades aproximadas de operación del Ethernet convencional (reseñese como Ethernet para oficinas) tienen opciones que van desde 10Mbps, 100Mbps y 1Gbps. 10Gbps está también disponible pero su uso es primordialmente en las redes a nivel de corporativo. La mayoría de las instalaciones Ethernet de automatización y control industrial están usando aproximadamente de 10Mbps o 100Mbps, sin embargo en algunos casos, Gigabit Ethernet aparece en cableados de sistemas industriales. Basado en los requerimientos de desempeño, una capa física específica puede ser necesitada en utilidades industriales que realmente satisfagan las condiciones de alto ruido. En casos extremos, puede ser posible que se necesiten conectores sellados.

Estas limitaciones de operación pueden que limiten el tipo de cableado y las opciones de velocidades, pero estas son típicamente las opciones físicas de Ethernet.

Los esquemas físicos y requerimientos de comunicación de un ambiente de manufactura dictan varias fuentes físicas a conectar. Típicos ambientes Ethernet tienen conexión dúplex completa con una topología redundante de estrella. Otras opciones posibles pueden ser bus y cadena.

Siempre en el diseño de una red se debe tener en cuenta la posible expansión de la planta; al analizar Industrial Ethernet prácticamente no posee ninguna limitación en el número de nodos en una red sin repetidores, esto posee grandes ventajas a la hora de expansión de una red ya que no genera costos adicionales.

3.2.2.2.1.2 Capa de Enlace de Datos

La capa de enlace de datos proporciona de igual manera un aspecto característico del protocolo que se está implementando, y de igual manera será determinante en el diseño de la red ya que pensando en el mejor desempeño de la red se tendrá una eficiencia adecuada para el proceso trabajado.

La capa física en el equipo de automatización tiene impacto en la topología de red para redes de automatización. Las redes tradicionales poseen una topología en estrella y anillo; sin embargo, las redes de automatización y control industrial poseen limitaciones físicas como lo son la capacidad de transmisión del cableado, la influencia de las condiciones en el ambiente industrial, la expansión futura que puede presentar la red; que conducen al uso de topologías como son las de estrella, mixtas y redundantes.

En las plantas de manufactura con largas líneas de producción o equipos con largas operaciones y recorridos no es recomendable por el efecto de costo y efectividad, usar una topología en estrella redundante.

Ethernet posee un control de acceso al medio el cual su abreviatura es CSMA/CD, Ethernet hace uso de topologías como Token Passing y Polling las cuales se implementan desde el principio en oficinas y redes corporativas.

Token Passing es usada para comunicación entre múltiples maestros en un bus. Esto involucra el paso de Token entre maestros en una secuencia de direcciones ascendentes.

De esta manera un anillo lógico es formado (tégase en cuenta que es lo mismo un anillo lógico a un anillo físico).

El método de Polling (o método maestro-esclavo), es usado por un maestro que en el momento tiene el token a comunicar con los esclavos asociados (estaciones pasivas).

Anteriormente se mencionó acerca del control de acceso al medio que tenía Ethernet el cual es el CSMA/CD sin embargo se debe tener en cuenta que se está manejando una red Industrial y para ello es adecuado tener en cuenta que la constitución de la capa Data Link de Industrial Ethernet es basada en la de Ethernet pero fue necesario realizar modificaciones, no obstante es necesario explicar el acceso al medio de Ethernet para entender las fundamentaciones de Industrial Ethernet.

Ethernet es una tecnología de broadcast de medios compartidos. El método de acceso CSMA/CD que se usa en Ethernet ejecuta tres funciones:

- Transmitir y recibir paquetes de datos.
- Decodificar paquetes de datos y verificar que las direcciones sean válidas antes de transferirlos a las capas superiores del modelo OSI.
- Detectar errores dentro de los paquetes de datos o en la red.

En el método de acceso CSMA/CD, los dispositivos de red que tienen datos para transmitir a través del medio funcionan según el modo "escuchar antes de transmitir". Esto significa que cuando un dispositivo desea enviar datos, primero debe verificar si el medio está ocupado. El dispositivo debe verificar si existen señales en el medio. Una vez que el dispositivo determina que el medio no está ocupado, el dispositivo comienza a transmitir los datos. Mientras transmite los datos en forma de señales, el dispositivo también escucha. Esto lo hace para comprobar que no haya

ninguna otra estación que esté transmitiendo datos al mismo tiempo. Una vez que ha terminado de transmitir los datos, el dispositivo vuelve al modo de escucha.

Los dispositivos de red pueden detectar cuando se ha producido una colisión porque aumenta la amplitud de la señal en el medio. Cuando se produce una colisión, cada dispositivo que está realizando una transmisión continúa transmitiendo datos durante un período breve. Esto se hace para garantizar que todos los dispositivos puedan detectar la colisión. Después de que todos los dispositivos de una red han sufrido un retraso durante un período determinado de tiempo (que es distinto para cada dispositivo), cualquier dispositivo puede intentar obtener acceso al medio nuevamente. Cuando se reanuda la transmisión de datos en la red, los dispositivos involucrados en la colisión no tienen prioridad para transmitir datos.

Ethernet es un medio de transmisión de broadcast. Esto significa que todos los dispositivos de una red pueden ver todos los datos que pasan a través de los medios de la red. Sin embargo, no todos los dispositivos de la red procesan los datos. Solamente el dispositivo cuya dirección MAC y cuya dirección IP concuerdan con la dirección MAC y la dirección IP destino que transportan los datos copiará los datos.

Una vez que el dispositivo ha verificado las direcciones MAC e IP destino que transportan los datos, entonces verifica el paquete de datos para ver si hay errores. Si el dispositivo detecta que hay errores, se descarta el paquete de datos.

El dispositivo destino no enviará ninguna notificación al dispositivo origen, sin tener en cuenta si el paquete de datos ha llegado a su destino con éxito o no.

Ethernet es una arquitectura de red no orientada a conexión considerada como un sistema de entrega de "máximo esfuerzo".

CSMA/CD es sensible a los retardos y debe ser creado un dominio de colisionespermisible mediante la tecnología de división de red. Debe notarse que lasensibilidad a los retardos concierne solamente cuando es usado CSMA/CD; enFull Dúplex esto no tiene relevancia. Un dominio de colisión es definido por el tiempo de una trama de longitud mínima transmitida. Esta transmisión gobierna lamáxima separación entre dos estaciones terminales en un segmento compartido.

Como la velocidad de la red en operación se incrementa, el mínimo tiempo detransmisión de la trama decrece y así se establece aproximadamente el máximodiámetro del dominio de colisión.

La aceleración de Ethernet a velocidades de Gigabit ha ocasionado algunoscambios en la implementación de CSMA/CD. En velocidades mayores a 100Mbps,pequeños tamaños de paquetes son muy pequeños que la longitud del slot-timeen bits.

Para remediar este problema se ha hecho una modificación a la especificación deEthernet. Una extensión a la portadora añade bits a la trama hasta que la tramaconoce el mínimo slot time requerido. De esta manera los tamaños más pequeñosde paquetes coinciden con el mínimo slot time y permite un mejor desempeño conEthernet CSMA/CD.

Otro cambio en la especificación de Ethernet es la adición de una ráfaga detramas. Esto quiere decir que es una característica opcional para el ambienteCSMA/CD, una estación puede transmitir una ráfaga de tramas sobre el cable sintener que abandonar el control. Otras estaciones aplazan en la transmisión porráfagas hasta que no haya tiempo ocioso en el medio. La estación que estátransmitiendo llena el intervalo con una extensión de bits, esto provoca que en elmedio no aparezca libre ninguna otra estación.

Debe tenerse en cuenta que en ambientes industriales, las comunicaciones halfdúplex satisfacen solo en un pequeño porcentaje los grandes requerimientos de comunicación de planta. La modificación al estándar Ethernet para Full dúplex está dispuesta en IEEE 802.3x.

Full dúplex permite el transmitir y recibir simultáneamente por un mismo cable. Full dúplex típicamente es usado entre dos puntos terminales, como pueden ser entre switches, entre switches y servidores, entre switches y routers, y así puede continuar. Usando algunas características como Fast EtherChannel de Fast Ethernet las conexiones pueden ser agrupadas e incrementar el ancho de banda en un 400%. La transmisión full dúplex será usada en Gigabit Ethernet para poseer un ancho de banda de 1Gbps o 2Gbps de punto a punto en incrementar las distancias posibles para un medio en particular.

Además, los paquetes de Gigabit EtherChannel permiten la creación de 8 Gbps de conexión entre switches. El uso de full-duplex Ethernet elimina las colisiones en el cable, por lo que CSMA / CD no tiene que ser utilizado como un flujo de control de acceso o medio. Sin embargo, el método control de flujo en full-duplex ha sido presentado en la Comisión de Normas de control de flujo como en la cláusula opcional.

Estándar que se conoce como IEEE 802.3x, que formaliza la tecnología full-duplex y se espera que sea apoyado, en el futuro, en productos Gigabit Ethernet.

Uno de los principales problemas que se presenta con Ethernet al manejarlo a nivel industrial es el uso de CSMA/CD (un método probabilístico u estocástico) el cual genera oposición a otras tecnologías de automatización de buses de campo como Token Passing (realizada por Profibus). CSMA/CD genera problema porque esencialmente es imposible

garantizar la entrega de un mensaje crítico contiempo. Esto es causado por la congestión en el medio o una posible colisión. En aplicaciones de oficina no hay mucha diferencia entre 5 segundos y 500milisegundos; frecuentemente se oye la siguiente expresión” si mi computador noconecta a la red en la oficina, no podré acceder a la impresora”; esto tiene un costo menor y no tiene grandes implicaciones que de hecho el costo para la compañía es menor y no hay desperdicio de producto.

Si el control de la red falla en un ambiente industrial, muchos trabajadores estarán ociosos, las maquinas estarán detenidas y la producción estará detenida. Los costos pueden ser en millones o billones de dólares por hora en productividad perdida. Un milisegundo en la industria cuenta ya que la trama de una generación de alarma debe poseer garantía en su llegada y así poseer información para tomar las acciones determinadas. Los procesos industriales requieren lectura de datos en un rango de 5 a 20 milisegundos, o menos, convenientemente. En 10BaseT Ethernet, por ejemplo, el acceso de tiempo a una red de 100 estaciones puede tener un rango de 10 a 100ms, lo cual es aceptable para aplicaciones de oficina pero no industriales.

Con Ethernet, la carga de tráfico debe ser cuidadosamente analizada y tener certeza que la red no sobrepase los picos de aceptación de tiempos de operación.

El manejo de Fast y Gigabit Ethernet, switching hubs, tecnologías de VLAN (redes LAN virtuales) y operaciones Full dúplex determinan a Industrial Ethernet como una vía útil en aplicaciones industriales.

3.2.2.2.1.3 Capas de Red, Transporte, Sesión y Presentación

Una de estas ventajas en estas capas es la conexión directa que brinda Ethernet con otros dispositivos de red bajo el mismo lenguaje; esto quiere decir que la conexión

condispositivos como switches, hubs, routers es directa y bajo el mismo lenguaje de direccionamiento en una red.

Los puentes y los switches usan direcciones físicas (direcciones MAC) para tomar decisiones con respecto al envío de datos. Los routers usan un esquema de direccionamiento de Capa 3 para tomar decisiones con respecto al envío de datos.

Usan direcciones IP (direcciones lógicas) en lugar de direcciones MAC. Como las direcciones IP se implementan en el software, y se relacionan con la red en la que un dispositivo está ubicado, a veces estas direcciones de Capa 3 se denominan direcciones de protocolo, o direcciones de red.

El fabricante de la NIC (tarjeta de red) generalmente es el que asigna las direcciones físicas, o direcciones MAC, que se codifican de forma permanente en la NIC. El administrador de la red generalmente asigna las direcciones IP. De hecho, es común que en el esquema de direccionamiento IP, un administrador de la red agrupe los dispositivos de acuerdo con su ubicación geográfica, departamento o sección de planta. Como se implementan en el software, las direcciones IP se pueden cambiar con relativa facilidad. Por último, los puentes y los switches se usan principalmente para conectar los segmentos de una red. Los routers se usan para conectar redes separadas, y para acceder a Internet. Esto se hace a través del enrutamiento de extremo a extremo.

Otra característica presente en estas capas de Ethernet es el manejo de TCP/IP, como protocolo característico de esta tecnología. La serie de protocolos TCP / IP establece un protocolo común abierto. En combinación con Ethernet este puede ser considerado como un verdadero estándar abierto a disposición de todos los usuarios y proveedores.

Sin embargo, hay algunos problemas en la capa de aplicación. Aunque TCP / IP implementa cuatro capas que son todas abiertas (interfaz de red, Internet, transporte

aplicación), la mayoría de los proveedores industriales todavía aplican sus propias capas de aplicaciones. De ahí que los equipos de diferentes proveedores pueden coexistir en la fábrica taller, pero no pueden interoperar.

Protocolos como MMS (mensajería de fabricación Servicios) se han promovido como verdaderamente "abierto" de automatización de los protocolos de nivel de aplicación, pero con aceptación limitada hasta la fecha.

La mayoría de la automatización industrial basada en Ethernet IP y protocolos de control tiene un núcleo común. Esto incluye la tecnología de transmisión de datos (Capa 1), el método de acceso al bus (CSMA/CD, Capa 2), el protocolo de Internet (IP, capa 3), los protocolos TCP y UDP (Capa 4), el protocolo de transferencia de Hipertexto (HTTP), el protocolo de transferencia de archivos (FTP) y el protocolo simple de administración de red (SNMP). Cabe profundizar en este último protocolo ya que es una de las características destacables de Ethernet como solución industrial.

SNMP es el protocolo más popular de análisis de red usado actualmente. De hecho este incluye muchos tipos de parámetros bien definidos que ayudan al usuario a analizar los problemas de la red que se está trabajando. Por ejemplo, si muchos paquetes están comenzando a sobrecargar el tráfico de la red, esto puede ocasionar la mala conexión de un dispositivo, o la violación a la seguridad. SNMP brinda la opción de obtener esta información en cualquier momento o virtualmente en cualquier lugar.

Todo esto ha comenzado a estabilizar la industria y se está comenzando a hacer uso de esta tecnología gradualmente cambiando los ambientes de control y automatización industrial.

3.2.2.2.1.4 Capa de Aplicación

La capa 7 del modelo OSI provee los servicios de aplicación al usuario. Estos servicios hacen posible una transferencia de datos abierta y transparente entre los programas de aplicación entre la capa 2. La capa de aplicación consiste en:

3.3 Infraestructura de una Red

Para formar una red debemos enlazar los distintos componentes de la misma mediante algún tipo de enlace. La correcta selección del tipo de conexión que emplearemos para llevar tal tarea a cabo es de vital importancia, ya que según las necesidades y el entorno se deberá emplear un tipo de enlace específico.

De forma genérica, las características que hay que tener en cuenta son las siguientes:

- Pérdidas de señal debido al medio físico empleado.
- Interferencias en la señal debido al entorno de trabajo.
- Capacidad de transporte de información del medio.
- Longitud máxima de cada segmento o línea del medio.
- Coste.
- Flexibilidad.

3.3.1 Medios Físicos

3.3.1.1 Cable Coaxial Grueso

Se compone de un hilo conductor central, rodeado de material aislante, que a su vez está rodeado de una fina malla de hilos de cobre. Todo el conjunto se encuentra recubierto de un aislamiento que sirve de protección. El diámetro medio suele ser de un

centímetro.

Admite señales de transmisión a muy alta frecuencia, ya que las pérdidas por radiación son mínimas y es muy poco sensible a las interferencias.

Es aconsejable en aplicaciones de alta frecuencia, gran ancho de banda y alta velocidad. Como contrapartida posee un elevado coste económico, es difícil de instalar y es poco flexible.

3.3.1.2 Cable Coaxial Fino

Se trata de una alternativa económica al cable coaxial grueso. Su diámetro es poco mayor de medio centímetro y es mucho más flexible.

Admite señales de alta frecuencia, pero las pérdidas por radiación e interferencia son mayores. Hay que mencionar que el ancho de banda se reducirá con la frecuencia de transmisión. Sin embargo es de fácil instalación y bastante económico.

3.3.1.3 Cable Par Trenzado

Consiste en dos conductores de cobre aislados por material plástico. Ambos conductores están trenzados entre sí, de forma que ambos están expuestos a la misma cantidad de ruido exterior.

Existen dos tipos de par trenzado:

- Sin apantallar: Posee una gran exposición al ruido exterior.
- Apantallado: Está recubierto por una malla conductora que actúa de pantalla frente a interferencias.

Sus características eléctricas son muy inferiores a los coaxiales, pero su coste y facilidad de instalación también lo son, de ahí su popularidad.

3.3.1.4 Cable de Fibra Óptica

Los cables de fibra óptica están compuestos de una o varias fibras, cada una de ellas recubierta de una capa aislante. El conjunto de fibras se rodea con una cubierta. Entre las muchas ventajas de este medio tenemos:

- Es el medio de transmisión de mayor velocidad.
- Es inmune a interferencias eléctricas y electromagnéticas.
- Los cables son delgados y ligeros.
- Son capaces de transmitir hasta 100 Km. sin repetidores.

Los inconvenientes de este medio se reducen con el tiempo, ya que cada vez es más asequible de precio y más fácil de instalar.

3.3.1.5 Radio

Se basa en el empleo de pequeños emisores y receptores de muy alta frecuencia.

Su mayor inconveniente es el radio de acción de este sistema, bastante limitado en la mayoría de los casos. Se suele emplear en lugares donde sea imposible una conexión física entre los puntos de la red.

3.3.2 Topología De Redes

Es la forma de conexión física de los diferentes nodos dentro de una red, las topologías más comunes son:

- Topología en estrella
- Topología en anillo
- Topología en bus
- Topología en árbol

3.3.2.1 Topología en Estrella

En este tipo de topología existe un servidor central al cual se conectan todos los nodos de la red lo que permite establecer una conexión punto a punto dedicado, donde la información se transmite al servidor y una vez allí se direcciona al terminal al que va destinado.

Esta forma de conexión hace posible que en la misma red existan diferentes medios de comunicación y/o velocidad de transmisión, además brinda un alto nivel de seguridad y facilita la detección de errores dentro de la red, sin embargo el servidor central debe ser robusto pues de su velocidad de transmisión depende la velocidad de la red, si esta sufre un daño y deja de funcionar también lo hace toda la red.

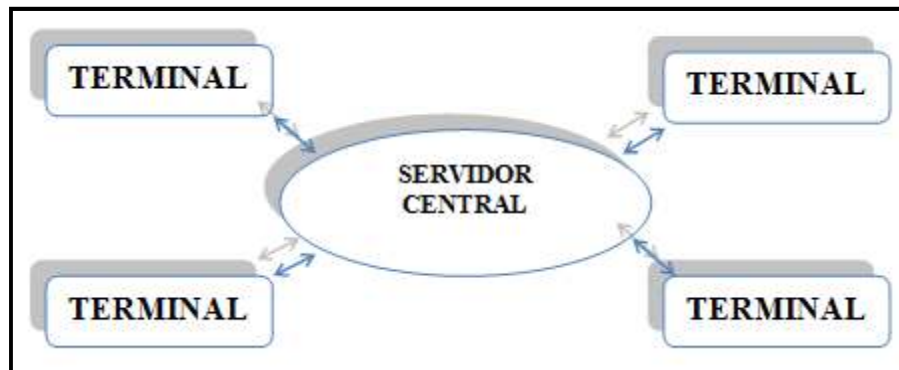


Figura III.22 Red Tipo Estrella

3.3.2.2 Topología en Anillo

Su nombre se debe a que los dispositivos conectados a la red forman entre sí un anillo, al cual se conectan a través de un pequeño repetidor que interrumpe el canal. La información se transmite mediante paquetes enviados de nodo a nodo desde el nodo emisor hasta el terminal destino, este tipo de topología brinda una excelente transmisión pues evita pérdida de paquetes no obstante si un nodo falla toda la red podría dejar de funcionar.

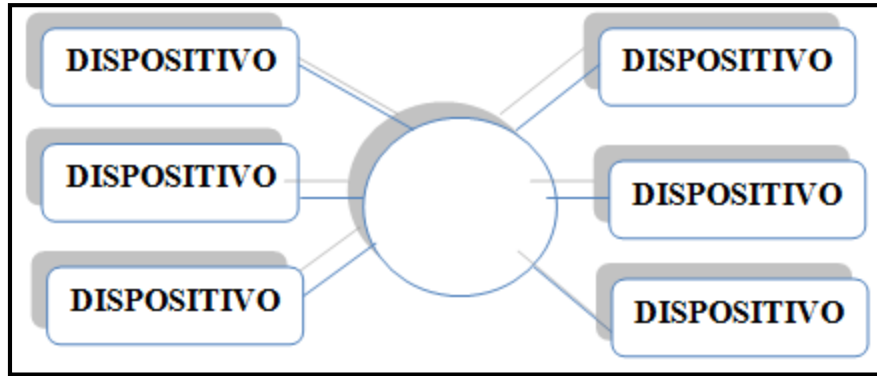


Figura III. 23 Red Tipo Anillo

3.3.2.3 Topología en Bus

Las redes basadas en esta topología utilizan un único enlace de comunicaciones denominado bus, al cual se conectan directamente todos los dispositivos. Un inconveniente de esta topología es que solo permite la transmisión de un solo mensaje a la vez, por lo que si dos terminales inician su transmisión simultáneamente se produce una colisión, es decir la pérdida de información contenida en los paquetes viajantes, para evitar que se produzcan colisiones se puede incorporar un dispositivo maestro que señale a cada dispositivo denominado esclavo cuando puede iniciar la transmisión de datos.

Esta es la forma más usada dentro de redes industriales debido a su fácil instalación.

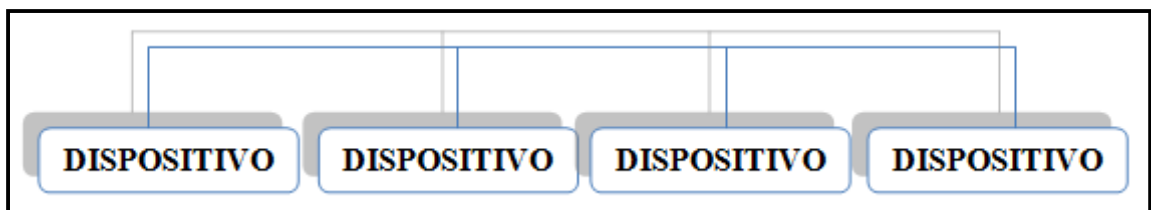


Figura III.24 Red Tipo Bus por Colisiones

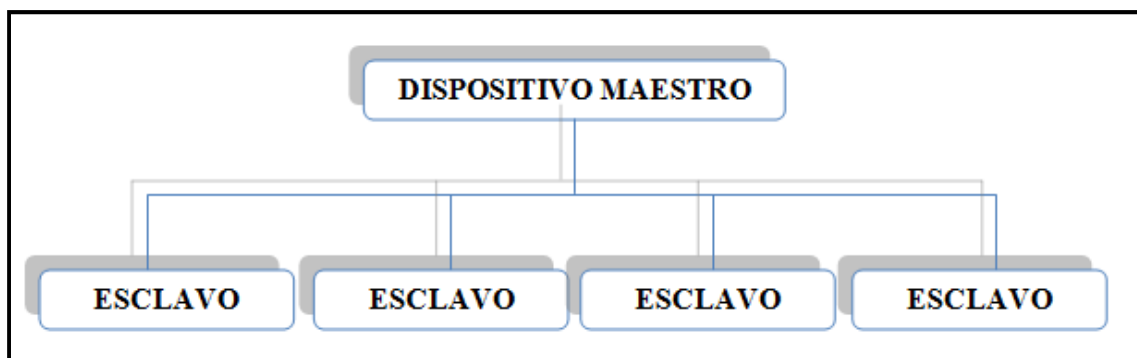


Figura III.25 Red Tipo Bus Maestro / Esclavo

3.3.2.4 Topología en Árbol

Está constituida de varias topologías en bus, formando una estructura arbolea. La estructura comienza en un dispositivo denominado cabecera, desde el cual parten dos o más buses, cada uno de los cuales, en su extremo, pueden dar origen a dos o más buses, y así sucesivamente.

La mayor ventaja de este sistema es la alta flexibilidad de la red, no obstante a mayor número de ramas conectadas se incrementa la atenuación y el bajo rendimiento.

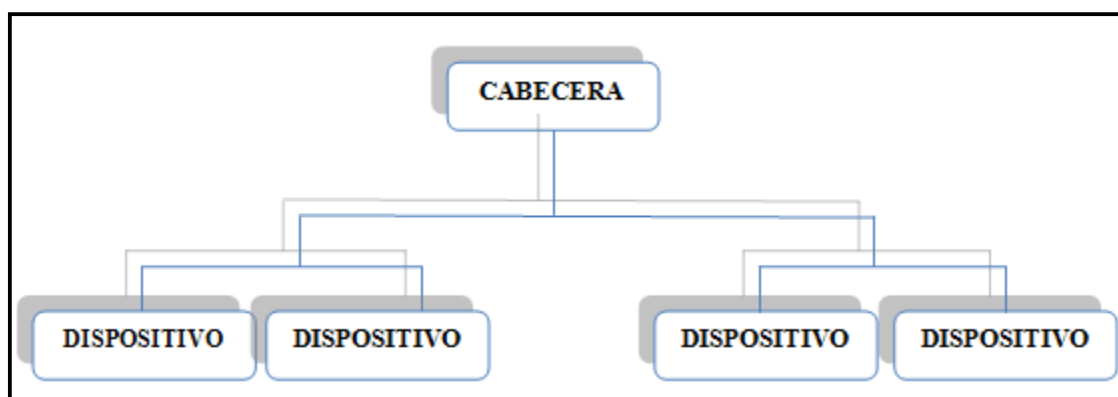


Figura III.26 Red Tipo Árbol

3.3.3 Dispositivos de Red

Para la construcción de una red es necesaria la utilización de varios dispositivos dependiendo del tipo de red que se va a implementar.

Para el diseño e implementación de la red se utilizó 2 switch industriales autogestionados Weidmüller.

3.3.3.1 Switch Autogestionados

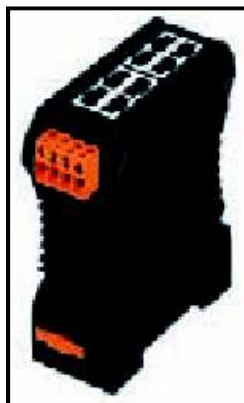


Figura III.27 Switch Industrial Weidmüller

La adaptación continúa de los productos a nuevas tecnologías y necesidades de los clientes hacen posible la construcción sencilla y rápida de estructuras de red en el entorno industrial. No se requiere configuración alguna y la mayoría de los modelos son flexibles para conectar el switch (conmutador) con el aparato final o para las conexiones entre switch.

3.3.4 Dispositivos de Control

El dispositivo de Controlador Lógico Programable, que se utilizó en la implementación de la red industrial fue un PLC Twido 20 DTK con un módulo TwidoPort el cual añade conexiones Ethernet, este es una pasarela entre un solo dispositivo Modbus/RTU (RS-485) Twido y la capa física de las redes Modbus/TCP en modo slave. TwidoPort no requiere una fuente de alimentación aparte, ya que obtiene la alimentación del controlador Twido a través de su puerto serie. Este módulo de pasarela sólo admite el modo slave.

Además se utilizó un controlador FieldPoint que es un autómata que posee una interfaz de red integrada, con 16 canales de salida lo que va a permitir conectar y controlar varios módulos en el mismo dispositivo.

3.3.4.1 Controlador Twido y Módulo TwidoPort

3.3.4.1.1 Elementos del Módulo Ethernet TwidoPort

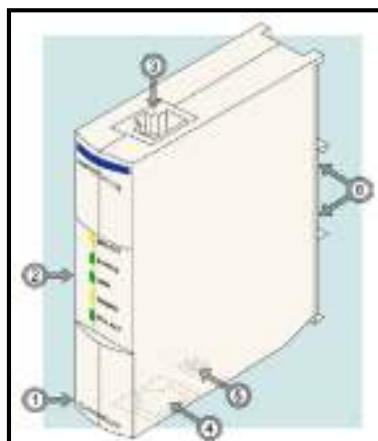


Figura III.28Módulo de Interfaz Ethernet TwidoPort

Los elementos del módulo de interfaz Ethernet TwidoPort se describen en la siguiente tabla:

Tabla III. VElementos del Módulo Ethernet TwidoPort

	Elemento	Función
1	Nombre del modelo	499TWD01100
2	Pantalla de indicadores LED	Indicaciones visuales del estado operativo de TwidoPort
3	Conector modular RJ-45	Conexión de alimentación y comunicación
4	Conector modular RJ-45	Conexión con TCP/IP mediante cable Ethernet
5	Conexión a tierra de protección	Toma de tierra de protección (terminal de tornillo M3).
6	Conector de riel	DIN Montaje de riel DIN

3.3.4.1.2 Descripción Indicadores LEDde TwidoPort

Los cinco indicadores LED que integran TwidoPort son indicaciones visuales de estado de funcionamiento del módulo:

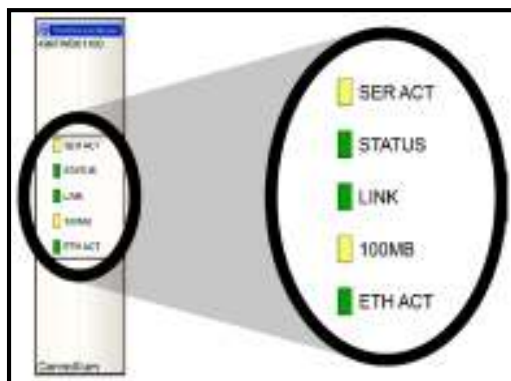


Figura III.29 Indicadores LED de TwidoPort

3.3.4.1.3 Indicadores LED de Comunicaciones

En esta tabla se describen las condiciones, colores y secuencias de parpadeo que indican el estado de funcionamiento del módulo:

Tabla III. VI Indicadores LED de TwidoPort

ETIQUETA	SIGNIFICADO	ESTADO	INDICACIÓN(ES)
SER ACT (amarillo)	Serie Activo	Encendido	Actividad serie
		Apagado	Sin actividad serie
STATUS (verde)	Estado del Módulo	Encendido	Condición normal
		Apagado	Condición anormal
		Parpadeo: 2	Dirección MAC no válida
		Parpadeo: 3	Vínculo no conectado
		Parpadeo: 4	Conexión IP duplicada
		Parpadeo: 5	Intento de obtener una condición de IP mediante BootP
		Parpadeo: 6	Condición IP predeterminada
Parpadeo: 7	Modo núcleo		
LINK	Vínculo Ethernet	Encendido	Vínculo activo

(verde)		Apagado	Vínculo no activo
100 MB (amarillo)	Velocidad	Encendido	100MB/s (solo semi-dúplex, no admite dúplex completo)
		Apagado	10MB/s (semi-dúplex/dúplex completo)
ETH ACT (verde)	Actividad Ethernet	Encendido	Ethernet active
		Apagado	Ethernet no active

Durante el proceso de velocidad de transmisión automática, el indicador LED de actividad serie parpadea con una tasa de 50 Hz y se enciende de forma continua. Cuando termina la actividad serie del indicador LED, el proceso de velocidad de transmisión automática finaliza.

Los parpadeos individuales son de aproximadamente 200 ms. Hay un intervalo de un segundo entre las secuencias de parpadeo. Por ejemplo:

- Parpadeo: parpadea de forma constante, alternando entre 200 ms iluminado y 200 ms apagado.
- Parpadeo 1: parpadea una vez (200 ms), y luego 1 segundo apagado.
- Parpadeo 2: parpadea dos veces (200 ms iluminado, 200 ms apagado, 200 ms iluminado), luego está un segundo apagado, y así sucesivamente.

TwidoPort contiene un puerto RJ-45 de 10/100 Mbps, que puede negociar la velocidad para trabajar a la máxima velocidad que pueda alcanzar el dispositivo final.

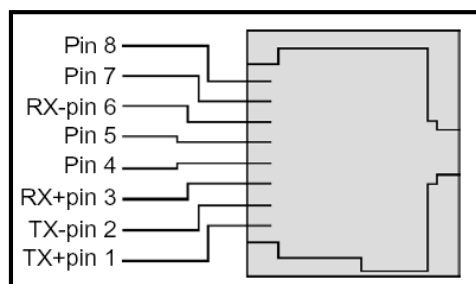


Figura III.30 Puerto Ethernet de TwidoPort

3.3.4.2 Controlador FieldPoint

FieldPoint es un sistema distribuido modular de E/S que proporciona soluciones para usos industriales de supervisión y de control. El sistema del FieldPoint incluye una variedad de módulos análogos y digitales de E/S, bases terminales o bases para módulos y un módulo de red, que es el encargado de conectarse con las redes industriales.

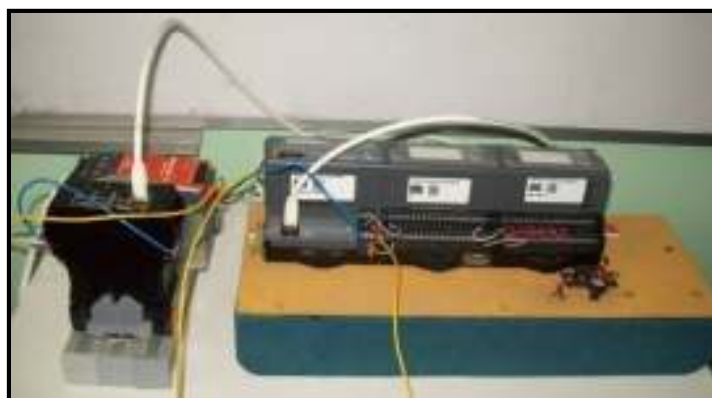


Figura III.31 Controlador FieldPoint

Con la arquitectura modular de FieldPoint, usted puede adaptarse fácilmente al sistema de diferentes redes industriales mientras que los módulos adicionales de la red llegan a estar disponibles. FieldPoint incluye tres clases de componentes que hacen esta flexibilidad posible:

- Módulos de E/S
- Bases Terminales
- Módulos de red

3.3.4.2.1 Módulos E/S

Los módulos de E/S incluyen una variedad de módulos analógicos y digitales de E/S que interconectan a los numerosos tipos de señal, incluyendo entradas del voltaje análogo, los termopares, RTDs, 4-20 mA entradas y salidas, entradas y salidas discretas (AC/DC). Cada módulo E/S de FieldPoint incluye especificaciones técnicas.

3.3.4.2.2 Módulo de Red

El módulo de red proporciona conectividad entre la red industrial y sus módulos de E/S. El módulo de red se comunica con los módulos de E/S locales vía el bus local de alta velocidad formado por las bases unidas. El módulo de comunicación de la red proporciona la característica: modo de operación plug and play.

Las opciones actuales para los módulos de la red incluyen RS-232/RS-485, Ethernet 10/100Mbps.

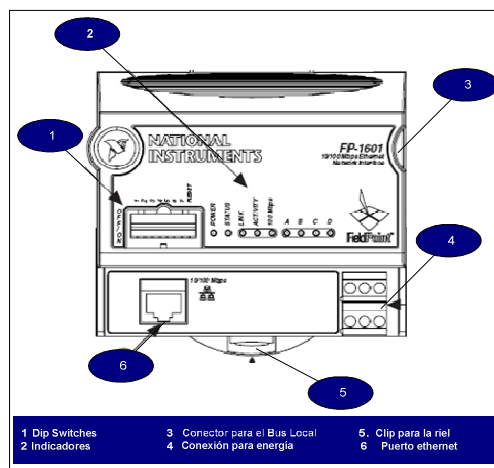


Figura III. 32Módulo de red FieldPoint 1601

El módulo de red FieldPoint FP-1601, se conecta a una red Ethernet 10/100 Mbps El máximo número de módulos FP-1601 que se pueden instalar en una red Ethernet se determina por la topología de red. Por cada FieldPoint se pueden conectar hasta 9 módulos de E/S.

La Figura N° 3.12 muestra Los indicadores para saber el estado del FieldPoint, y los DIP switch que tienen varias funciones, descritas a continuación.

Indicadores:El FP-1601 tiene varios LEDs (indicadores) para transmitir el estado del FieldPoint, los cuales son:

- **POWER:** El POWER se enciende en verde mientras el FieldPoint está encendido. Este LED indica que está conectado y está suministrando energía, y que también está energizando a todos los módulos de E/S.
- **STATUS:** El LED STATUS esta en rojo cuando está apagado y en modo de operación normal. El FP-1601 indica un error específico, encendiendo durante un intervalo de tiempo el STATUS.
- **LINK:** El LED LINK se enciende en verde cuando el FP-1601 se conecta a la red Ethernet.
- **ACTIVE:** El LED ACTIVE se enciende en verde cuando el FP-1601 recibe o trasmite datos en la red Ethernet. Cuando no existe conexión en red y cuando el FP-1601 está inactivo, el LED ACTIVE parpadea ocasionalmente.
- **100 Mbps:** EL LED100 Mbps se enciende en amarillo cuando el FieldPoint se está comunicando a 100 Megabits por segundo. Si el LED 100 Mbps no se enciende, todas las comunicaciones con el FP-1601 están en 10 Megabits por segundo.
- **LED's accesibles por el usuario (A-D):** Se puede acceder a los LED's A, B, C, y D a través de instrumentos virtuales de FieldPoint. Por lo general son considerados como canales de salidas 7, 8,9, y 10, respectivamente en el

módulo de red. Los LED's B, C, y D pueden tener los valores de 0, 1 o 2, el LED A puede ser 0 o 1. Los valores enviados a estos LED's se presentan como: 0=apagado, 1=verde y 2=rojo.

DIP Switch: El módulo de red del FP-1601 posee dip switch o pequeños interruptores de configuración, como se observa en la Figura 2.10. Los interruptores 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 pueden ser accesibles para los usuarios, no tienen una funcionalidad predefinida, tienen utilidad solamente para propósitos de reprogramación y no deben ser modificados de su posición predeterminada.

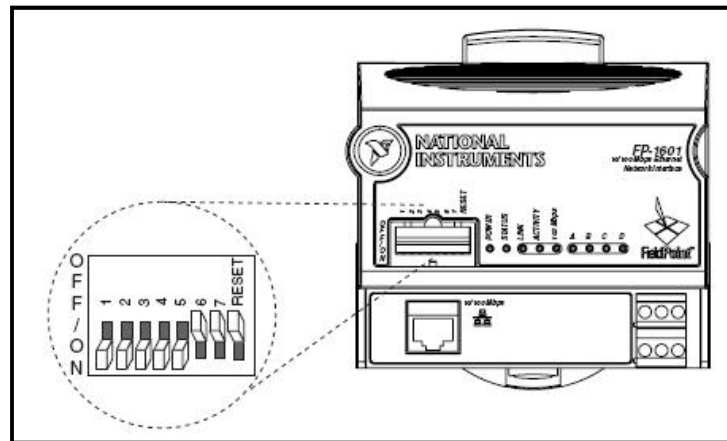


Figura III. 33DIP Switch FieldPoint 1601

- **RESET Switch:** La posición del RESET switch, determina si la configuración IP del módulo de red del FieldPoint ha sido cambiado a encendido o reiniciado. Si desea cambiar el módulo de red FP-1601 de una subred a otra, es necesario resetearlo, o si el módulo es inaccesible debido a una configuración IP errónea.

3.3.4.2.3 Interfaz de Comunicación

La Interfaz de comunicación NI FP-1601, es conectada directamente a la red Ethernet, la velocidad de transmisión va entre 10 Mb/s o 100 Mbps, incluye un conector RJ-45

para la conexión de red 10 BASE T y 100 Base TX y usa un protocolo basado en el estándar TCP/IP manteniendo una completa compatibilidad entre las redes existentes.

FieldPoint establece un protocolo de red TCP/IP estándar, adicionalmente incluye eventos y manejos de comunicaciones, publicando y suscribiendo conexiones de red. En una arquitectura de Publicación y Suscripción uno o más clientes suscribe (recibe) un dato de entrada y salida del FieldPoint.

La Interfaz de red conecta varios módulos E/S y publica (envía) datos de E/S. Las señales analógicas pueden cambiar de valor dentro de los rangos seleccionados en la configuración del FP-1601, invoca bandas inactivas, sin causar reportes de datos al sistema, Este método de manejo de eventos, junto con la compresión de datos, ayuda a evitar el tráfico en la red y aumenta al máximo la eficiencia de las comunicaciones.

3.3.4.2.4 Sistema de Configuración del Fp-1601

El módulo de interfaz de red y las bases terminales forman un bus de alta velocidad para la comunicación entre el módulo de red y los módulos de E/S. Con las bases para terminales modulares, es fácil extender su sistema FieldPoint dependiendo de las necesidades de las aplicaciones.

Un banco FieldPoint consiste en por lo menos un módulo de red, una o más bases terminales. Cada FieldPoint puede soportar 9 módulos de E/S. Puede acceder a cada banco por un número ilimitado de computadoras.

El número máximo de módulos de red del FieldPoint 1601 que usted puede instalar en su red Ethernet solamente está limitada por la topología de red, Con Ethernet usted puede usar un número ilimitado de bancos FieldPoint. La Figura N° 3.14 muestra la conexión del FieldPoint 1601 a una red Ethernet.

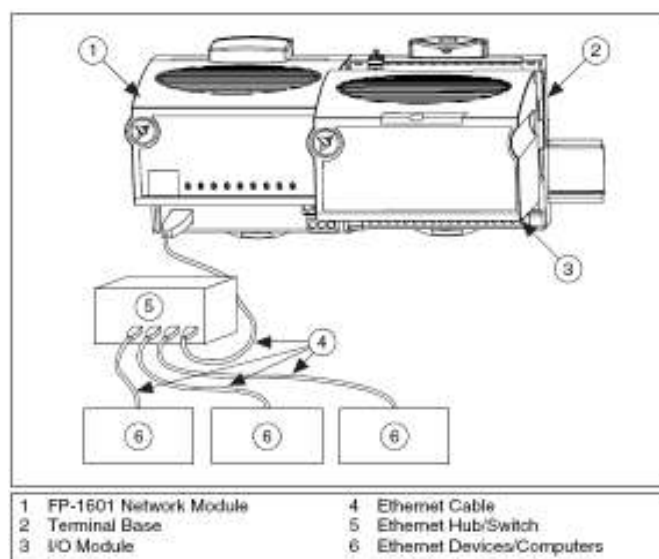


Figura III.34 Conexión del FP-1601 a red Ethernet

El módulo FieldPoint de red FP-1601 posee un terminal Ethernet de 8 hilos. Si se conecta directamente a un computador debe utilizarse un cable cruzado.

Si se conecta a un Hub o a un Switch debe usarse un cable punto a punto.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA RED CON ETHERNET/IP

4.1 Introducción

Aplicar una metodología es indispensable para el correcto desarrollo del software, razón por la cual debemos aplicar una que se adapte a las necesidades del diseño e implementación de una red industrial con Ethernet/IP.

Este capítulo abarca el desarrollo de la metodología XP, aplicada de acuerdo a los requerimientos que se necesitan para la implementación de la red, la cual se ha dividido en cuatro fases cada una de ellas con sus respectivas sub actividades, que se van desarrollando en el transcurso de este capítulo.

Además abarca la técnica de juicio de expertos, utilizada para la comprobación de la hipótesis, en donde se hace una valoración tanto cualitativa como cuantitativa de los criterios emitidos, para de acuerdo a estas opiniones poder determinar la valides o no de la hipótesis propuesta.

4.2 APLICACIÓN PRÁCTICA

4.2.1 Metodología para el Diseño e Implementación de la Red Industrial con Ethernet / IP

Para el diseño e implementación de la red industrial con Ethernet/IP en el laboratorio de Automatización de la ESPOCH, se requería de una metodología que se adapte a nuestras necesidades, es decir que permita integrar tanto el desarrollo de software, como los procesos de Automatización Industrial.

Al no existir una metodología que permita complementar los requerimientos antes mencionados propusimos un conjunto de actividades, las mismas que se van a basar en la metodología de desarrollo de software XP, que permitirá cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo.

La metodología propuesta consta con las siguientes fases:

FASE I: Planificación

- 1.1 Descripción del Sistema
- 1.2 Especificación de Requerimientos
- 1.3 Historias de Usuarios
- 1.4 Planificación Inicial
- 1.5 Plan de Iteraciones

FASE II: Diseño

- 2.1 Graficet
- 2.2 Diseño de Software
 - 2.2.1 Diagramas de Secuencia
 - 2.2.2 Diagramas de Colaboración
 - 2.2.3 Diagrama de Actividades

2.2.4 Diagrama de Estados

2.2.5 Diagrama de Despliegue

FASE III: Desarrollo

3.1 Configuración de la Red

3.1.1 Instalación de Twido Soft

3.1.2 Configuración PLC 20DTK con TwidoSoft

3.1.3 Configuración PLC FieldPoint

3.2 Monitoreo de Red

3.2.1 Control de Red mediante Lookout

FASE IV: Pruebas

4.1 Pruebas Hardware

4.2 Pruebas Software

En la Fase de **Planificación** se desarrollará actividades que permitan una mejor comprensión de la red que se va a implantar, así como su planificación inicial tomando en cuenta los usuarios que van a interactuar con la misma y los requerimientos que debe tener la red para su correcto funcionamiento.

El objetivo de la Fase de **Diseños** mostrar las conexiones eléctricas necesarias entre los PLC's y los módulos de Automatización Industrial, además se desarrollarán los diagramas UML que demuestren la interacción entre los usuarios y la red.

En la Fase de **Desarrollo** se interconectarán los diferentes módulos en la red, se configurarán los equipos y desarrollará las diferentes aplicaciones necesarias para el monitoreo de la red.

En la Fase de **Pruebas** se verificará las conexiones y el software desarrollado en las fases anteriores.

4.2.1.1 FASE I: Planificación

4.2.1.1.1 Descripción del Sistema

La tesis a implementar es una red industrial con Ethernet/IP para la cual se hará uso de 2 módulos industriales y un semáforo existentes en el laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la ESPOCH, con la finalidad de simular las secciones de una fábrica y de esta manera ayudar a los estudiantes en el aprendizaje de las cátedras dictadas como son redes de computadores, automatización, electrónica y mecatrónica.

El hardware utilizado es:

- Dos módulos industriales (Ensamblador de piezas y Banda transportadora).
- Un semáforo.
- Un PLC (Controlador Lógico Programable) 20DTK
- Controlador FieldPoint.
- Dos Switch Industriales Auto gestionados.
- Una fuente de alimentación Weidmüller de 24 V monofásico.
- Cables de red STP

El software utilizado para el desarrollo y monitoreo de la red es:

- TwidoSoft
- Lookout

La red permitirá interconectar los siguientes módulos:

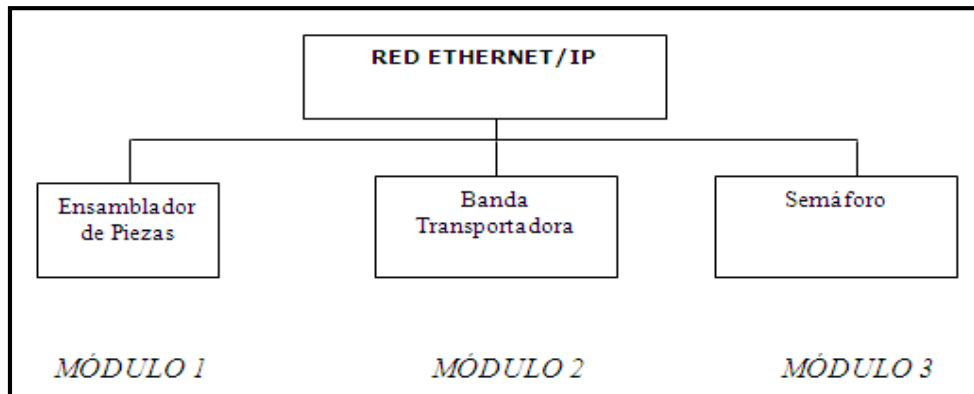


Figura IV. 35 Módulos conectados a la Red

4.2.1.1.2 Especificación de Requerimientos

Para el diseño e implementación de la red industrial con Ethernet/IP, se necesita cumplir con los siguientes requerimientos:

4.2.1.1.2.1 Requerimientos Funcionales

R1: El sistema deberá permitir conectar el módulo de ensamblador de piezas.

R2: El sistema permitirá conectar el módulo de banda transportadora.

R3: El sistema permitirá conectar un semáforo a la red industrial.

R4: El sistema permitirá realizar el monitoreo y control de cada uno de los módulos antes mencionados.

4.2.1.1.2.2 Requerimientos no Funcionales

Disponibilidad

La red industrial estará disponible en el laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la ESPOCH. El sistema cubre los requerimientos de disponibilidad.

Fiabilidad

La red es confiable debido a que va a ser sometida a continuas validaciones donde se medirá su grado de eficacia.

Mantenibilidad

La documentación del sistema debe proveer parámetros claros del diseño, configuración e implementación de la red industrial con Ethernet/IP, para poder obtener facilidad en el mantenimiento en caso de requerirlo.

4.2.1.1.3 Historia de Usuarios

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 01	Usuario: Programador
Nombre Historia: Estructura del cableado eléctrico del Módulo Ensamblador de Piezas	Iteración Asignada: 1
Prioridad en Negocio: Alta	Riesgo en Desarrollo (Alta/Media/Baja)
Programador Responsable: Daniel Guevara	
Descripción: El programador verificara las entradas y salidas que posee el módulo Ensamblador. Una vez que son identificadas se procede a colocar los cables correspondientes en las borneras del módulo verificando cada una de las entradas y salidas correspondientes coincida con las que posee el PLC para una correcta transmisión de las señales eléctricas.	
Observaciones: El ensamblador se conectara a la red mediante un módulo Ethernet/IP externo conectado al PLC Twido 20DTK que posee un puerto Rj45 para su conexión con el Switch Industrial.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 02	Usuario: Programador

Nombre Historia: Programación Módulo Ensamblador de Piezas	Iteración Asignada: 2
Prioridad en Negocio: Media	Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/Baja)
Programador Responsable: Angélica Cantos	
Descripción: Una vez identificadas las entradas y salidas de conexión del módulo, el programador realiza las ecuaciones de acuerdo al Grafcet que se obtuvo en la secuencia de movimientos del módulo. Las ecuaciones deben ser pasadas a TwidoSoft asignándoles la respectiva simbología tanto a las memorias, entradas y salidas. Posteriormente el programa realizado se almacenará en la memoria del PLC mediante una conexión con el PC.	
Observaciones: Ninguna	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 03	Usuario: Administrador
Nombre Historia: Configuración del Módulo Ensamblador de Piezas	Iteración Asignada: 2
Prioridad en Negocio: Media	Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/Baja)
Programador Responsable: Daniel Guevara	
Descripción: <p>El Administrador realiza la configuración del módulo mediante el software TwidoSoft, para ello selecciona el PLC TWDLMDA20DTK, luego se agrega un puerto de comunicación de interfaz Ethernet 499TWD01100, en donde se asigna la dirección IP correspondiente así como la máscara de subred y la pasarela. Se debe agregar una conexión de tipo Ethernet la cual debe tener la misma dirección IP del módulo, concluido este paso el administrador selecciona la conexión creada en las preferencias del autómata y poder conectar el PC con el PLC, y de esta manera pasar todo la configuración.</p>	
Observaciones: Para pasar la configuración por primera vez al PLC se debe realizar una conexión serial.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 04	Usuario: Programador
Nombre Historia: Desarrollo del Monitoreo del Módulo Ensamblador de Piezas	Iteración Asignada: 3
Prioridad en Negocio: Media	Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/Baja)
Programador Responsable: Angélica Cantos	
Descripción: El programador es la persona responsable del desarrollo del monitoreo en Lookout, donde van a estar los botones de control de inicio o de parada del módulo. Para ello estos botones son programados de acuerdo a la función especificada.	
Observaciones: Ninguno	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 05	Usuario: Programador y Administrador
Nombre Historia: Configuración del Módulo Field Point	Iteración Asignada: 2
Prioridad en Negocio: Media	Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/Baja)
Programador Responsable: Daniel Guevara, Angélica Cantos	
Descripción: <p>Para la utilización del PLC Field Point es necesaria la instalación de drivers que permitirá configurar dicho dispositivo, luego de este paso asignamos una dirección IP correspondiente al módulo y verificamos la correcta transmisión de los datos. Posterior a ello se debe identificar las entradas y salidas que posee el autómata.</p>	
Observaciones: El autómata Field Point permitirá la conexión tanto para la banda transportadora como para el semáforo Ethernet, utilizando la misma configuración de red en ambos casos.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 06	Usuario: Programador
Nombre Historia: Estructura del cableado eléctrico de la Banda Transportadora	Iteración Asignada: 1
Prioridad en Negocio: Alta	Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/Baja)
Programador Responsable: Angélica Cantos	
Descripción: La banda transportadora utiliza Relés para su funcionamiento los cuales permitirá transportar los objetos. El cableado de los relés se los realiza de acuerdo al circuito de inversión de giro, que se conectará con las salidas del autómata Field Point.	
Observaciones: Ninguna	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 07	Usuario: Programador
Nombre Historia: Desarrollo del Monitoreo del Módulo Banda Transportadora	Iteración Asignada: 3
Prioridad en Negocio: Media	Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/Baja)
Programador Responsable: Daniel Guevara	
Descripción: Para el desarrollo del monitoreo de la Banda Transportadora es necesario la conexión de Field Point con el programa Lookout, para ello se utilizó componentes que permiten el control del movimiento que está dado por tiempos especificados dentro del programa.	
Observaciones: Ninguna	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 08	Usuario: Programador
Nombre Historia: Desarrollo del Monitoreo del Semáforo	Iteración Asignada: 3
Prioridad en Negocio: Media	Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/Baja)
Programador Responsable: Angélica Cantos	
Descripción: Una vez identificadas todas las conexiones eléctricas del semáforo, se procede a conectar con el autómata Field Point. Para el desarrollo de la interfaz se utilizó simuladores que proporciona Lookout, cada uno de ellos con un tiempo específico para la transición entre los colores con los que cuenta el semáforo.	
Observaciones: Ninguna	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 09	Usuario: Operador
Nombre Historia: Monitoreo de la Red	Iteración Asignada: 3
Prioridad en Negocio: Media	Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/Baja)
Programador Responsable: Daniel Guevara	
Descripción: El operador tendrá a su disposición una interfaz que le permitirá controlar los tres módulos en una misma aplicación, la cual podrá escoger mediante botones el módulo a monitorear, donde por cada módulo se especificara un panel con las opciones que puede realizar.	
Observaciones: Ninguna	

4.2.1.1.4 Planificación Inicial

Ver Anexo 1

4.2.1.1.5 Plan de Iteración

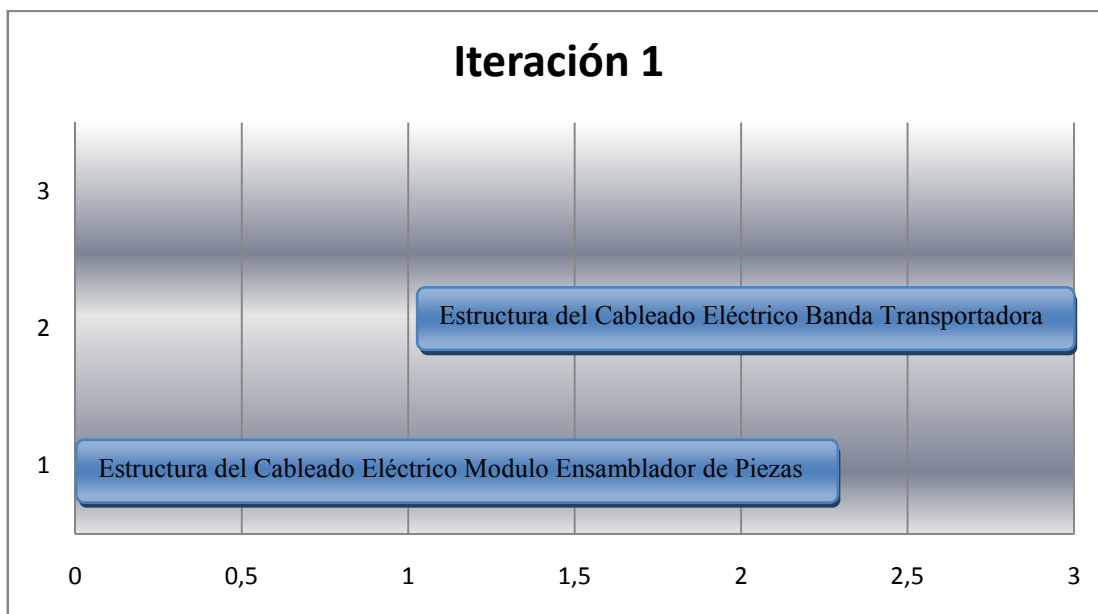


Figura IV. 36Primera Iteración

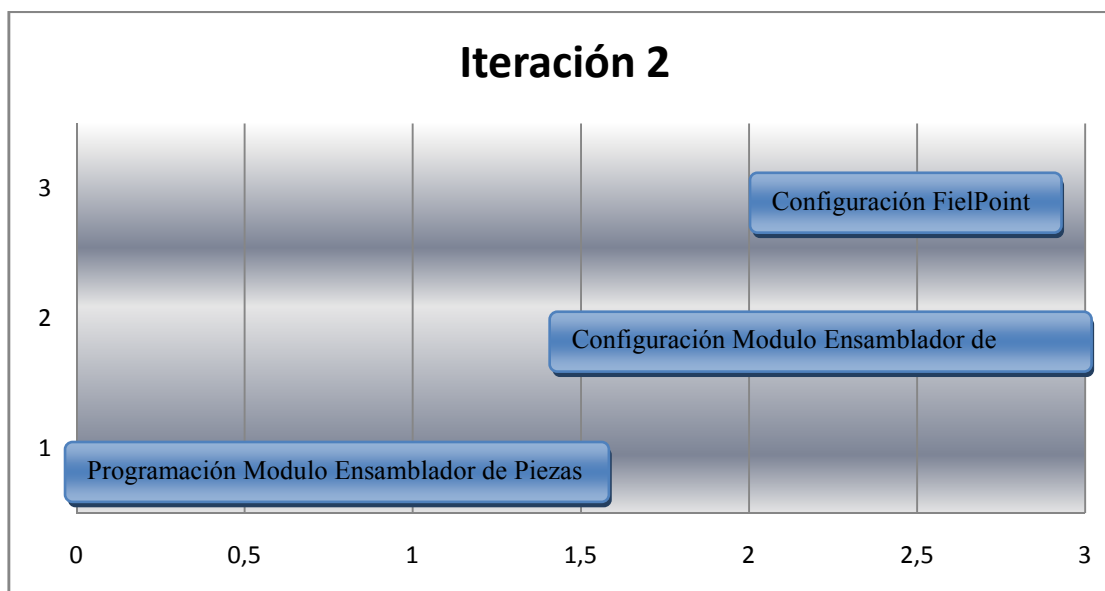


Figura IV. 37Segunda Iteración

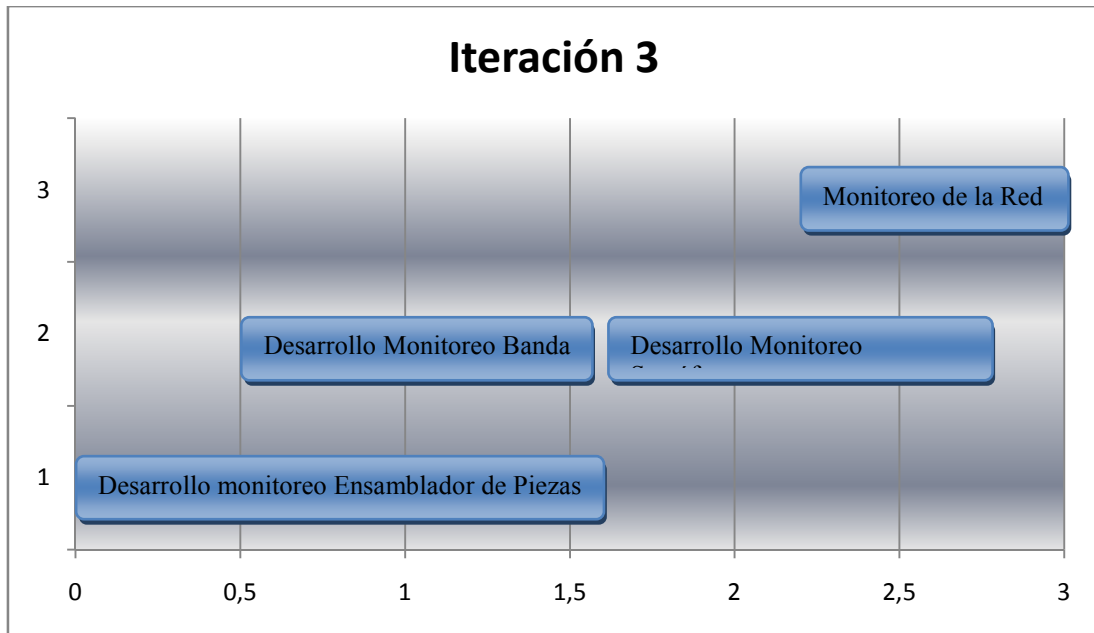


Figura IV.38 Tercera Iteración

Plan de Entrega

- Primera Iteración: En esta primera iteración se realizará la identificación de las entradas y salidas mediante la utilización del multímetro que permitirá medir voltajes y verificar polaridades, tanto de los módulos usados como de los PLC's, para de esta manera proceder al cableado correspondiente.
- Segunda Iteración: Para la configuración de la red será necesario la instalación previa de algunos programas como TwidoSoft y drives para el autómatas FieldPoint, una vez instalados estos requisitos se procederá a asignar las respectivas direcciones IP con los cuales funcionarán los módulos.
- Tercera Iteración: Para el desarrollo del monitoreo se realizará una interfaz en el programa Lookout, que permitirá iniciar, controlar y finalizar los procesos que realiza cada uno de los módulos.

Incidencias

- Primera Iteración: Se debe realizar una correcta conexión eléctrica ya que si se conecta de manera errónea puede provocar un corto circuito en los equipos que estamos utilizando.
- Segunda Iteración: Las IP's asignadas a los equipos para una identificación en la red debe realizarse de forma estática ya que si se realiza de manera dinámica se corre riesgo de que se pierda la comunicación entre el dispositivo y la interfaz de monitoreo.
- Tercera Iteración: Para una correcta utilización de la interfaz de monitoreo es necesaria una adecuada selección e identificación de los componentes.

4.2.1.2 FASE II: Diseño

4.2.1.2.1 Grafcet

Proceso del módulo Ensamblador de Piezas

Para la simulación de los procesos del módulo ensamblador de piezas se realizó la implementación del Grafcet el cual representa el modelo de los procesos a automatizar.

Además que permite identificar la secuencia de los sensores para de esta manera determinar las entradas, memorias y salidas del módulo.

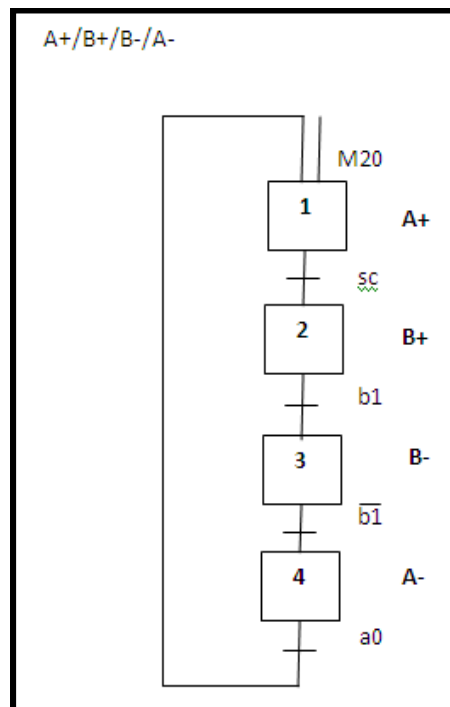


Figura IV.39 Grafcet del módulo Ensamblador de Piezas

4.2.1.2.2 Diseño Software

4.2.1.2.2.1 Diagramas de Secuencia

Módulo Ensamblador de Piezas

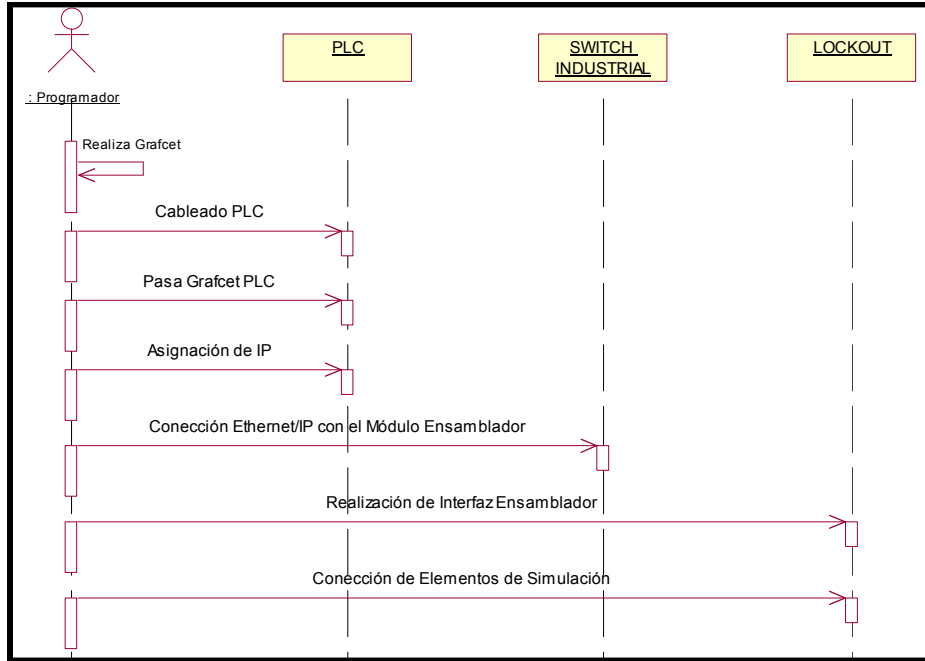


Figura IV.40 Diagrama de Secuencia Módulo Ensamblador de Piezas

Módulo Banda Transportadora

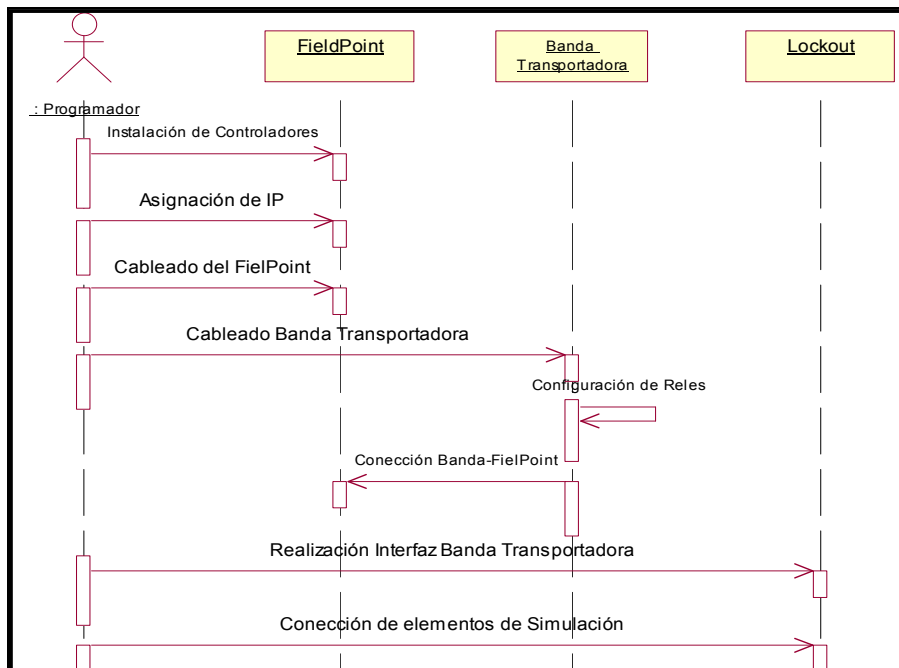


Figura IV. 41 Diagrama de Secuencia Módulo Banda Transportadora

Conectar Semáforo a Red Industrial

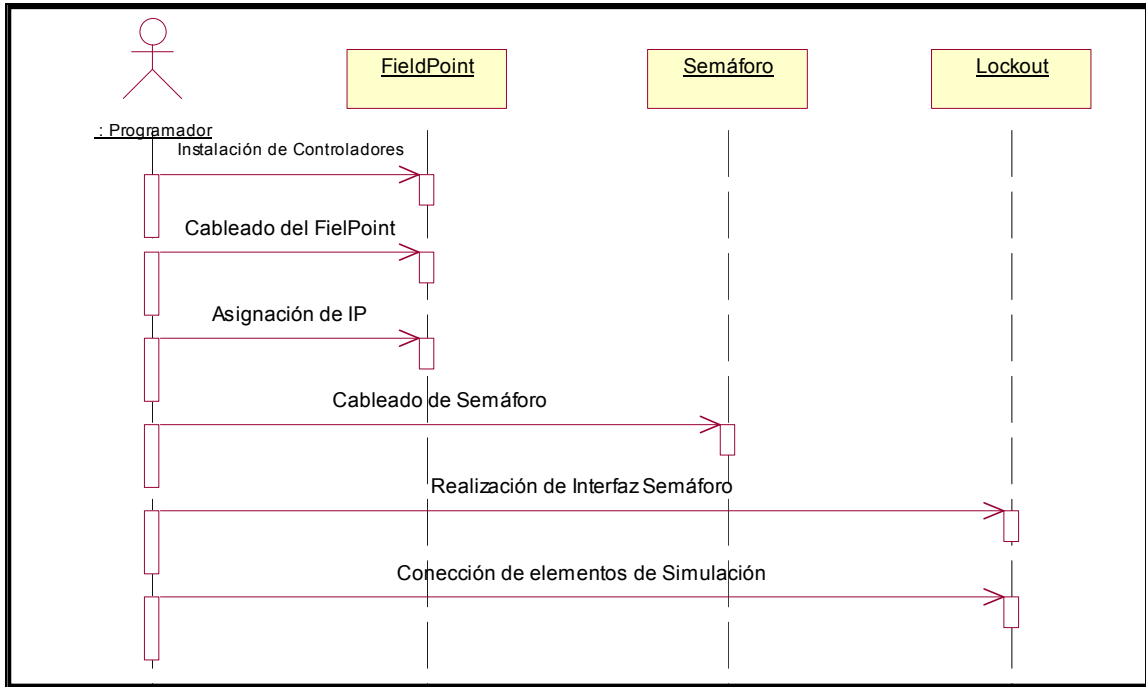


Figura IV. 42 Diagrama de Secuencia Semáforo

Monitoreo y Control de los Módulos de la Red

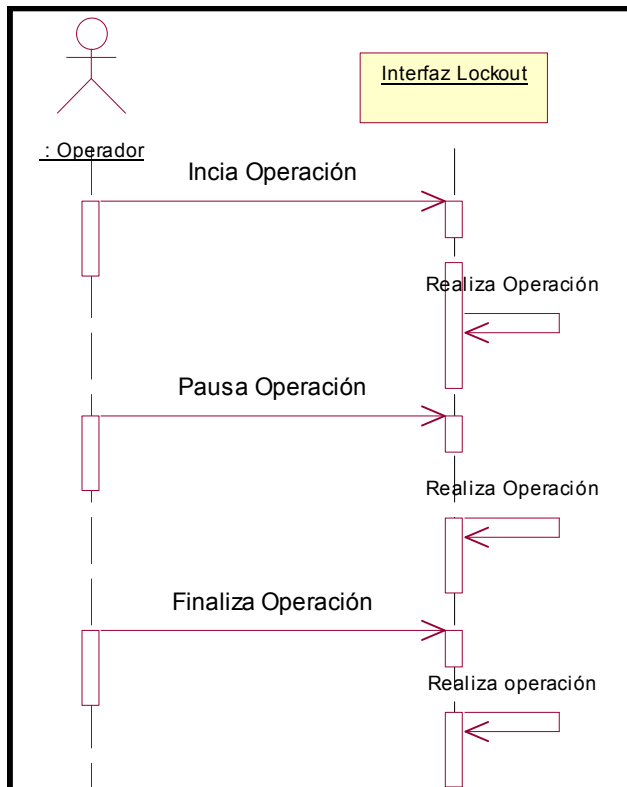


Figura IV.43 Diagrama de Secuencia Monitoreo y Control de los Módulos

4.2.1.2.2 Diagramas de Colaboración

Módulo Ensamblador de Piezas

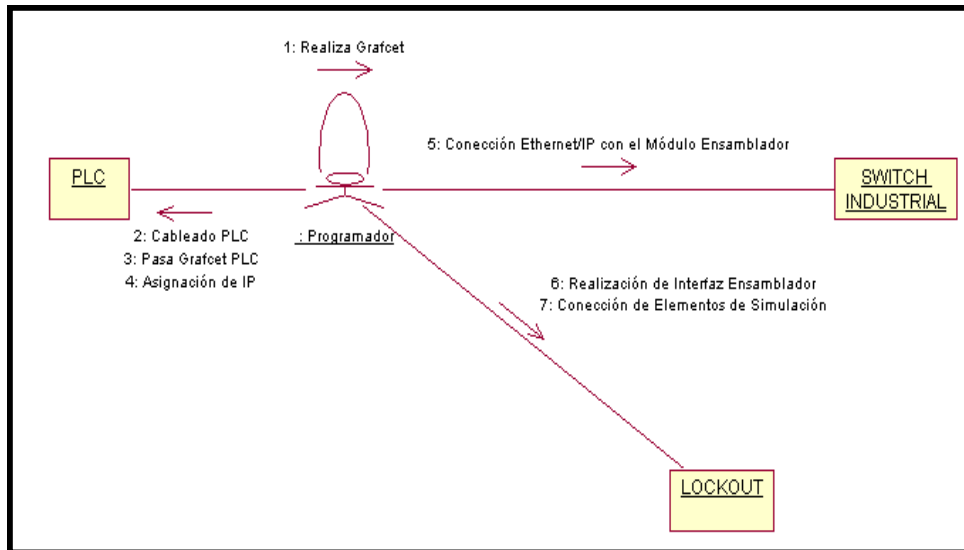


Figura IV.44 Diagrama de Colaboración Módulo Ensamblador de Piezas

Módulo Banda Transportadora

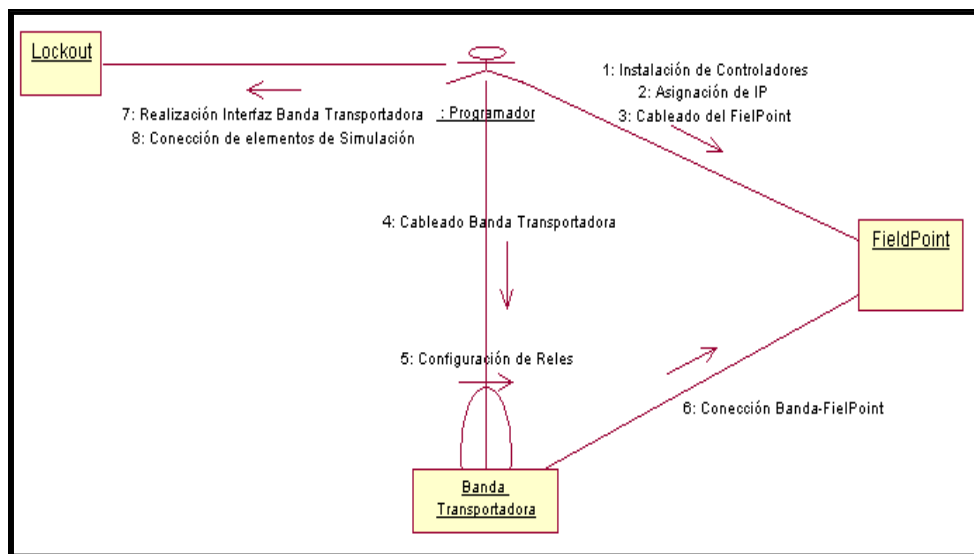


Figura IV. 45 Diagrama de Colaboración Módulo Banda Transportadora

Conectar Semáforo a Red Industrial

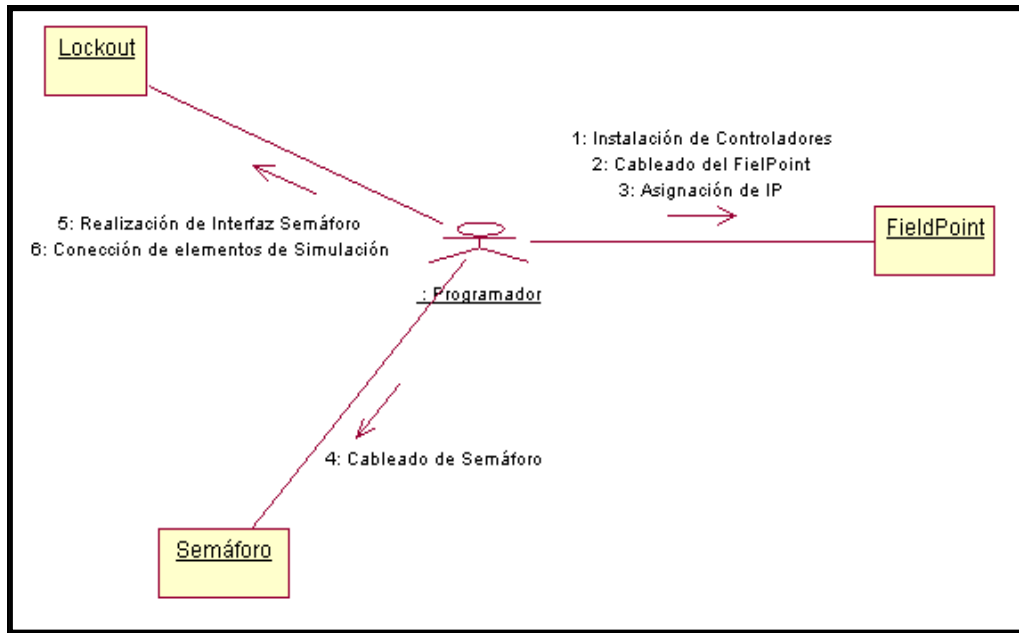


Figura IV. 46 Diagrama de Colaboración Conectar Semáforo

Monitoreo y Control de los Módulos de la Red

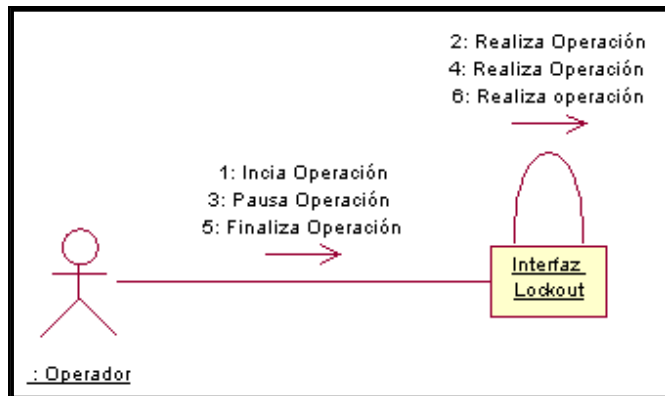


Figura IV.47 Diagrama de Colaboración Monitoreo y Control de los Módulos

4.2.1.2.2.3 Diagramas de Actividades

Módulo Ensamblador de Piezas

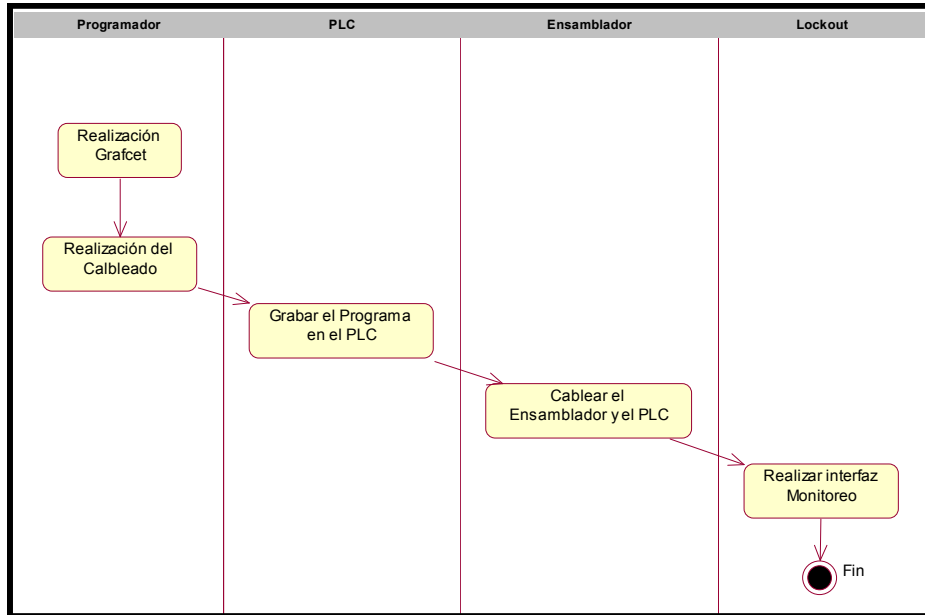


Figura IV. 48 Diagrama de Actividades Módulo Ensamblador de Piezas

Módulo Banda Transportadora

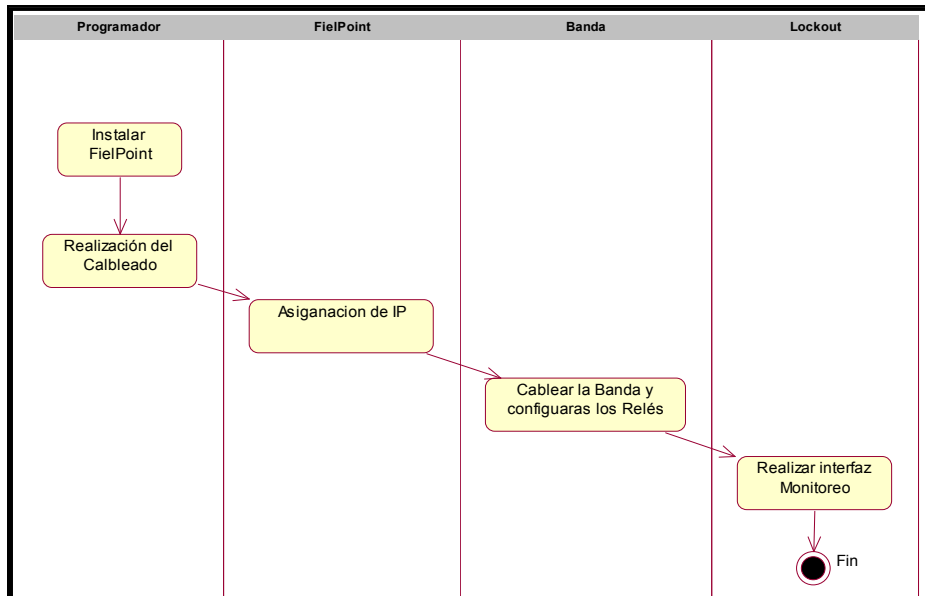


Figura IV.49 Diagrama de Actividades Módulo Banda Transportadora

Conectar Semáforo a Red Industrial

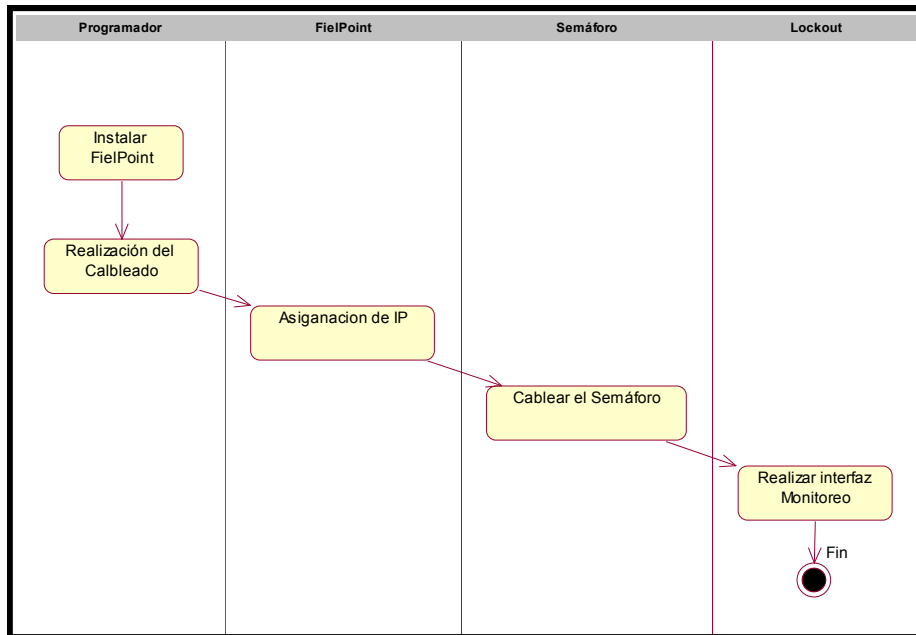


Figura IV. 50 Diagrama de Actividades Conectar Semáforo a Red Industrial

Monitoreo y Control de los Módulos de la Red

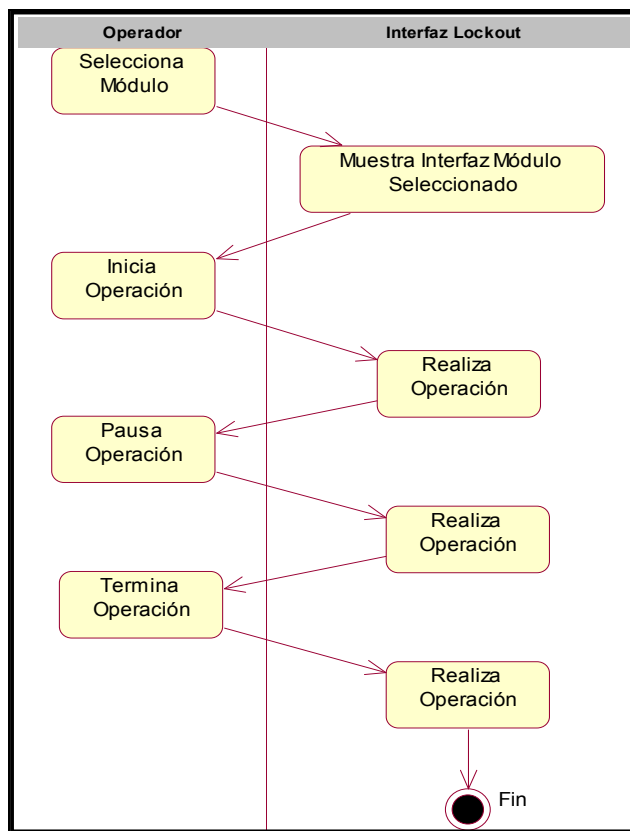


Figura IV.51 Diagrama de Actividades Monitoreo y Control de la Red

4.2.1.2.2.4 Diagramas de Estados

Módulo Ensamblador de Piezas

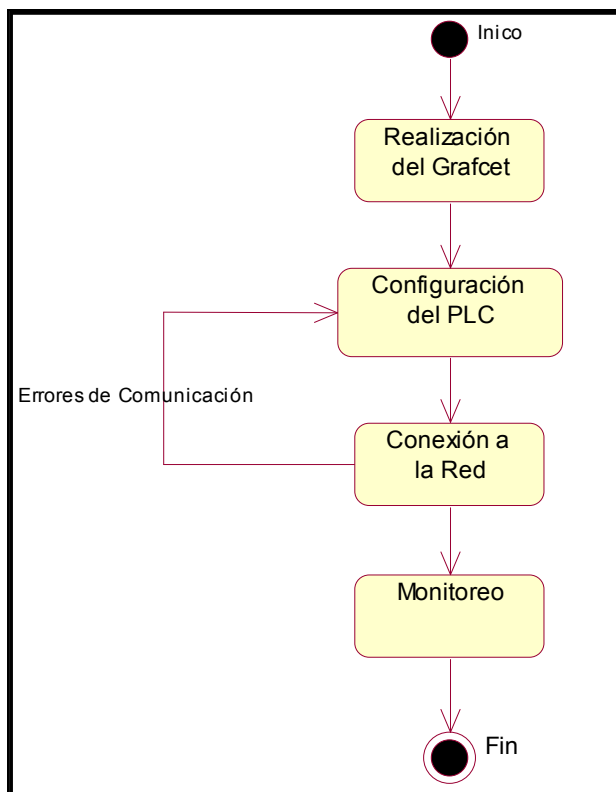


Figura IV. 52 Diagrama de Estados Módulo Ensamblador de Piezas

Módulo Banda Transportadora

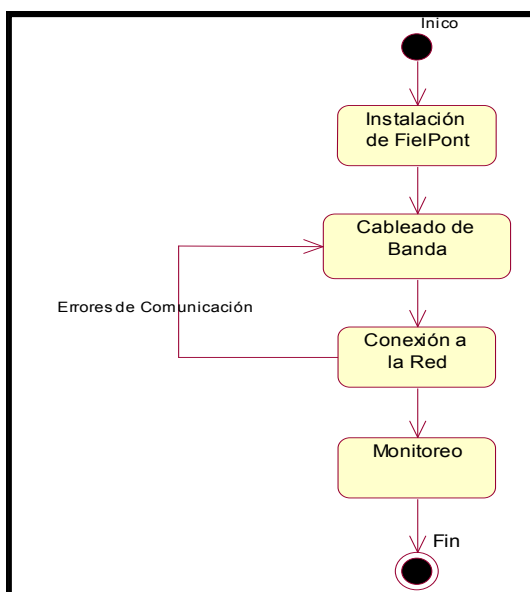


Figura IV. 53 Diagrama de Estados Módulo Banda Transportadora

Conectar Semáforo a Red Industrial

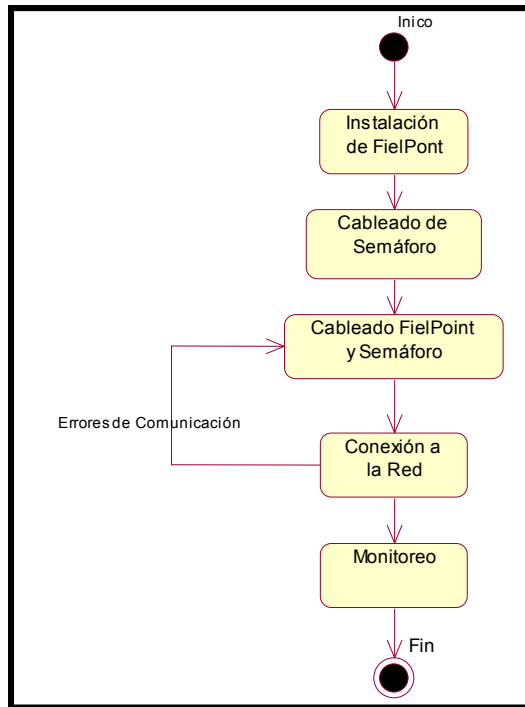


Figura IV.54 Diagrama de Estados Conectar Semáforo a Red Industrial

Monitoreo y Control de los Módulos de la Red

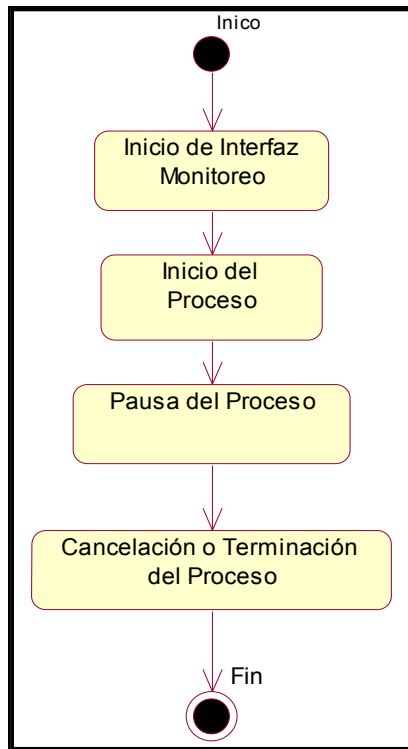


Figura IV55 Diagrama de Estados Monitoreo y Control de la Red

4.2.1.2.2.5 Diagramas de Despliegue

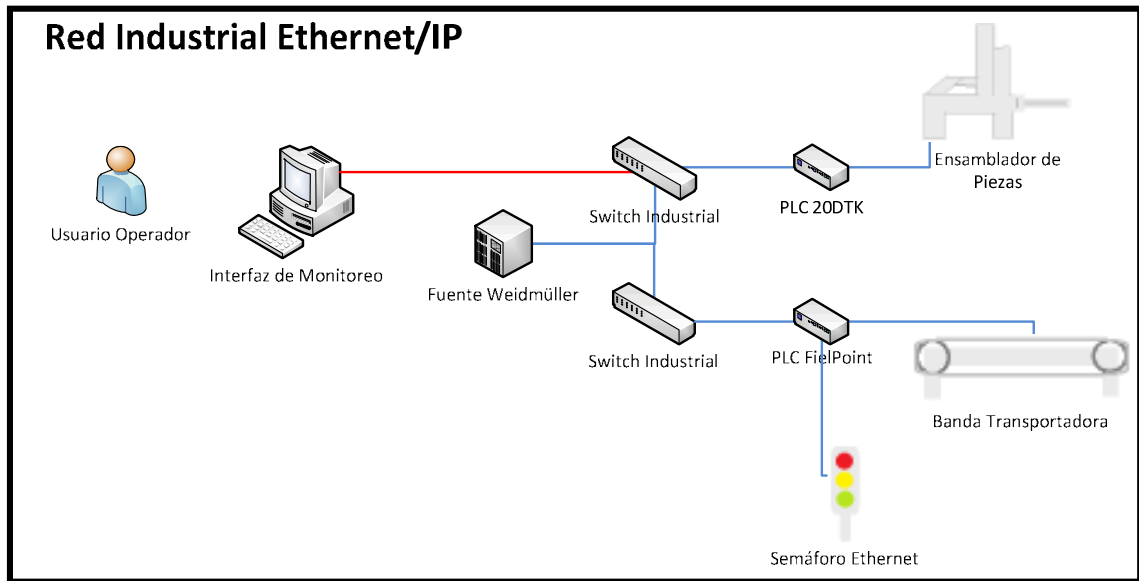


Figura IV. 56 Diagrama de Despliegue

4.2.1.3 FASE III: Desarrollo

4.2.1.3.1 Configuración de la Red

Para una correcta transmisión de los datos es necesario que la red industrial se encuentre configurada, es decir asignar las respectivas direcciones IP's a los autómatas para que los módulos puedan realizar la secuencia de procesos, para lo cual se utilizó el software TwidoSoft para la configuración y programación del PLC 20DTK que conectará el ensamblador de partes además del software FieldPoint para el PLC que permitirá la conexión tanto de la banda transportadora como del semáforo.

En esta etapa se va a especificar la instalación de los softwares utilizados, así como la respectiva configuración y programación para el correcto funcionamiento de la red industrial.

4.2.1.3.1.1 Instalación de TwidoSoft

Para la instalación de TwidoSoft se siguieron los siguientes pasos:

1. Al insertar el CD de instalación aparece la ventana de selección del idioma en donde se selecciona el idioma y dar clic en aceptar.

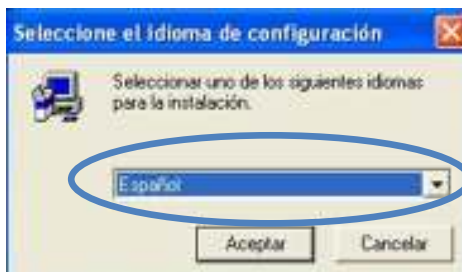


Figura IV. 57 Ventana de Selección del idioma

2. A continuación aparece la ventana de bienvenida en donde recomienda cerrar todos los programas antes de la instalación.

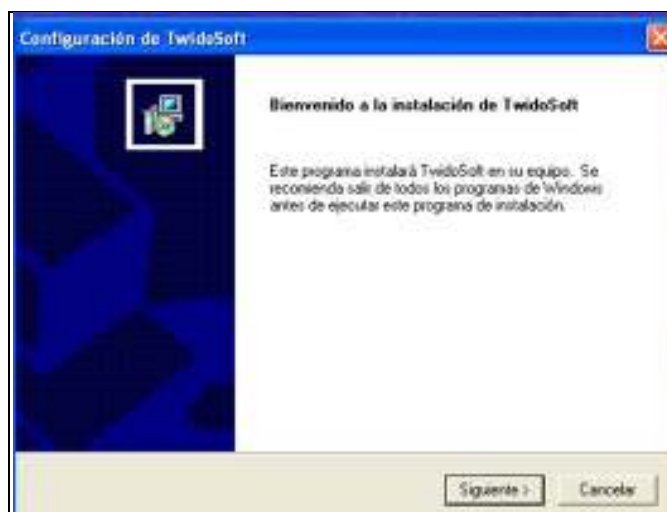


Figura IV. 58 Ventana de Bienvenida

3. En la ventana de contrato de licencia clic en Sí.



Figura IV. 59 Ventana de Contrato de Licencia

La siguiente ventana muestra donde se van a guardar los archivos de instalación, si se desea cambiar la ubicación clic en Examinar.

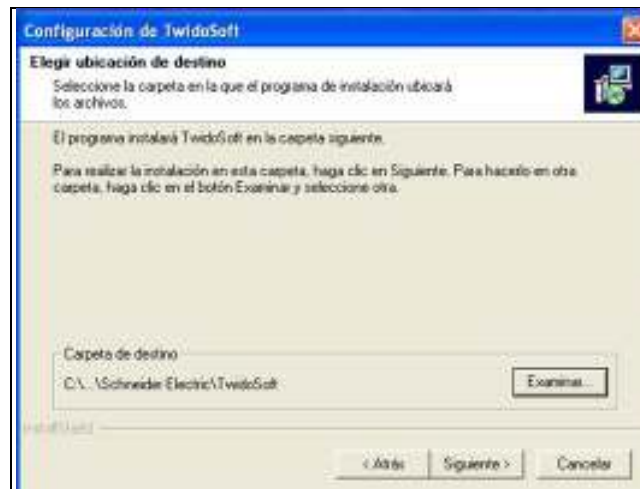


Figura IV. 60 Ventana de Ubicación de Archivos de instalación

4. En esta ventana pregunta dónde queremos colocar los accesos directos. Por defecto salen seleccionadas los de la imagen, las cuales se pueden modificar.

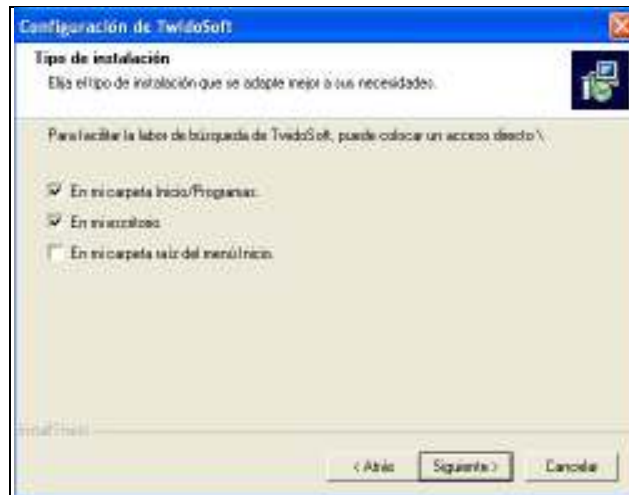


Figura IV.61 Ventana de Tipo de Instalación

5. Ventana de finalización de la instalación, donde da la opción de Finalizar y ver el archivo README, o nada más que finalizar si se deselecciona la opción del README.



Figura IV. 62 Ventana de Finalización de TwidoSoft

4.2.1.3.1.2 Configuración PLC 20DTK con TwidoSoft

1. En la barra de menú seleccionamos la opción “Hardware” y “Cambiar controlador base”.

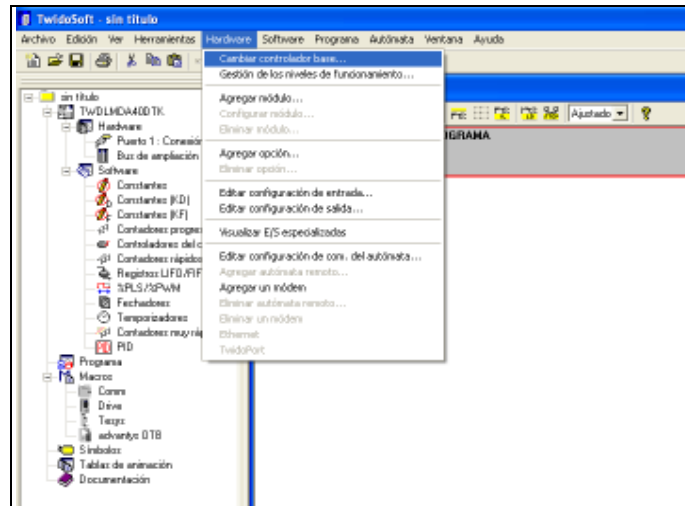


Figura IV. 63 Cambiar controlador Base

Aparece una segunda ventana en la que se selecciona el controlador TWDLMDA20DTK, clic en “Cambiar”.

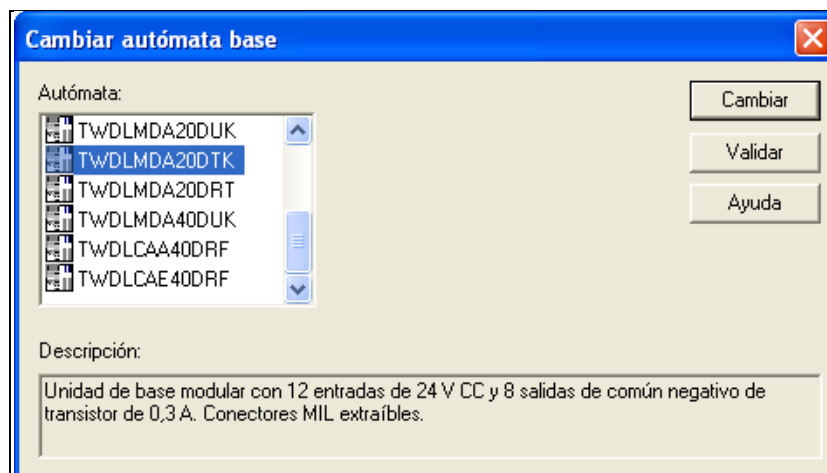


Figura IV. 64 Selección de Controlador Base

En la barra de menú, seleccionar la opción “Hardware” y “Editar configuración de com. del controlador...”

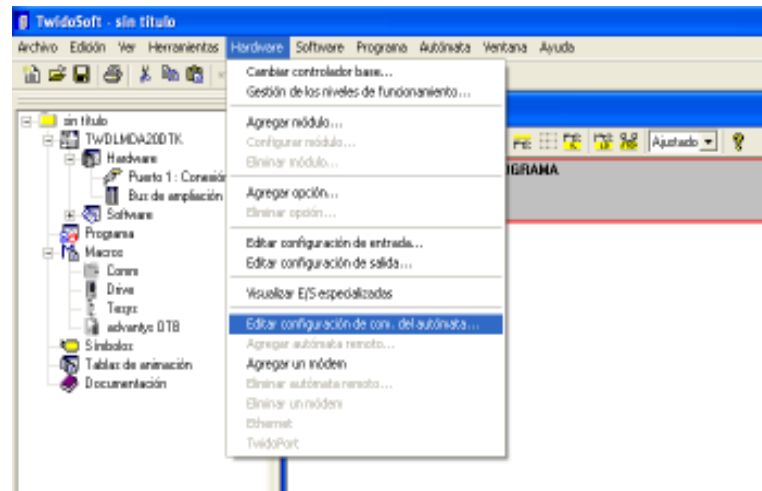


Figura IV.65 Configuración de com del controlador

2. Aparece una segunda ventana en la que en la opción “Tipo” seleccionar “Modbus” y Aceptar.

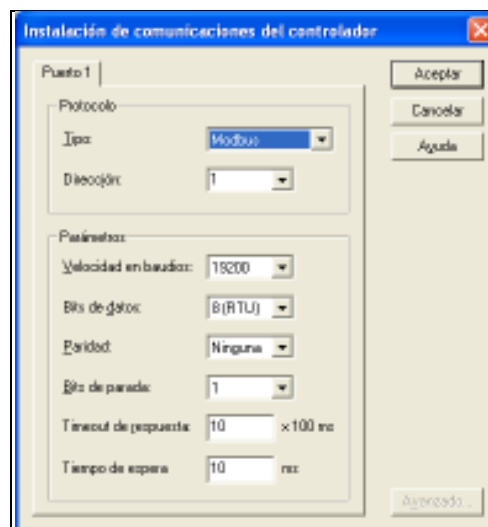


Figura IV. 66 Selección del Protocolo MODBUS

3. En el menú “Archivo” de la barra de menú, seleccionar la opción “Preferencias.”

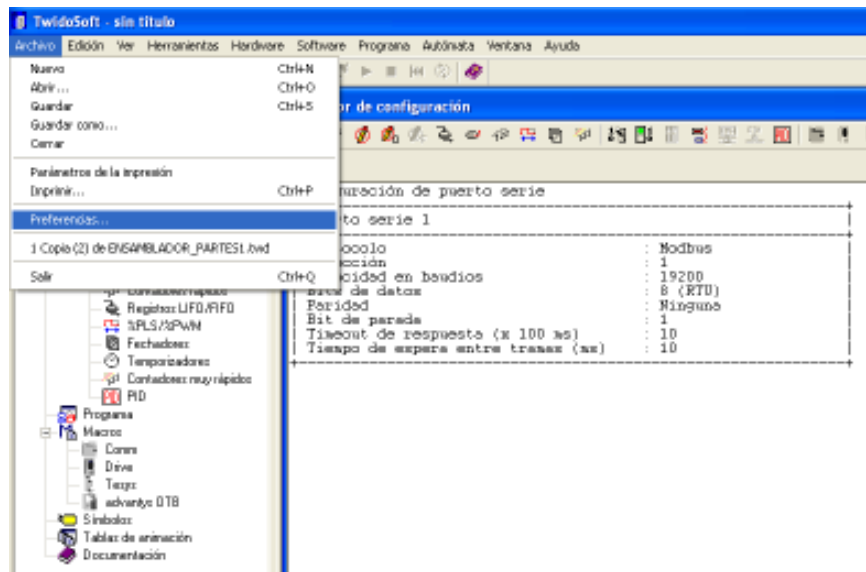


Figura IV. 67Selección Opción Preferencias

4. Se presenta una ventana donde se selecciona “Gestión de Conexiones” en el que se haya conectado el Twido

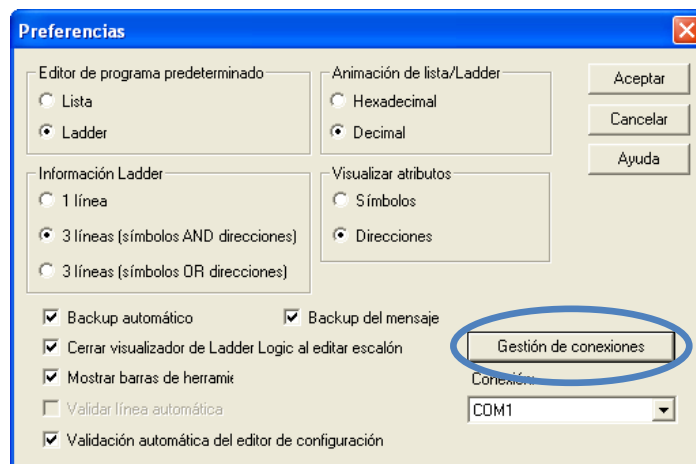


Figura IV. 68Selección Gestión de conexiones

5. En la ventana que a continuación aparece agregar una nueva conexión en este caso un nombre y la dirección IP que será pasado al controlador clic en Aceptar.

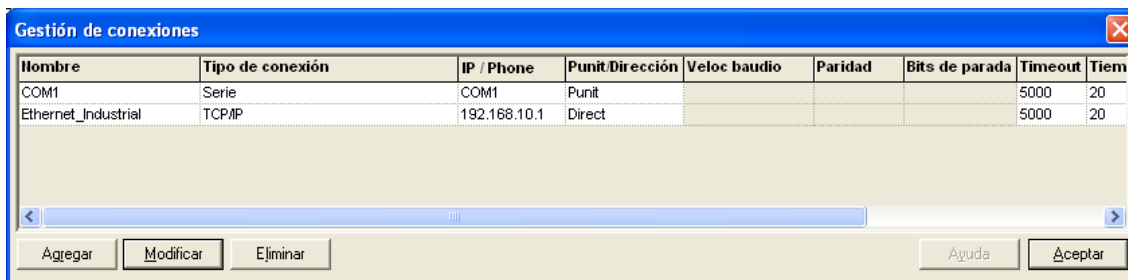


Figura IV.69 Selección Gestión de conexiones

6. En “Conexión”, seleccionar la conexión agregada en el paso anterior, clic en “Aceptar”.

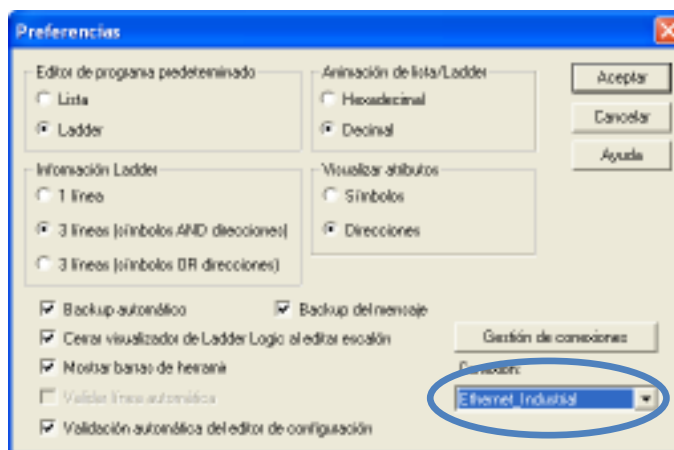


Figura IV. 70 Selección de Conexión

7. En “Hardware”, clic secundario y un clic en “Agregar opción”.

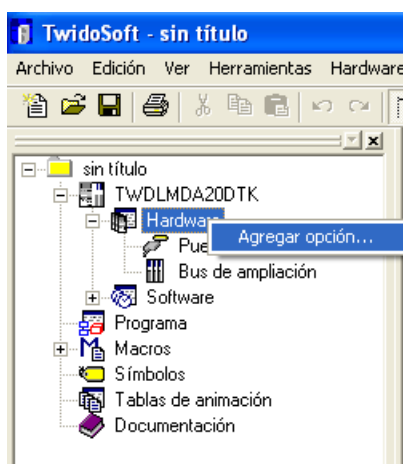


Figura IV. 71 Selección para Agregar opción

8. Aparece una ventana donde se selecciona la interfaz Ethernet para Twido y clic en “Agregar”.

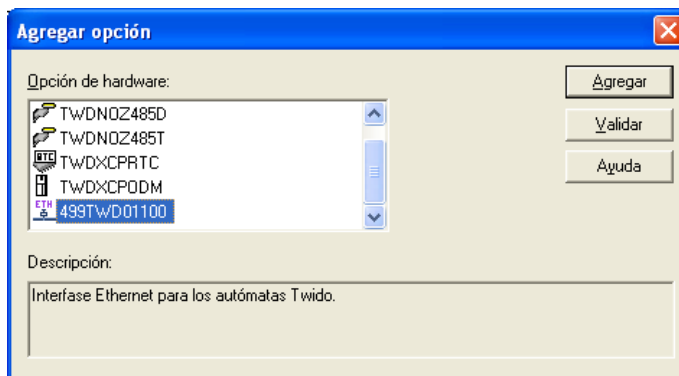


Figura IV. 72 Selección de interface Ethernet

4.2.1.3.1.3 Configuración PLC FieldPoint

1. Para la instalación del Autómata FieldPoint es necesario bajar los drivers desde la página oficial de FieldPoint.

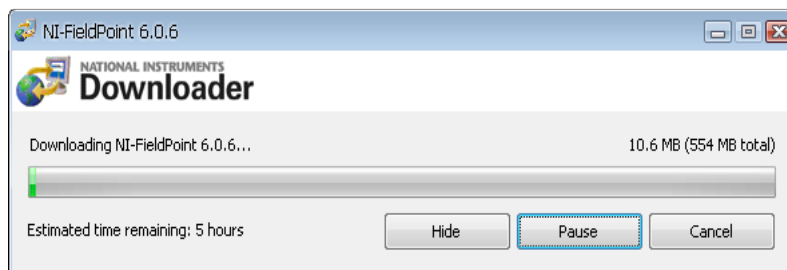


Figura IV. 73 Descarga de drivers FieldPoint

2. La primera ventana que se presenta es la de bienvenida para iniciar con la instalación del driver FieldPoint.



Figura IV. 74Pantalla de Bienvenida

3. Seleccionar el directorio de destino de la instalación.

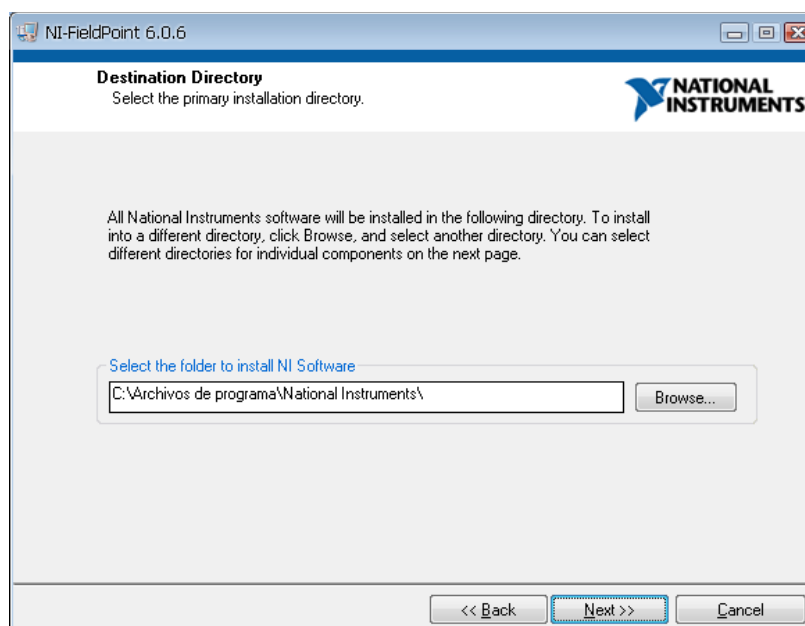


Figura IV. 75Selección de Directorio destino

4. Seleccionar las diferentes características que se desea instalar.

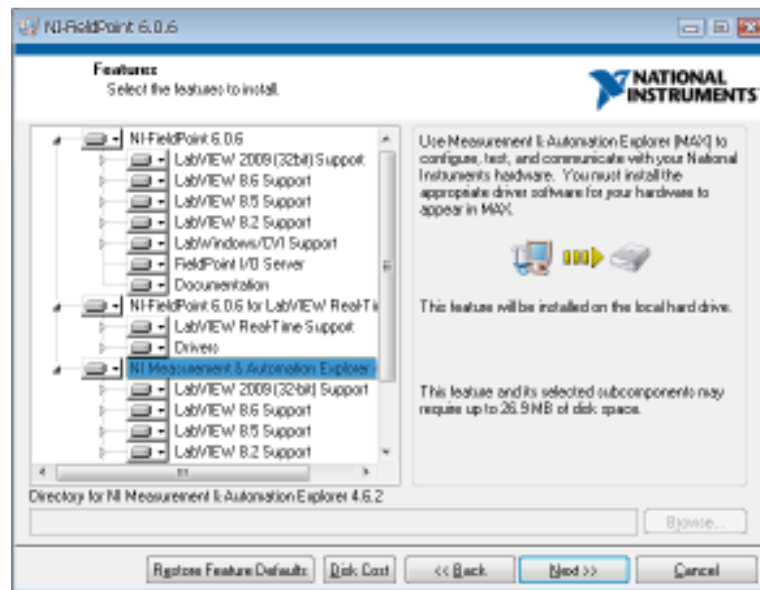


Figura IV. 76 Selección de las características de instalación

5. Aparecerá una pantalla de notificaciones del sistema clic en siguiente

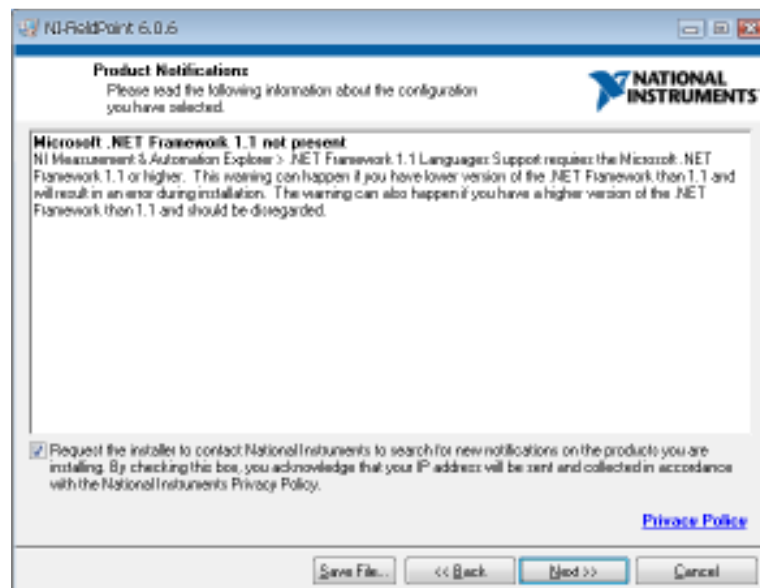


Figura IV. 77 Pantalla de Notificación

6. Aceptar los términos de la licencia

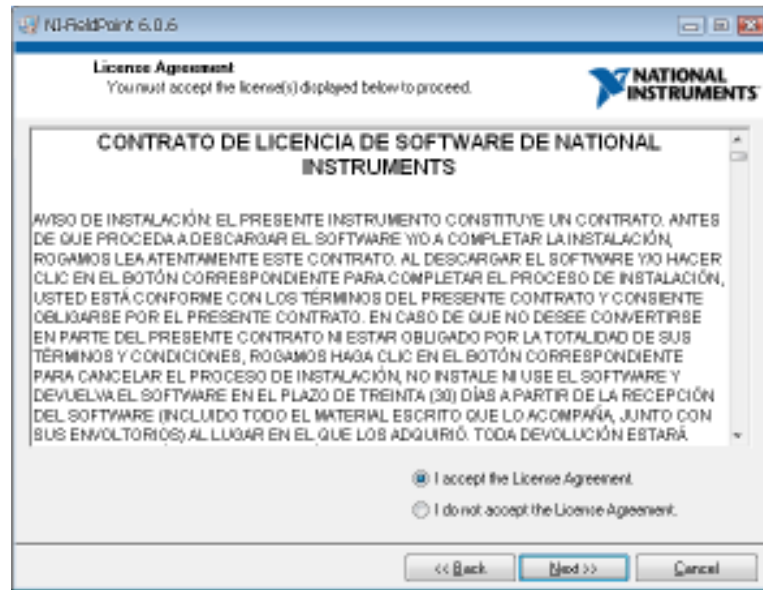


Figura IV.78 Términos de Licencia

7 A continuación se mostrara un resumen de los elementos seleccionados para la instalación

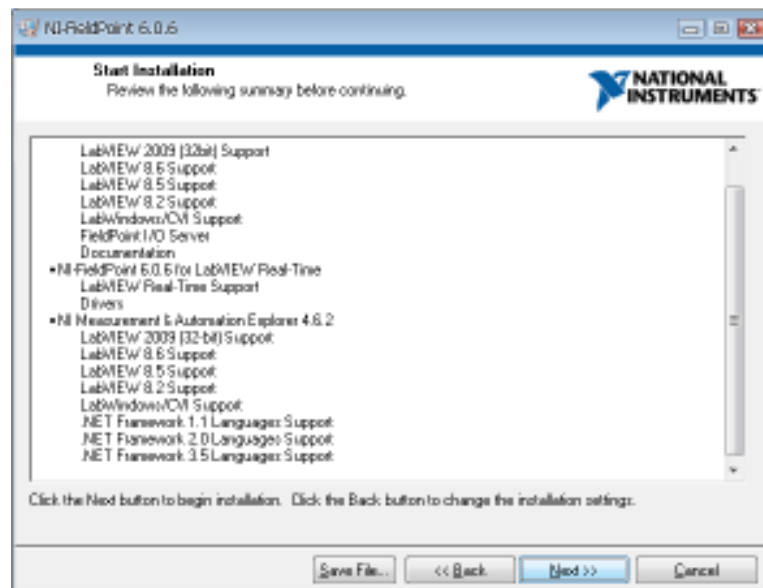


Figura IV.79 Resumen de los elementos de la instalación

8. Comenzará el proceso de Instalación.



Figura IV. 80 Progreso de la instalación

9. Una vez terminado el proceso presionar Finish para terminar con la instalación



Figura IV.81 Finalizar la instalación

10. Pedirá reiniciar el equipo

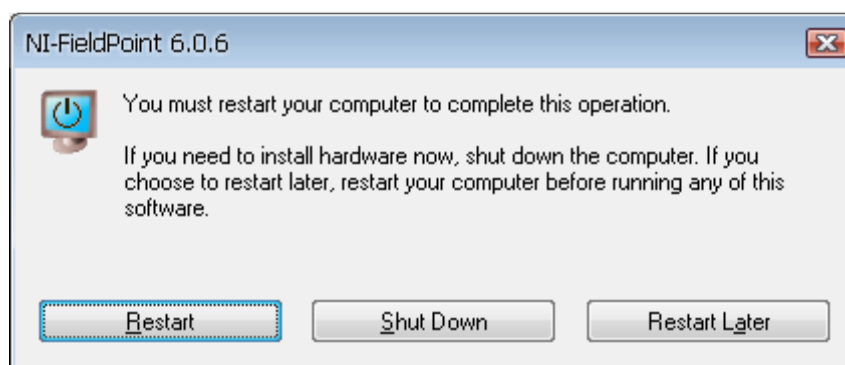


Figura IV. 82 Reinicio del Sistema

11. Pantalla de bienvenida a el programa de acceso al FieldPoint



Figura IV. 83 Pantalla de Bienvenida

12. Esta es la interfaz para la configuración del FielPoint. Ver Anexo 4

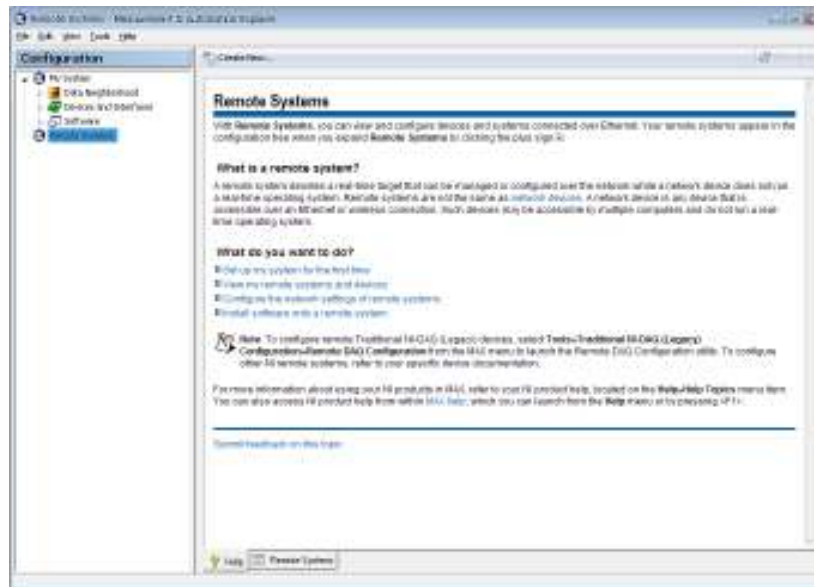


Figura IV.84 Pantalla del Programa principal

4.2.1.3.1.4 Monitoreo de Red

4.2.1.3.1.4.1 Control de red mediante Lookout

1. Pantalla de inicio de la interfaz de monitoreo de la red



Figura IV. 85 Pantalla de Inicio del Monitoreo de Red

2. Menú del monitoreo para los módulos industriales

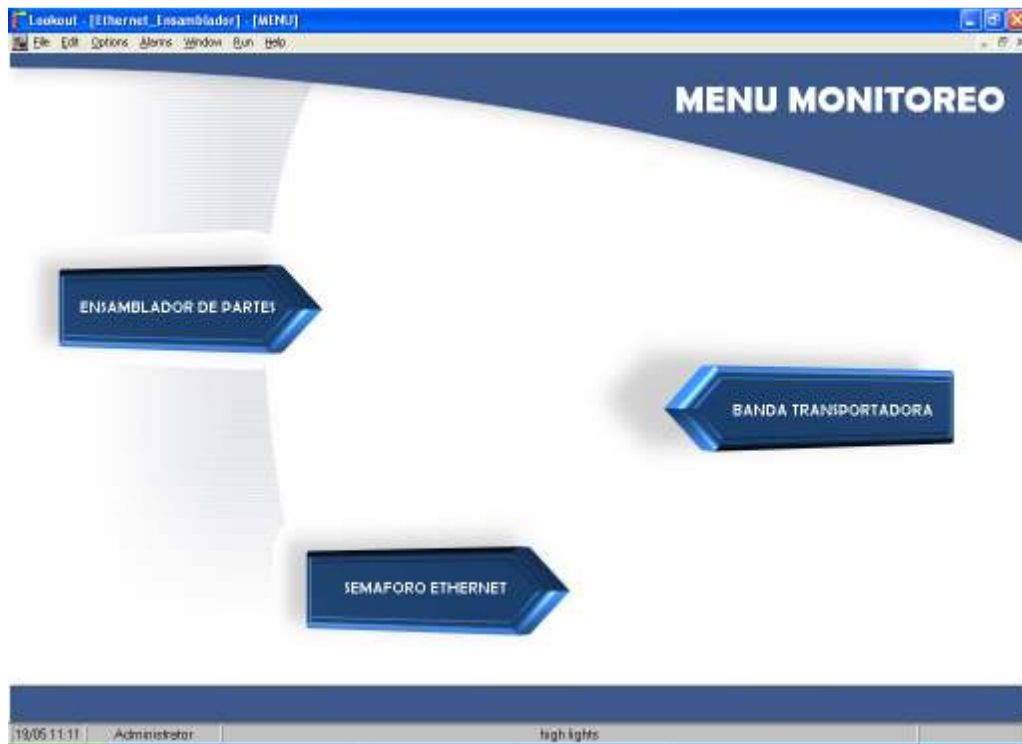


Figura IV. 86 Menú del Monitoreo

3. Interfaz de control del ensamblador de Piezas



Figura IV. 87 Interfaz Ensamblador de Piezas

4. Interfaz de control de la banda transportadora



Figura IV.88 Interfaz Banda Transportadora

5. Interfaz de control del semáforo Ethernet



Figura IV.89 Interfaz de control semáforo Ethernet

4.2.2 Comprobación de la Hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis se utilizó el Juicio de Expertos; que es una técnica que recoge la opinión de varios expertos en la materia, valorando su criterio de acuerdo a parámetros establecidos. Para lo cual contamos con la colaboración de los catedráticos de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH: Dr. Marco Antonio Haro Medina, Ing. Pablo Montalvo Jaramillo e Ing. Humberto Matheu. Ver Anexo2.

A demás de la opinión de los expertos se utilizó Sniffer Pro 4.70 que es una herramienta orientada a generar estadísticas de LAN, no directamente a esnifar el contenido del tráfico, si no que nos ayuda a investigar el tráfico en sí, que protocolos son los más usados, que tráfico hay entre que PC's y a que PC's, estadísticas de uso de la red

Tabla IV.VII Resultados Comparación de Redes

Redes Parámetros	Red Industrial		Red Industrial + Pc's	
Paquetes de Entrada	192.168.10.1	2.960 paquetes	192.168.10.1	2.521 paquetes
	192.168.10.2	63 paquetes	192.168.10.2	20 paquetes
	192.168.10.3	2.724 paquetes	192.168.10.3	2.406 paquetes
			192.168.10.4	4 paquetes
			192.168.10.5	2 paquetes
Paquetes de Salida	192.168.10.1	2.849 paquetes	192.168.10.1	10 paquetes
	192.168.10.2	41 paquetes	192.168.10.2	2.507 paquetes
	192.168.10.3	2919 paquetes	192.168.10.3	10 paquetes
			192.168.10.4	2 paquetes
			192.168.10.5	2,495 paquetes
Velocidad de Transmisión	10/100 Mbps		10/100 Mbps	
Errores en la Red	10%		17%	

Tabla IV. VIII Análisis Cuantitativo Juicio de Expertos

Experto	Dr. Marco Haro Medina	Ing. Pablo Montalvo Jaramillo	Ing. Humberto Matheu	Conclusiones
<p>Parámetro</p> <p>Automatización Industrial</p>	<p>Es el medio más importante por el cual se puede lograr una optimización de los procesos, el aseguramiento de la calidad y la seguridad.</p>	<p>Permite mejorar la productividad en la industria, mejora seguridad industrial y optimiza procesos</p>	<p>Es positiva porque inicialmente los costos son altos pero a mediano o largo plazo justifica porque la producción aumenta, la calidad es mejor y las industrias y los empresarios están satisfechos</p>	<p>La automatización industrial mejora la productividad, asegura la calidad y optimiza los procesos.</p>
<p>Sistemas de comunicación Industrial</p>	<p>La importancia radica en cuanto se puede centralizar el monitoreo y el control de toda una industria</p>	<p>Es una tecnología muy aplicada para realizar monitoreo y control en tiempo real de los procesos industriales</p>	<p>Siempre son fundamentales ya que ahora permite controlar desde cualquier parte del mundo una empresa y estar uno al tanto de lo que está funcionando y como está funcionando la empresa</p>	<p>Los sistemas de comunicación nos permiten el monitoreo y control de la industria en tiempo real y brinda facilidades ya que permiten realizarlos de una manera centralizada.</p>
<p>Transmisión de Datos y monitoreo de equipos.</p>	<p>Al implementar una red de instrumentos estos podrán ser monitoreados y controlados desde varios puntos y se podrá determinar daños, fallas asegurando la calidad y el funcionamiento de los equipos.</p>	<p>Son muy confiables y de alta velocidad permitiendo tener los datos en tiempo real.</p>	<p>Mejora ostensiblemente la transmisión de datos, le da confiabilidad, seguridad, durabilidad</p>	<p>En la transmisión de datos mejora la velocidad, permite controlar el funcionamiento de los equipos, permitiendo de esta manera determinar fallos y asegurando el funcionamiento mediante el monitoreo en tiempo real.</p>
<p>Seguridad en la</p>	<p>Se podrá garantizarse que a</p>	<p>La red Ethernet/Ip es muy</p>	<p>Por la calidad de los</p>	<p>Por la calidad de los</p>

<p>transmisión de Datos</p>	<p>cada equipo le corresponda su dirección IP propia y difícilmente van a poder ser clonados o alterados</p>	<p>segura convirtiéndola en una red confiable.</p>	<p>materiales por ejemplo desde el Switch que es de mejor calidad entonces una red Ethernet/IP da mayor garantía</p>	<p>equipos, la asignación de Ips propias para cada uno de los equipos; la red Ethernet/IP se convierte en una red muy segura convirtiéndola en confiable y dando mayores garantías.</p>
<p>Ventajas Ethernet/IP</p>	<p>La ventaja es que en este tipo de redes ya tenemos asignaciones mucho más concretas acerca de las direcciones con las cuales se va a trabajar en cada uno de los instrumentos</p>	<p>Evita interferencias (ruidos), es decir perdidas de datos u obtención de datos erróneos, permite mayores distancias de Cobertura.</p>	<p>La seguridad de los datos, la confiabilidad, la velocidad de la transmisión de los datos.</p>	<p>La utilización de la red Ethernet/IP dentro de la industria brinda mayores ventajas ya que brinda una mayor velocidad en la transmisión de los datos, permite un monitoreo adecuado y asegura el monitoreo de los instrumentos con los cuales se trabaja.</p>

Análisis

Para realizar la comparación se ha procedido a conectar en primera instancia solo equipos industriales en la red y en segunda instancia conectar los equipos industriales más computadoras para realizar una comparación entre ellas. Ver Anexo V

Teniendo como resultados:

Red equipos industriales

IP Addr	In Pkts	Out Pkts	In Bytes	Out Bytes	Broadcast	Multicast	Update Time	Create Time
192.168.10.1	2,960	2,849	199,442	201,832	0	2	13/07/2010 10:45:18.143.235	13/07/2010 10:27:31.264.151
192.168.10.2	63	41	4,288	2,866	0	0	13/07/2010 10:45:03.48.954	13/07/2010 10:28:13.839.973
192.168.10.3	2,724	2,919	191,626	196,576	0	0	13/07/2010 10:45:18.143.235	13/07/2010 10:27:31.264.151
192.168.10.255	60	0	5,760	0	0	0	13/07/2010 10:44:34.811.481	13/07/2010 10:27:57.388.379
224.0.0.251	2	0	158	0	0	0	13/07/2010 10:38:39.379.706	13/07/2010 10:30:07.395.515

Figura IV. 90Tabla de Tráfico de Red Ethernet Industrial

Red equipos industriales más computadoras de oficina

IP Addr	In Pkts	Out Pkts	In Bytes	Out Bytes	Broadcast	Multicast	Update Time	Create Time
192.168.10.2	20	10	1,360	700	0	0	13/07/2010 11:15:02.340.90	13/07/2010 11:00:02.30.940
192.168.10.3	2,406	2,507	169,499	169,208	0	0	13/07/2010 11:15:37.171.641	13/07/2010 10:59:42.942.573
192.168.10.4	4	10	312	888	0	0	13/07/2010 11:07:12.280.1	13/07/2010 11:00:40.233.876
192.168.10.5	2	2	216	228	0	0	13/07/2010 11:13:29.39.591	13/07/2010 11:13:29.38.748
192.168.10.255	71	0	6,852	0	0	0	13/07/2010 11:14:40.474.279	13/07/2010 11:00:07.528.107
automatizacion	2,521	2,495	170,220	177,435	0	0	13/07/2010 11:15:37.171.641	13/07/2010 10:59:42.942.573

Figura IV. 91Tabla de Tráfico de Red Ethernet + PC's

Se puede observar que el tráfico de la red aumenta al tener conectado los equipos industriales y las Pc's consumiendo de esta manera mayores recursos de red ya que las solicitudes de aumentan al existir más equipos.

La velocidad de la transmisión no mejora al tener solo una red industrial ya que los equipos conectados a la red tienen establecidas velocidades fijas en su fabricación. Los equipos utilizados en esta red fueron diseñados para trabajar a una velocidad de transmisión de 10/100Mbps.

Los errores fueron más frecuentes teniendo un 17% en la red con equipos compartidos y un 10% en la red netamente industrial.

Valoración de Cuantitativa

Se valorara los criterios emitidos de los expertos mediante la siguiente tabla:

Tabla IV.IXParámetros de calificación Análisis cuantitativo

Criterio	Valor
Estoy de Acuerdo	10
Estoy medianamente de acuerdo	5
No estoy de Acuerdo	1

Tabla IV.XResultado del análisis cuantitativo

Experto Parámetro	Dr. Marco HaroMedina	Ing. Pablo Montalvo Jaramillo	Ing. Humberto Matheu	Conclusiones
Automatización Industrial	10	10	10	30
Sistemas de comunicación Industrial	10	10	10	30
Transmisión de Datos y monitoreo de equipos.	10	10	10	30
Seguridad en la transmisión de Datos	10	10	10	30
Ventajas del Ethernet/IP	10	5	10	25

Con los parámetros mostrados anteriormente se demuestra el criterio de cada uno de los expertos que han sido evaluados de manera cualitativa y cuantitativa para el estudio y comprobación de la Hipótesis.

Transmisión de Datos y monitoreo de equipos.- En el análisis cuantitativo la opinión de los expertos tuvo una valoración de 30 puntos ya que ellos coinciden en que la transmisión de datos y el monitoreo de los equipos mejora extensiblemente al centralizar el control de los procesos ya que de esta manera los fallos son determinados de una forma rápida garantizando la calidad en la transmisión de datos.

Seguridad en la transmisión de Datos.- Este parámetro tiene una valoración de 30 puntos ya que los criterios emitidos nos permiten determinar que tanto los equipos utilizados son desarrollados propiamente para el ambiente industrial con protecciones propias para la industria, garantizando de esta manera la seguridad en la transmisión de los datos.

Tomando en cuenta .los datos tomados y la opinión de los expertos se puede concluir que es recomendable separar la red industrial de la red administrativa dentro de una empresa ya que los usuarios al consumir mayores recursos de red como solicitudes a páginas web, chat, correo electrónico consumen mayores recursos, mermando de esta manera el rendimiento de la misma y produciendo errores que paralizarían no solamente el área administrativa sino también la productiva.

Se puede concluir que la hipótesis planteada en lo que se refiere a la confiabilidad se cumple ya que la red industrial utiliza direcciones IP's estáticas que aseguran la comunicación en tiempo real con los dispositivos industriales conectados a la red, respecto a la velocidad de transmisión es de 10/100 Mbps es decir que los dispositivos industriales utilizados están fabricados para manejar estas velocidades comprobando de esta manera que la velocidad se conserva de acuerdo a las especificaciones de los dispositivos.

Por lo tanto se puede concluir la negación de la hipótesis planteada ya que no cumple con los parámetros establecidos al inicio de nuestra investigación.

CONCLUSIONES

- Las comunicaciones dentro de las industrias se han vuelto un aspecto muy importante ya que mediante ellas se pueden controlar los procesos y operaciones de una manera más eficiente y centralizada, permitiendo mejorar la calidad y garantizando la correcta operación.
- Para el diseño y desarrollo de la red industrial se realizó un estudio de la tecnología Ethernet/IP la cual permite realizar conexiones en ambientes adversos como son: el ruido, las interferencias eléctricas, propios de las industrias; tomando en cuenta todos los aspectos que interfieren en la transmisión de los datos diferenciando enormemente de las redes Ethernet aplicadas a entornos de oficina.
- Para el desarrollo del monitoreo se utilizó el software Lookout que emplea elementos de control de fácil manejo, permitiendo de esta manera desarrollar una interfaz intuitiva para el usuario, tomando en cuenta que el Software proporciona la posibilidad de interconectar y configurar los dos distintos tipos de autómatas usados para el control de los módulos industriales.
- Después del análisis de la hipótesis propuesta mediante el Juicio de Expertos se ha llegado a la conclusión que la red industrial Ethernet/IP es una de las más utilizadas ya que brindan varias ventajas de comunicación y velocidad en la transmisión de datos.
- Para el desarrollo de aplicaciones que abarcan la informática y la mecatrónica se adaptó las fases de la metodología XP de acuerdo a nuestras necesidades para incluir aspectos que demuestren el trabajo software y procesos de automatización

RECOMENDACIONES

- En el desarrollo de la red industrial es necesario la asignación de IP's estáticas a cada uno de los módulos, ya que si se usan IP's dinámicas se corre el riesgo de perder la comunicación, porque la IP almacenada en el PLC o autómatas no coincidirá con la asignada dando errores de comunicación que no permitirán controlar el proceso en tiempo real.
- Verificar las conexiones eléctricas cada vez que se realice un cambio ya que se corre el riesgo de dañar los equipos por una mala identificación de polaridades o voltajes.
- Usar materiales diseñados propiamente para ambientes industriales de esta manera se podrá garantizar el eficiente funcionamiento y la durabilidad de los equipos.
- El uso de cables de red apantallados en ambientes industriales, son menos propensos a interrupciones eléctricas que pueden afectar la comunicación entre los dispositivos.
- Verificar la comunicación cada vez que se vaya a utilizar la red industrial, así como también leer el manual de usuario para la correcta operación de la red.

RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue diseñar e implementar una red industrial en el Laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas – ESPOCH, para lo cual se empleó el protocolo Ethernet / IP (Ethernet / Industrial Protocol), con la finalidad de interconectar dos módulos industriales y un semáforo existentes en el laboratorio, para simular las secciones de una fábrica.

En el diseño e implementación de la red se utilizó 2 Switch industriales Auto gestionados, una fuente de alimentación Weidmüller de 24 V monofásico, 3 cables apantallados UTP categoría 5e, Los módulos utilizados para la conexión fueron dos: el primero un ensamblador de piezas y el segundo una banda transportadora, además de un semáforo. Para el control automático se utilizó un Controlador Lógico Programable TELEMECANIQUE 20 DKT y un PLC FieldPoint, para la programación e interfaces gráficas se utilizó los Software: TwidoSoft y Lookout.

Para la simulación secuencial de procesos se implementó ecuaciones Grafcet (tipo bloques) mediante programación Ladder (escalera) las cuales se programaron en TwidoSoft, la monitorización e interfaz gráfica de administración, se realizó mediante Lookout.

Con la utilización de tecnología Ethernet / IP se logró integrar el módulo de ensamblaje de piezas, la banda transportadora y el semáforo en una red industrial que permite una transmisión confiable, segura y en tiempo real de los datos.

Mediante esta red se podrá capacitar y asesorar a estudiantes en el área de Automatización Industrial con fines didácticos.

SUMMARY

The objective of this Project was to design and carry out an industrial network for the systems engineering school automatization laboratory at ESPOCH (Chimborazo Polytechnic College), to achieve the objective the Ethernet/IP (Ethernet Industrial Protocol) were used in order to connect two industrial modules and the traffic light in the laboratory, to simulate the different sections in a factory.

For the design and implementation of the network 2 industrial Switches which were self-acquired, a single-phase 24 volts Weidmüller power source, three UTP shielded cables category 5e. The modules used for the connection were two: the first, a parts joiner and the second a transporting band; a traffic light was also used. For the automatic control a Logico-Programable TELEMECANIQUE 20 DKT counter and a PLC FieldPoint were used, finally for the graphic programming and interphase TwidoSoft and Lookout softwares were used.

For the sequencila simulation of processes grafcet equations (blocks types) were used by means of programming ladder which were programmed in TwidoSoft, monitoring and graphic interphase administration were carried out through Lookout.

Using Ethernet/IP Technology it was possible to integrate the parts joiner module, the transporting band and traffic light in an industrial network that lets a reliable, safe and real time data transmision.

Through this network, it will be possible to train and assess students in industrial automatization area with didactic aims.

GLOSARIO DE TERMINOS

CABLE STP

Cable de par trenzado apantallado. En este tipo de cable, cada par va recubierto por una malla conductora que actúa de pantalla frente a interferencias y ruido eléctrico. Su impedancia es de 150 Ohm. El nivel de protección del STP ante perturbaciones externas es mayor al ofrecido por UTP.

ETHERNET

Ethernet es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CDes Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones, es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones.

ETHERNET/IP

Ethernet/IP es un protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial. Basado en los protocolos estándar TCP/IP, utiliza los ya bastante conocidos hardware y software Ethernet para establecer un nivel de protocolo para configurar, acceder y controlar dispositivos de automatización industrial.

LOOKOUT

Lookout de National Instruments es una interfaz humano-máquina (HMI) habilitada por Web, fácil de usar, y un sistema de software de control supervisorio y de adquisición de datos para aplicaciones exigentes de manufactura y de control de procesos.

MODBUS

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en

un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales

PLC

Dispositivo electrónico muy usado en automatización industrial. Un PLC (Controlador Lógico Programable) controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control.

TWIDOPORT

TwidoPort añade conexiones Ethernet a la línea de productos Twido de Telemecanique. Es una pasarela entre un solo dispositivo Modbus/RTU (RS-485) Twido y la capa física de las redes Modbus/TCP en modo slave.

WEIDMÜLLER

Weidmüller es una empresa que se posiciona con éxito en todo el mundo como el proveedor líder de soluciones para el conexionado eléctrico, el acondicionamiento y la transmisión de energía, señales y datos en el entorno industrial.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS WEB

REFERENCIAS WEB GENERAL

1. COMUNICACIONES INDUSTRIALES

<http://materias.fi.uba.ar/6629/redes2byn.pdf>
http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/comunic_ind.htm
<http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/RCI.html>
https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/com_industriales/Pages/comunicaciones_industriales.aspx
http://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/1567/ISAD_Tema6.pdf
http://www.europe.cisco.com/web/LA/soluciones/manufactura/docs/ettft_earchesp.pdf
(2009 -10 – 19)

2. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

<http://www.control-systems-principles.co.uk/whitepapers/spanishwp/14ProgLogicSP.pdf>
<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT3/plc/PLC.html>
http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye_archivos/a_puntos/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf
<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/controlador-logico-programable/controlador-logico-programable.pdf>
http://www.emagister.com/tutorial/frame.cfm?id_centro=57953030052957564866666952674548&id_curso=65371040050166566670485366664557&id_segmento=4&id_categ=162&id_busqueda=1051860
(2009-10-26)

3. ETHERNET INDUSTRIAL

http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Ethernet
<http://www.ieee.org.ar/downloads/Romero-Eth-Ind.pdf>
<http://www.ethernetindustrial.es/>
<http://hus.hirschmann.com/Espanol/Redes-Industriales/Todo-sobre-la-ethernet-industrial/index.phtml>
(2009-11-02)

4. REDES DE COMUNICACION INDUSTRIAL

http://www.uv.es/rosado/sid/Capitulo3_rev0.pdf

<http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/tema13.pdf>

<http://www.smarting.com/cursos/RCI%20%20Redes%20decomunicaci%C3%B3n%20industrial.pdf>

http://es.wikipedia.org/wiki/Red_industrial

(2009-11-16)

REFERENCIAS WEB RELACIONADA AL TEMA

5. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIALES

http://www.alumnos.usm.cl/~ignacio.morande/descargas/PROTOCOLOS_INDUSTRIALES.pdf

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.my?xid=562&rank=1>

<http://www.foro-industrial.com/foros/viewtopic.php?p=8627>

(2010-01-06)

6. PROTOCOLO MODBUS

http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%207.pdf

<http://www.modbus.org/specs.php>

<http://www.simplymodbus.ca/FAQ.htm>

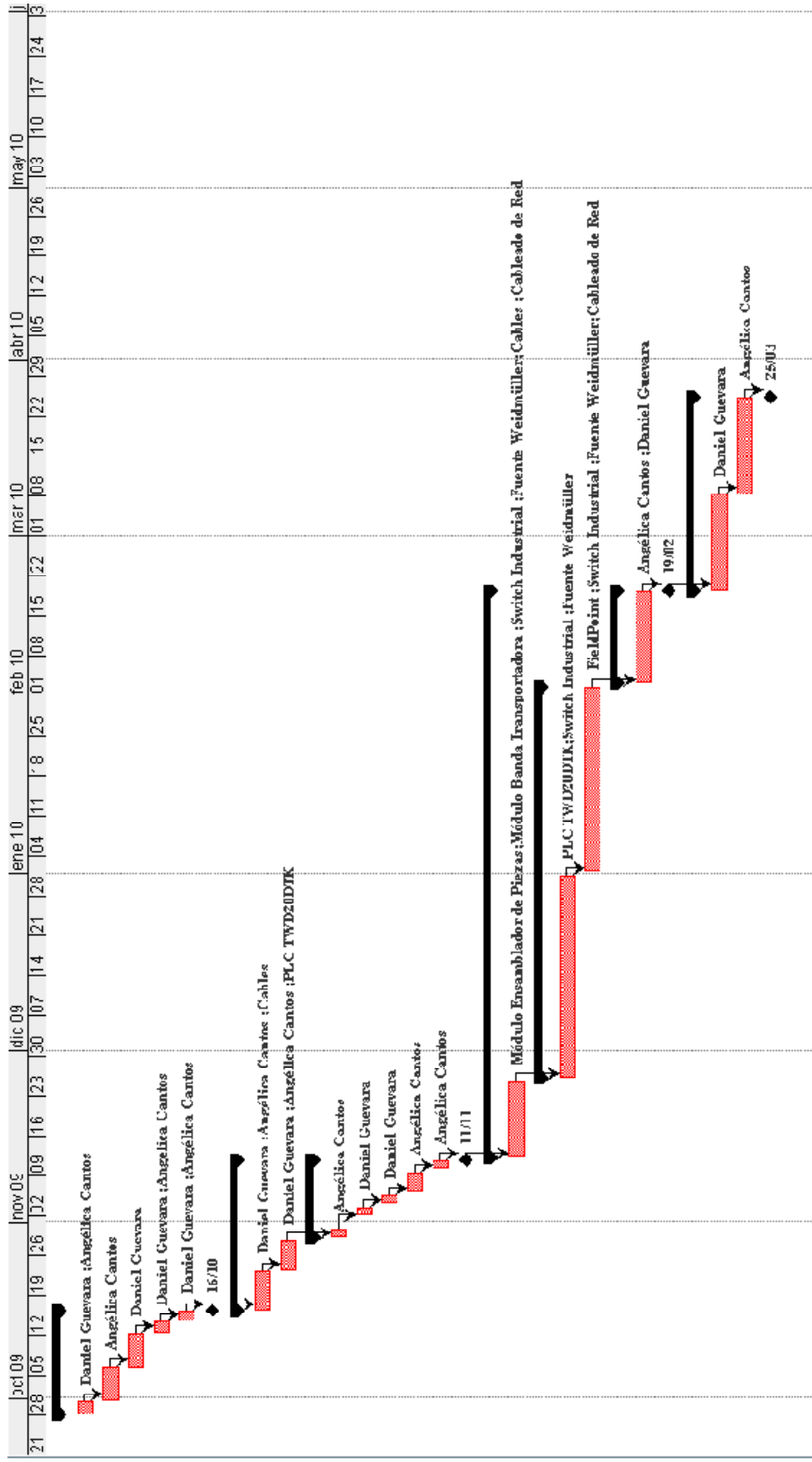
http://www.infopl.net/Documentacion/Docu_Comunicacion/EthernetIndustrial/infoPLC_net_Ethernet_Industrial_ModbusTCP_IP.html

(2010-01-20)

ANEXOS

ANEXO I

Planificación Inicial



ANEXO II

**Demostración de la Hipótesis
Mediante Juicio de Expertos**



**ESCUELA SUPERIOR PÓLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS**

Objetivo: La presente encuesta tiene como objetivo la comprobación de la hipótesis de la tesis titulada **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL CON ETHERNET / IP. CASO PRÁCTICO: LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE LA ESPOCH”**.

Nombre:

Dr. Marco Antonio Haro Medina

Profesión (es):

Actualmente desempeñándome como Doctor en automatización industrial

Experiencia docente:

Docente de la facultad de mecánica de la escuela de mantenimiento por alrededor de 19 años y mi área de desempeño está en la instrumentación industrial que prepara al estudiante para que pueda más tarde acoplar la automatización con los instrumentos.

1. ¿Cuál es su criterio sobre la automatización industrial?

Mi criterio sobre la automatización industrial es que actualmente es el único medio y digamos el medio más importante por el cual se puede lograr una optimización de los procesos, el aseguramiento de la calidad, la seguridad fundamentalmente.

2. ¿Cuál es su criterio sobre la importancia del uso de sistemas de comunicación en las Industrias?

La importancia del uso de los sistemas de comunicación industrial radica en cuanto se puede centralizar el monitoreo y el control de toda una industria, anteriormente en industrias que carecen de este sistema de comunicaciones el control se hace muy difícil y existe los populares tallarines, la diversificación de armarios de control y que vuelven caótico el control de un proceso.

3. ¿Cree Ud. Que mediante la incorporación de redes industriales se mejorará la transmisión de datos y monitoreo de los equipos existentes en una industria y por qué?

Definitivamente porque, si logramos construir o implementar una red de instrumentos estos podrán ser monitoreados y controlados desde varios puntos se podrá determinar daños, fallas y fundamentalmente se logrará asegurar la calidad y el continuo funcionamiento de cada uno de los equipos.

4. ¿Cuál es su criterio acerca de la seguridad en la transmisión de datos, en comparación de redes Ethernet/IP y redes inalámbricas?

En cuanto a la seguridad siempre habido esta duda en cuanto a la seguridad de que una dirección IP pueda ser en algún momento clonada o interceptada pero actualmente con algunos sistemas de protección podría garantizarse que a cada equipo le corresponda su dirección y difícilmente van a poder ser clonados o alterados.

5. ¿Cuál cree Ud. Que es la ventaja del uso de Ethernet/IP (Ethernet/Industrial Protocol) en comparación con una red Ethernet convencional en el ámbito industrial?

La principal ventaja es que en este tipo de redes ya tenemos asignaciones mucho más concretas acerca de las direcciones con las cuales se va a trabajar en cada uno de los instrumentos que se van a monitorear o terminales de observación o elementos de salida de datos.

6. ¿Qué sugerencias puede dar para la implementación de una red industrial dentro del laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas con fines didácticos?

Con fines didácticos sugeriría que se trate de abarcar algunos protocolos de comunicación especialmente considerando que en el país y especialmente en las empresas petroleras donde la automatización está mucho más generalizada debería darle al estudiante la posibilidad de conocer varios ámbitos de automatización por ejemplo conocer las redes MODBUS otros tipos de redes que le permitan en algún momento

adaptarse con facilidad a los diferentes métodos de comunicación que utilicen las industrias.

7. ¿Cuál cree Ud. Que serían las dificultades técnicas que se pueden encontrar en el diseño e implementación de una red industrial?

Bueno las dificultades técnicas precisamente estarían relacionadas con el punto anterior en que debería buscarse la posibilidad de permitir la comunicación entre varios tipos de redes de tal manera que en el caso real si vamos a una industria que tenemos un sistema antiguo de automatización este pueda migrarse con facilidad a las nuevas tecnologías y eso sería la principal problemática que debería atenderse en la implementación del laboratorio de tal manera que los estudiantes no solamente abarquen las nuevas tecnologías sino que también sean capaces de migrar o adaptar las tecnologías anteriores.

8. ¿A parte de los temas tratados anteriormente conoce Ud. Nuevas tecnologías, estándares, tipo de protocolos, topología de red y materiales que se utilicen en la implementación de una red industrial con Ethernet/IP? Describa con Ejemplos.

En verdad no he abarcado mucho últimamente sobre nuevas tecnologías lo que normalmente hemos trabajado con redes MODBUS, utilizar los lenguajes LABVIEW y algunos otros.

Dr. Marco Haro

FIRMA

CI: 180172497-0



ESCUELA SUPERIOR PÓLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS

Objetivo: La presente encuesta tiene como objetivo la comprobación de la hipótesis de la tesis titulada “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL CON ETHERNET / IP. CASO PRÁCTICO: LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE LA ESPOCH”.

Nombre:

Pablo Montalvo Jaramillo

Profesión (es):

Tecnólogo Mecánico, Ingeniero Electromecánico, Ingeniero Industrial

Experiencia docente:

Profesor ESPOCH 23 años.

Profesor PUCESA 4 años.

1. ¿Cuál es su criterio sobre la automatización industrial?

La automatización permite mejorar la productividad en la industria, mejora la seguridad industrial y optimiza procesos con en costos de producción.

2. ¿Cuál es su criterio sobre la importancia del uso de sistemas de comunicación en las Industrias?

En la actualidad es una tecnología muy aplicada para realizar monitoreo y control en tiempo real de los procesos industriales.

3. ¿Cree Ud. Que mediante la incorporación de redes industriales se mejorará la transmisión de datos y monitoreo de los equipos existentes en una industria y por qué?

Si mejora ya que estos son muy confiables y de alta velocidad permitiendo tener los datos en tiempo real.

4. ¿Cuál es su criterio acerca de la seguridad en la transmisión de datos, en comparación de redes Ethernet/IP y redes inalámbricas?

La red Ethernet/IP es una red ya utilizada por mucho tiempo convirtiéndola en una red segura y confiable.

5. ¿Cuál cree Ud. Que es la ventaja del uso de Ethernet/IP (Ethernet/Industrial Protocol) en comparación con una red Ethernet convencional en el ámbito industrial?

Se evita interferencias (ruidos), es decir pérdidas de datos u obtención de datos erróneos, además, permite mayores distancias de transmisión.

6. ¿Qué sugerencias puede dar para la implementación de una red industrial dentro del laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas con fines didácticos?

Me parece adecuado siempre que se realice con todos los implementos, conectores y normas de instalación que las normas recomienden para trabajar con sistemas reales.

7. ¿Cuál cree Ud. Que serían las dificultades técnicas que se pueden encontrar en el diseño e implementación de una red industrial?

Los costos, accesorios y herramientas adecuadas para la instalación.

8. ¿A parte de los temas tratados anteriormente conoce Ud. Nuevas tecnologías, estándares, tipo de protocolos, topología de red y materiales que se utilicen en la implementación de una red industrial con Ethernet/IP? Describa con Ejemplos.

Profibus, acsibus, redes inalámbricas por radio y telefonía móvil.

Ing. Pablo Montalvo J.

FIRMA

CI: 180162440-2



ESCUELA SUPERIOR PÓLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS

Objetivo: La presente encuesta tiene como objetivo la comprobación de la hipótesis de la tesis titulada “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL CON ETHERNET / IP. CASO PRÁCTICO: LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE LA ESPOCH”.

Nombre:

Humberto Matheu

Profesión (es):

Ing. Electromecánico.

Experiencia docente:

Docente alrededor de 25 años en distintas materias como electrónica, geometría plana, geometría analítica.

1. ¿Cuál es su criterio sobre la automatización industrial?

La automatización industrial es positiva porque inicialmente los costos son altos pero a mediano o largo plazo justifica porque la producción aumenta, la calidad es mejor y las industrias y los empresarios están satisfechos con la automatización.

2. ¿Cuál es su criterio sobre la importancia del uso de sistemas de comunicación en las Industrias?

Los sistemas de comunicación siempre son fundamentales ya que ahora permite controlar desde cualquier parte del mundo una empresa y estar uno al tanto de lo que está funcionando y como está funcionando la empresa entonces es fundamental un sistema de comunicación bueno.

3. ¿Cree Ud. Que mediante la incorporación de redes industriales se mejorará la transmisión de datos y monitoreo de los equipos existentes en una industria y por qué?

El implementar redes industriales mejora ostensiblemente la transmisión de datos, le da confiabilidad, seguridad, durabilidad y la empresa mantiene con seguridad sus productos porque se sabe en qué condiciones está trabajando la empresa.

4. ¿Cuál es su criterio acerca de la seguridad en la transmisión de datos, en comparación de redes Ethernet/IP y redes inalámbricas?

Tiene más seguridad por la calidad de los materiales por ejemplo desde el Switch que es de mejor calidad entonces una red Ethernet/IP da mayor garantía que una red inalámbrica.

5. ¿Cuál cree Ud. Que es la ventaja del uso de Ethernet/IP (Ethernet/Industrial Protocol) en comparación con una red Ethernet convencional en el ámbito industrial?

La seguridad de los datos, la confiabilidad, la velocidad de la transmisión de los datos.

6. ¿Qué sugerencias puede dar para la implementación de una red industrial dentro del laboratorio de Automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas con fines didácticos?

El implementar este tipo de redes y tesis es positivo porque los laboratorios estarán siempre mejor equipados, la educación será de última tecnología y sin mayor costo para la institución.

7. ¿Cuál cree Ud. Que serían las dificultades técnicas que se pueden encontrar en el diseño e implementación de una red industrial?

Materiales adecuados y la gente capacitada que pueda hacer una instalación correcta.

- 8. ¿A parte de los temas tratados anteriormente conoce Ud. Nuevas tecnologías, estándares, tipo de protocolos, topología de red y materiales que se utilicen en la implementación de una red industrial con Ethernet/IP? Describa con Ejemplos.**

Ethernet/IP es lo último en tecnología no conozco de otros métodos y sistemas.

Ing. Humberto Matheu

FIRMA

CI: 170527929-5

ANEXO III

Manual de Usuario



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

MANUAL DE USUARIO

SISTEMA DE MONITOREO DE RED INDUSTRIAL CON ETHERNET/IP

PRESENTADO POR:

María Angélica Cantos Silva

Edgar Daniel Guevara López

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

Tabla de Contenidos

1.	INTRODUCCIÓN.....	159
2.	GENERALIDADES DEL SISTEMA.....	159
2.1.	Requerimientos Mínimos.....	159
2.1.1.	Hardware.....	159
2.1.2.	Software.....	160
2.2	Manual del Monitoreo de la Red Industrial con Ethernet/IP.....	160
2.2.1.	Control de la Red Mediante Lookout.....	160

Índice de Figuras

Figura N° 1.	Pantalla de Inicio del Monitoreo de Red.....	160
Figura N° 2.	Menú del Monitoreo.....	161
Figura N° 3.	Menú Ensamblador de Partes.....	161
Figura N° 4.	Interfaz Ensamblador de Piezas.....	162
Figura N° 5.	Botones de Inicio y Finalización de Ensamblador de Piezas.....	162
Figura N° 6.	Indicador de Inicio y Finalización del Ensamblador de Piezas.....	163
Figura N° 7.	Botón que permite regresar al Menú Principal.....	163
Figura N° 8.	Menú Banda Transportadora.....	163
Figura N° 9.	Interfaz Banda Transportadora.....	164
Figura N° 10.	Switch de Encendido o Apagado de Banda Transportadora.....	164
Figura N° 11.	Contador de ida y regreso de Banda Transportadora.....	165
Figura N° 12.	Botón que permite regresar al Menú Principal.....	165
Figura N° 13.	Interfaz de control semáforo Ethernet.....	165
Figura N° 14.	Interfaz de control semáforo Ethernet.....	166
Figura N° 15.	Contador del Semáforo Ethernet.....	166

MANUAL DE USUARIO

SISTEMA DE MONITOREO DE RED INDUSTRIAL CON ETHERNET/IP

1. INTRODUCCIÓN

El monitoreo de una red es indispensable para controlar el correcto funcionamiento de los procesos, razón por la cual este manual se basa en detallar el manejo del sistema que permitirá realizar el control de cada uno de los módulos conectados los cuales son: módulo ensamblador de piezas, módulo de banda transportadora y el semáforo, con el propósito de simular las diferentes secciones de una industria ya que los módulos interconectados se encuentran automatizados de tal manera que mejorará la seguridad, confiabilidad y transmisión de los datos en tiempo real.

2. GENERALIDADES DEL SISTEMA

2.1. Requerimientos Mínimos

2.1.1. Hardware

Programa de Monitoreo de Red Industrial:

- Procesador Pentium IV a 3.0 GHz o superior
- 512 Mb de memoria RAM
- 1 Gigabyte de espacio en Disco
- 1 Tarjeta de Red
- 1 Puerto RS232
- 1 PLC TWD20DTK
- 1 Cable de datos para la conexión PLC a PC a través del puerto RS232

2.1.2. Software

Para el Monitoreo de Red Industrial:

- Sistema Operativo Microsoft Windows XP Profesional
- Programa Lookout

2.2 Manual del Monitoreo de la Red Industrial con Ethernet/IP

2.2.1. Control de la Red Mediante Lookout

Para el monitoreo de la red se utilizó el programa Lookout el cual permite realizar el control de cada uno de los módulos conectados.

1. Pantalla de inicio de la interfaz de monitoreo de la red

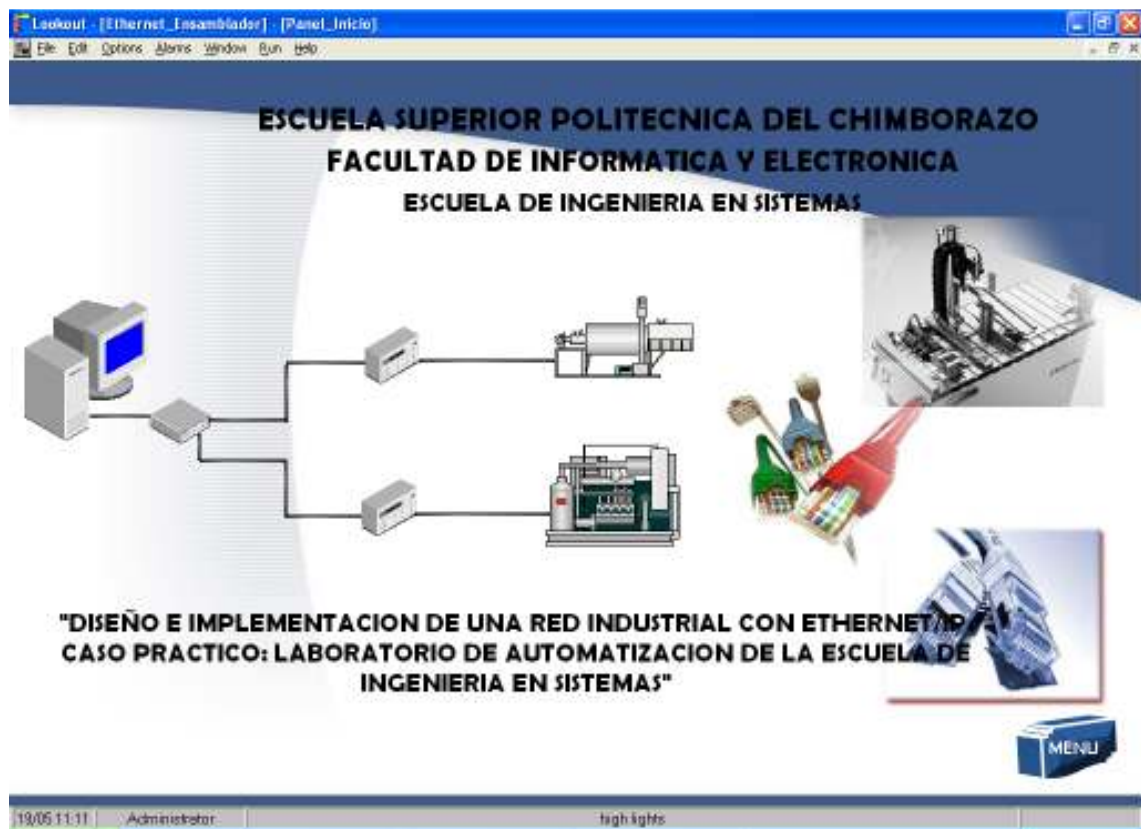


Figura N° 1. Pantalla de Inicio del Monitoreo de Red

2. Menú del monitoreo para los módulos industriales

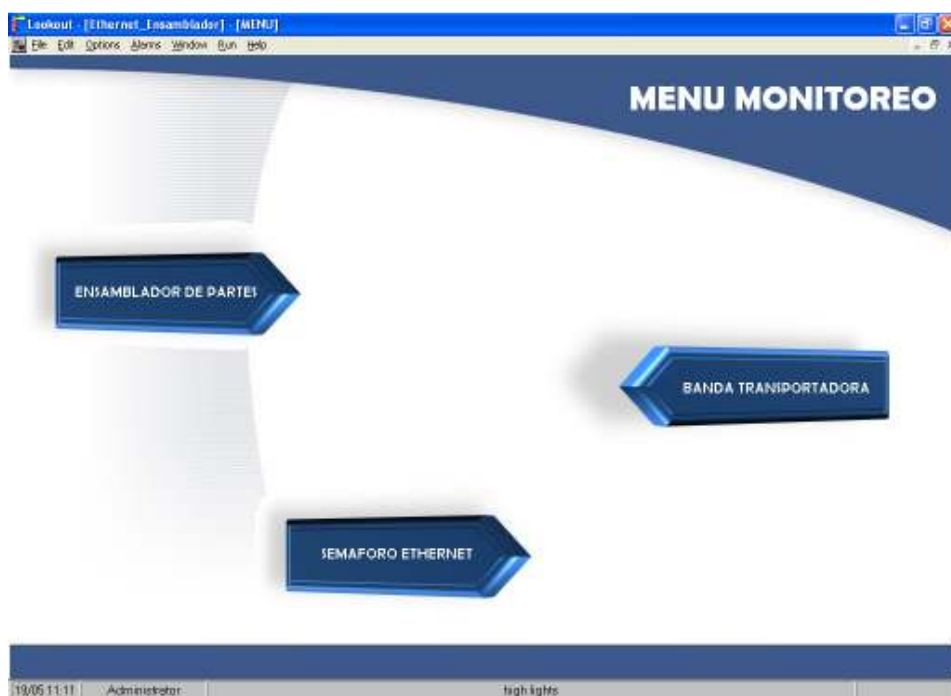


Figura N° 2. Menú del Monitoreo

3. Menú Módulo Ensamblador de Partes



Figura N° 3. Menú Ensamblador de Partes

4. Interfaz de control del Ensamblador de Piezas



Figura N° 4.Interfaz Ensamblador de Piezas

5. Para iniciar con el proceso de Ensamblador de Piezas clic en el botón Start, para finalizar clic en el botón Stop.

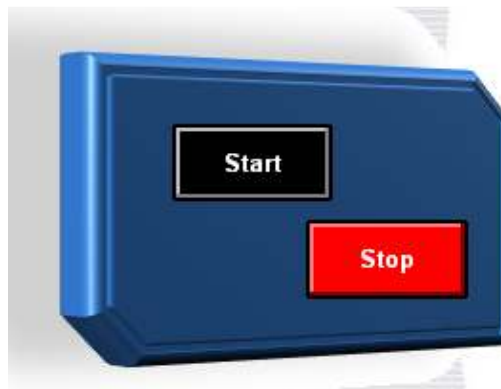


Figura N° 5. Botones de Inicio y Finalización de Ensamblador de Piezas

6. Indica si el Ensamblador de Piezas está Encendida o Apagada



Figura N° 6. Indicador de Inicio y Finalización del Ensamblador de Piezas

7. Botón que permite regresar al menú principal



Figura N° 7. Botón que permite regresar al Menú Principal

8. Menú Módulo Banda Transportadora



Figura N° 8. Menú Banda Transportadora

9. Interfaz de control de la Banda Transportadora



Figura N° 9. Interfaz Banda Transportadora

10. Para iniciar con el proceso de Banda Transportadora subir el switch en ON y si se desea finalizar con el proceso bajar el switch a OFF.



Figura N° 10. Switch de Encendido o Apagado de Banda Transportadora

11. El contador indica el tiempo de ida y regreso de la Banda Transportadora



Figura N° 11. Contador de ida y regreso de Banda Transportadora

12. Botón que permite regresar al menú principal



Figura N° 12. Botón que permite regresar al Menú Principal

13. Interfaz de control del semáforo Ethernet



Figura N° 13. Interfaz de control semáforo Ethernet

14. Para iniciar con el proceso del semáforo clic en Start y para finalizar clic Stop.



Figura N° 14. Interfaz de control semáforo Ethernet

15. El contador indica el tiempo en el que se prende cada uno de los leds del semáforo

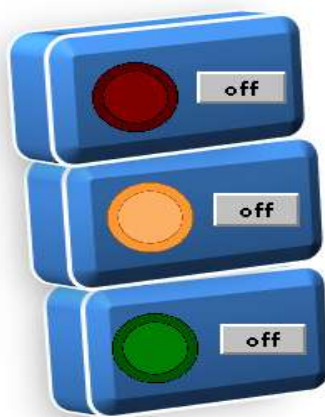


Figura N° 15. Contador del Semáforo Ethernet

Se puede concluir que la hipótesis planteada en lo que se refiere a la confiabilidad se cumple ya que la red industrial utiliza direcciones IP's estáticas que aseguran la comunicación en tiempo real con los dispositivos industriales conectados a la red, respecto a la velocidad de transmisión es de 10/100 Mbps es decir que los dispositivos industriales utilizados están fabricados para manejar estas velocidades comprobando de esta manera que la velocidad se conserva de acuerdo a las especificaciones de los dispositivos.

ANEXO IV

Programación del Monitoreo

PROGRAMACION DEL MONITOREO

Para el desarrollo del proceso del monitoreo usamos Lookout que nos permitirá la configuración de la interfaz para utilizar con los equipos establecidos

MODULO ENSAMBLADOR DE PARTES

El módulo ensamblador de partes tiene como objetivo ensamblar piezas para el proceso de producción en la simulación de una fábrica.

El módulo está compuesto por un palet que va a recorrer sobre la banda transportando llevando la pieza 1 al pasar por el primer sensor de entrada baja el pistón A que detiene al palet, luego se activa el siguiente sensor el cual envía la señal al pistón B para poner la pieza 2 seguidamente regresa el pistón B y el pistón A se eleva para que pueda salir el palet ensamblado de esta manera se termina el proceso.

COMPONENTES DEL ENSAMBLADOR DE PARTES

Palet: Recorre sobre la banda con la Pieza 1.



Pieza 1: Tiene la forma de un rectángulo con un hoyo en el costado para que se introduzca la pieza 2.



Pieza 2: Esta pieza es introducida en la pieza 1, quedando de esta manera ensamblado el rectángulo.

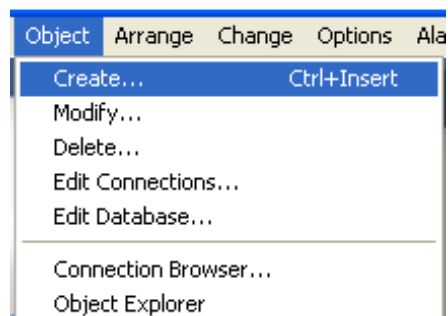


Proceso Monitoreo

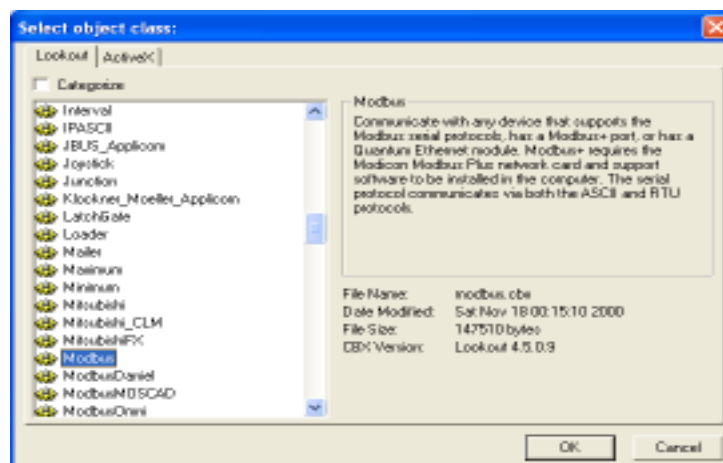
El proceso de monitoreo fue implementado en el programa Lookout el cual nos permite programar y configurar los diferentes componentes para brindar una interfaz fácil de usar para el usuario, a continuación se muestra cada uno de los pasos que se siguieron para el control de los módulos conectados a la red.

Creación de Modbus para el monitoreo del Módulo Ensamblador de Piezas

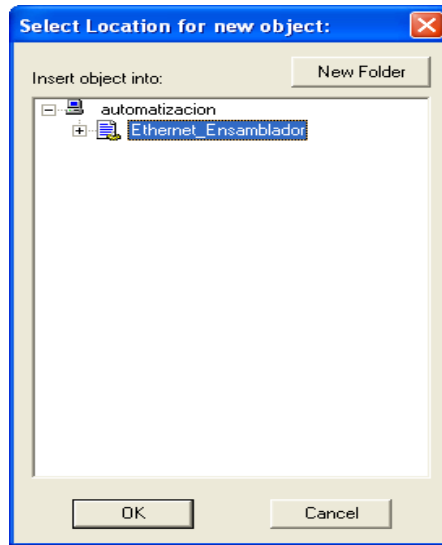
1. En la barra de menús seleccionar Object/Create...



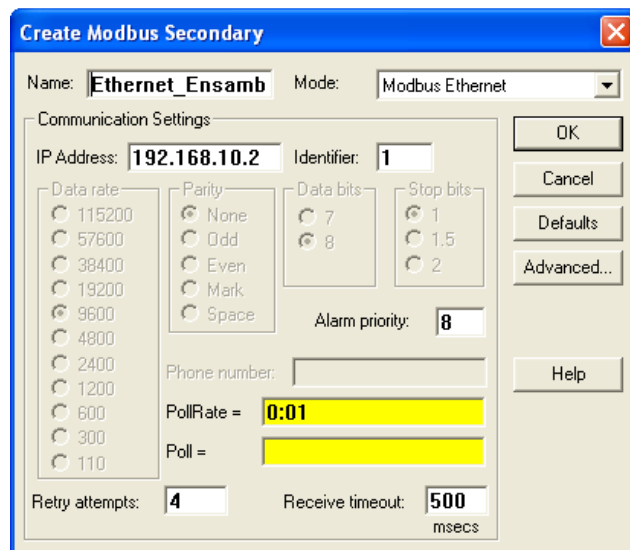
2. En la ventana de objetos seleccionar el componente Modbus y clic en OK.



3. Seleccionar la ubicación del Modbus



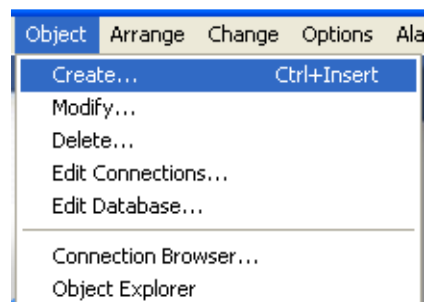
4. Asignar la dirección IP correspondiente, cambiar el modo de Modbus Serial a Modbus Ethernet posteriormente asignar un nombre y clic en OK.



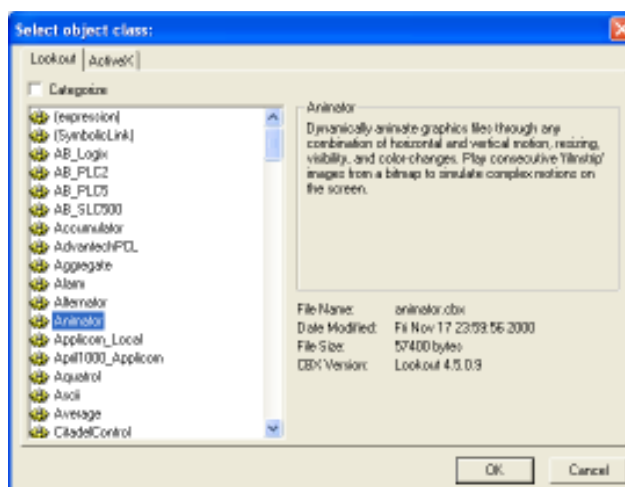
El proceso para el monitoreo del Ensamblador de Piezas es el siguiente:



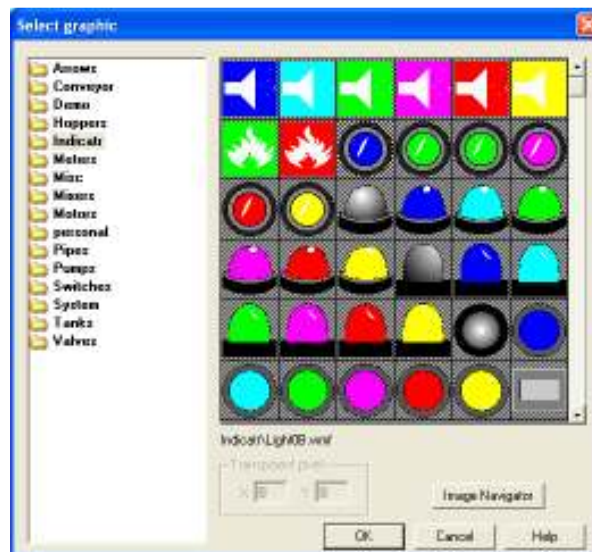
1. Crear un animador, para lo cual hacer clic en la barra de menús seleccionando Object/Create...



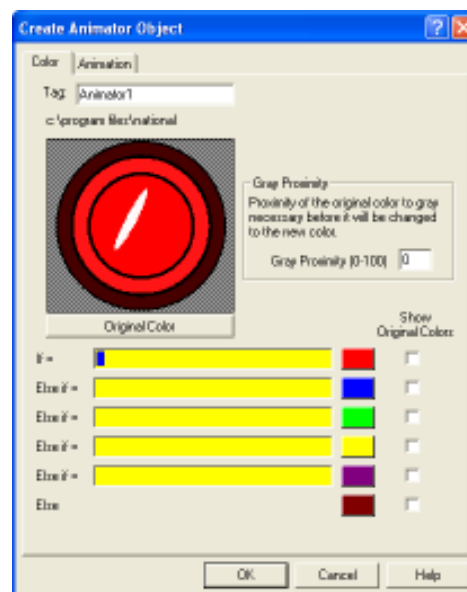
2. Aparece la venta de selección de objetos, escoger Animator seguidamente clic en OK



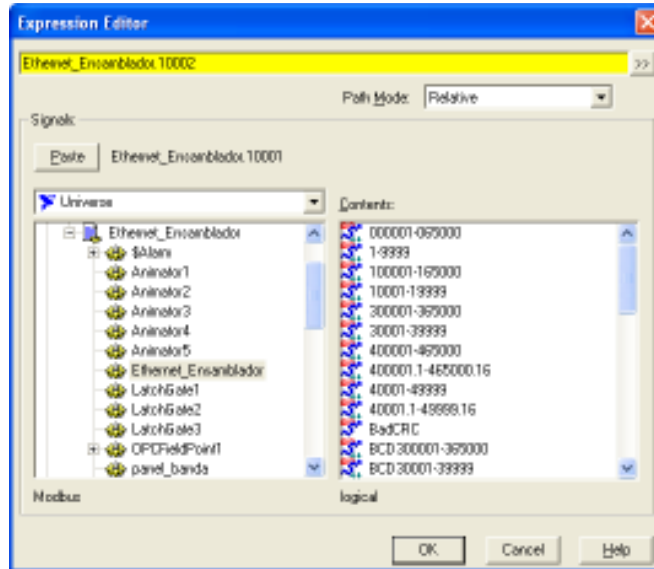
3. Luego en Indicadores seleccionar el que se desee para programar



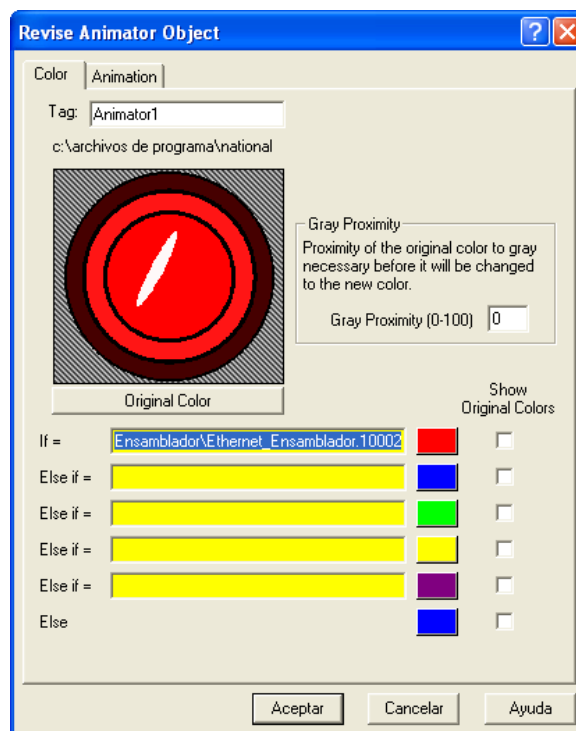
4. Una vez seleccionado el indicador, en la sentencia If clic secundario para proceder con la programación.



5. En la ventana Expression Editor, seleccionar Modbus Ethernet / en contents seleccionar 10001-19999 dar doble clic, en la zona amarilla cambiar el valor de 10001 por 10002 ya que la memoria que se utilizará es la M1 y hay que subir una memoria.

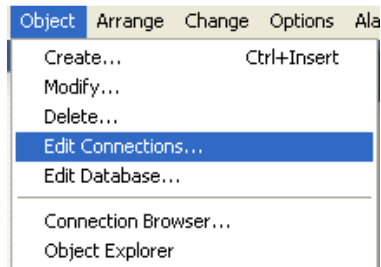


6. Una vez programado el Animador clic en OK

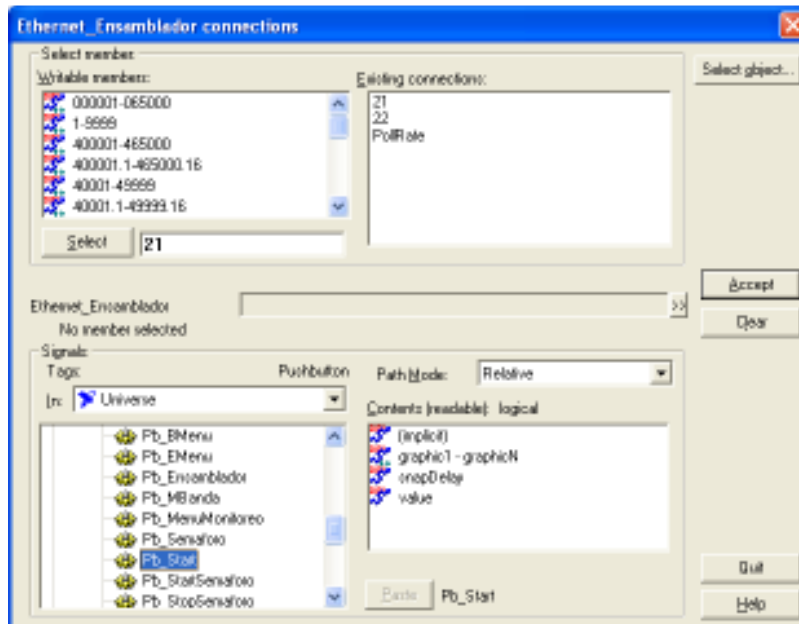


7. Seguidamente insertar dos botones el primero para iniciar el proceso y el otro para finalizarlo, a los cuales se les pone sus correspondientes nombres y propiedades para luego proceder a programar de la siguiente manera:

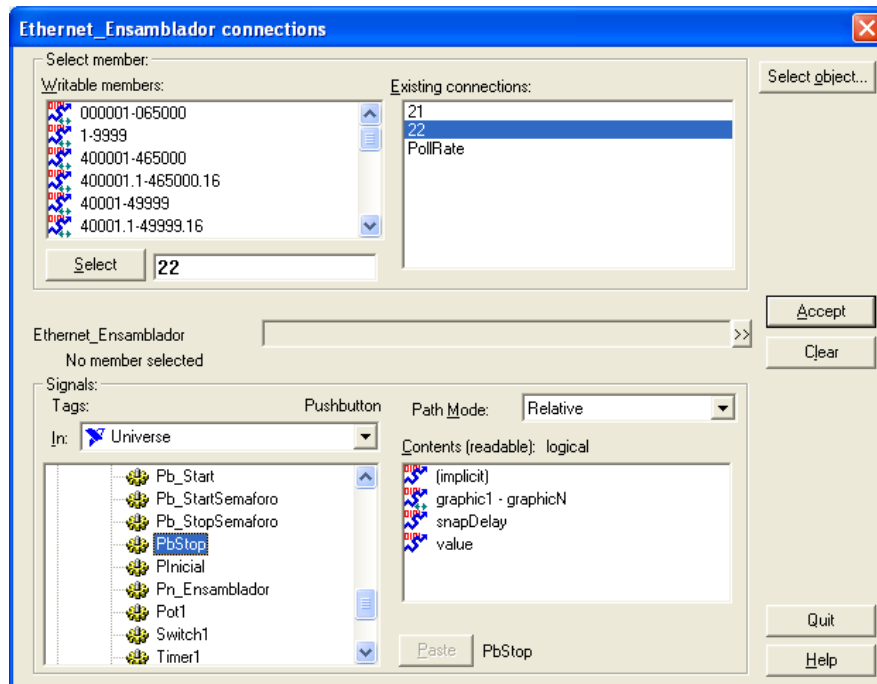
8. Para el botón Start del Ensamblador clic en el menú Object/Edit Connections



9. En la ventana seleccionar 1-9999 poner 21 clic en el botón Select y en la parte inferior izquierda seleccionar Pb_Start, dar doble clic y Aceptar.



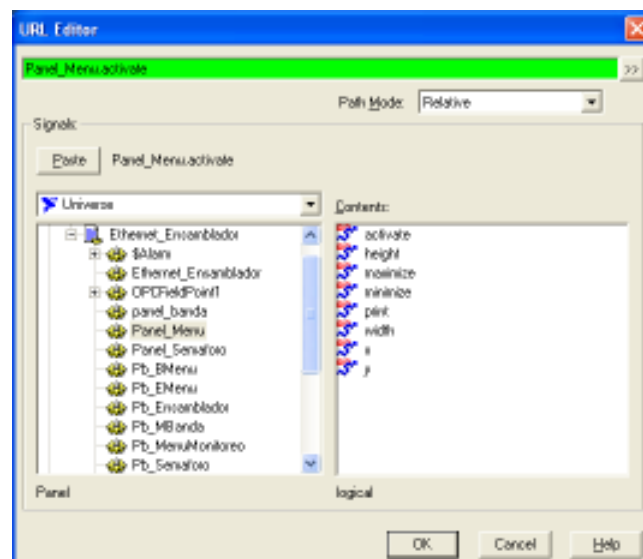
10. Para el botón Stop, repetir el proceso que se realizó para el botón Start, lo único que se debe cambiar es poner la memoria 22 en vez de 21



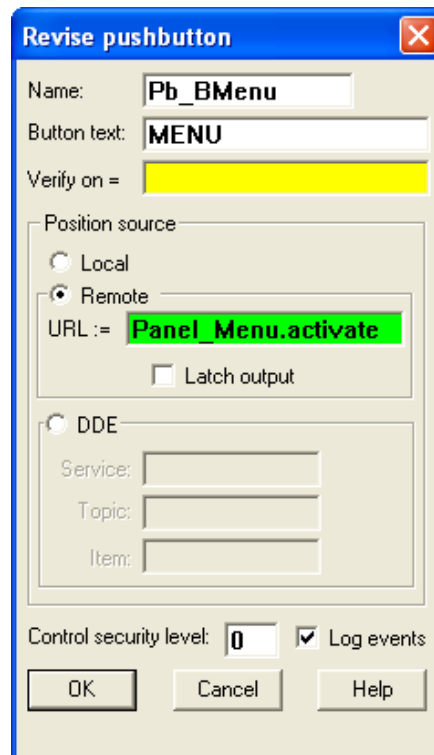
1. Para la programación de los botones menú se siguen los siguientes pasos:



2. Direccionar el botón para que vaya hacia el panel menú

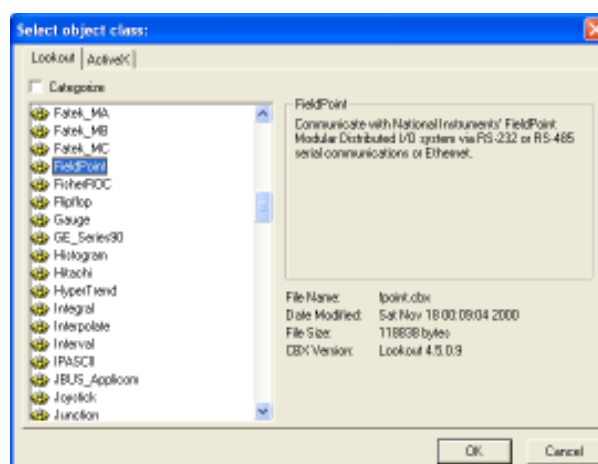


3. Una vez direccionado las opciones de Pushbutton queda así

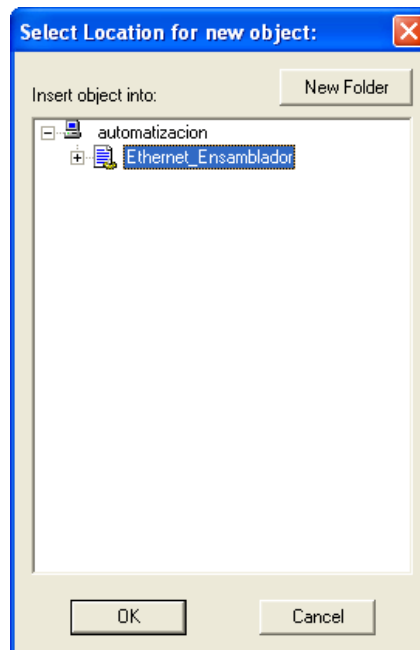


Creación del FieldPoint

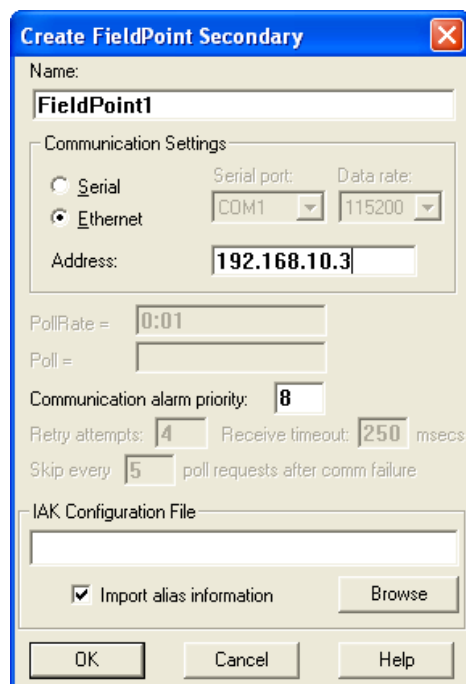
1. En la barra de menús seleccionar Object/Create... seguidamente escoger el driver de FieldPoint, clic en OK



2. Seleccionar la ubicación, clic en OK



3. Poner la dirección IP correspondiente

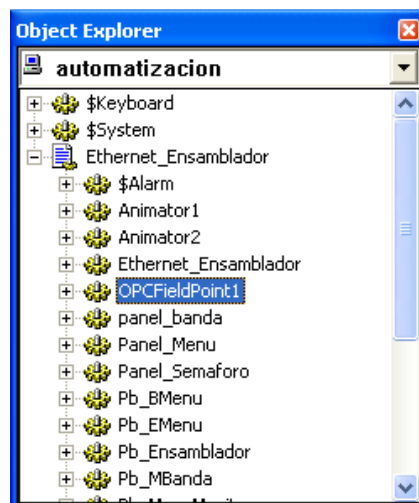


PROGRAMACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA CON FIELDPOINT

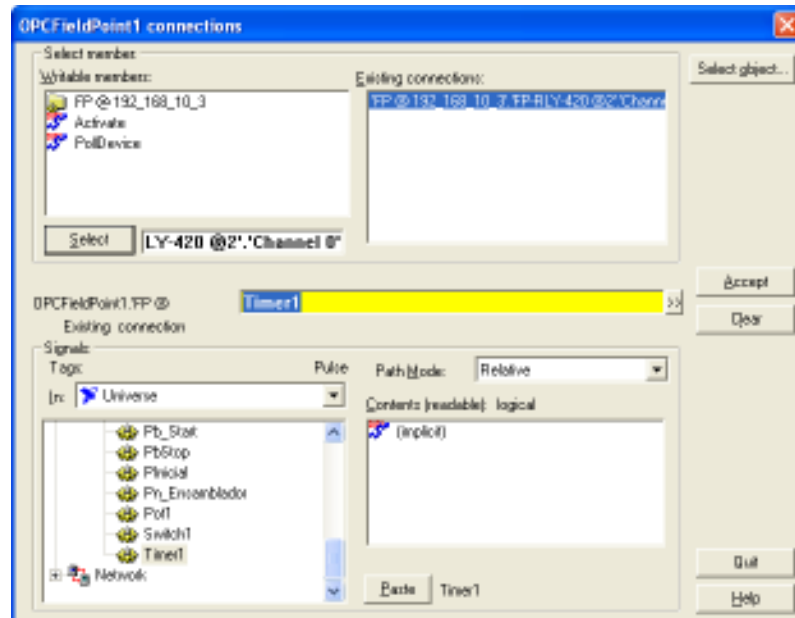
Para la configuración del controlador FieldPoint se siguió el siguiente proceso



1. Para el Switch de la banda transportadora clic botón secundario Edit Connections



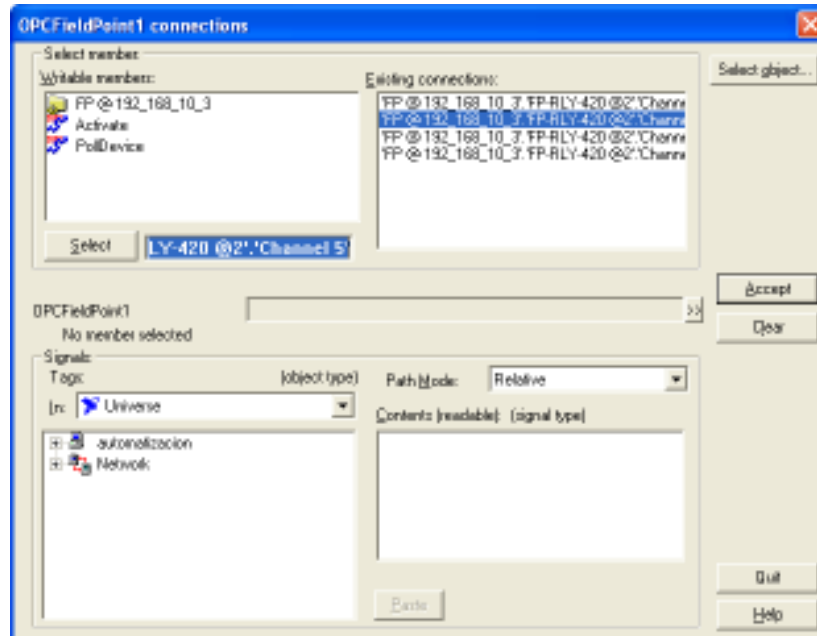
4. En la conexión de OPCFieldPoint direccionar con el Channel 0 y con Timer1 que será el que cuenta el tiempo de ida de la banda transportadora, clic en Aceptar



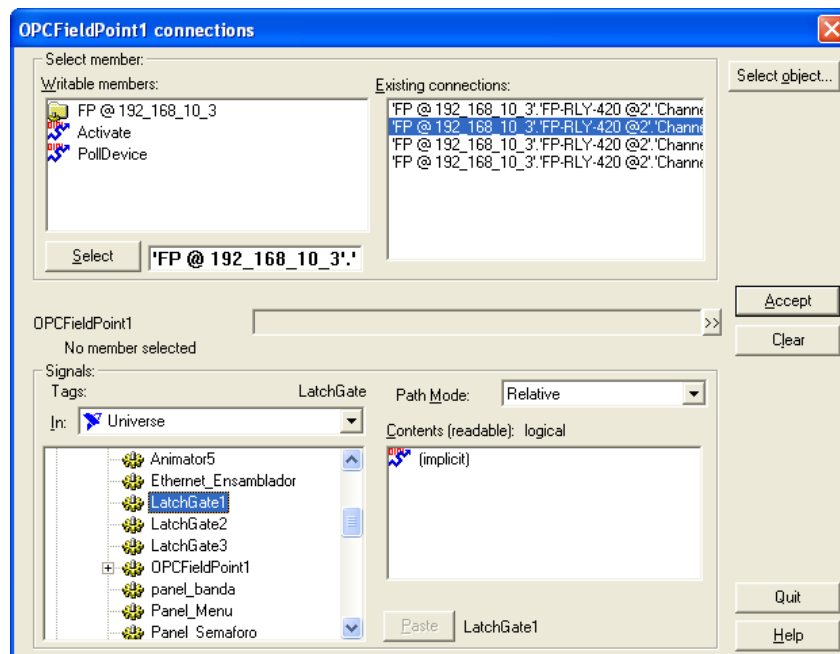
Proceso de monitoreo de Semáforo



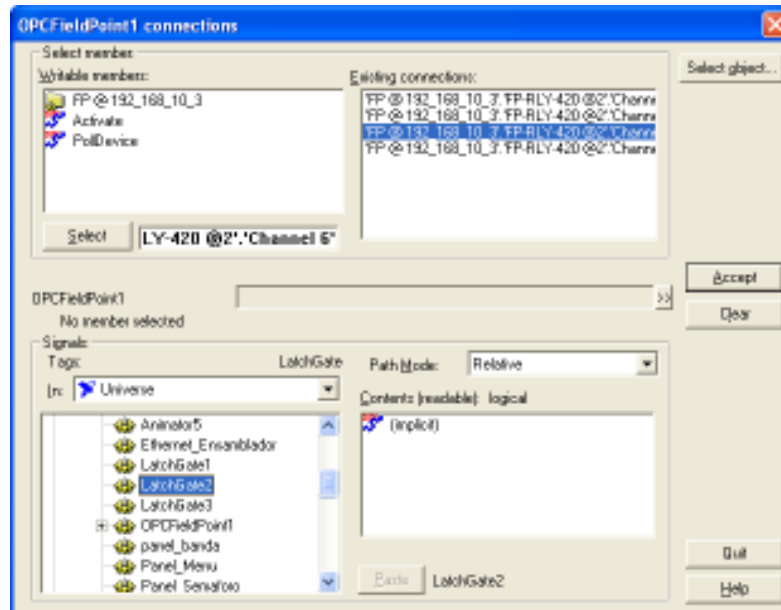
1. Para el control del semáforo utilizar el driver OPCFieldPoint, de acuerdo a los colores rojo, amarillo y verde se le asigna los canales 5,6 y 7 respectivamente.



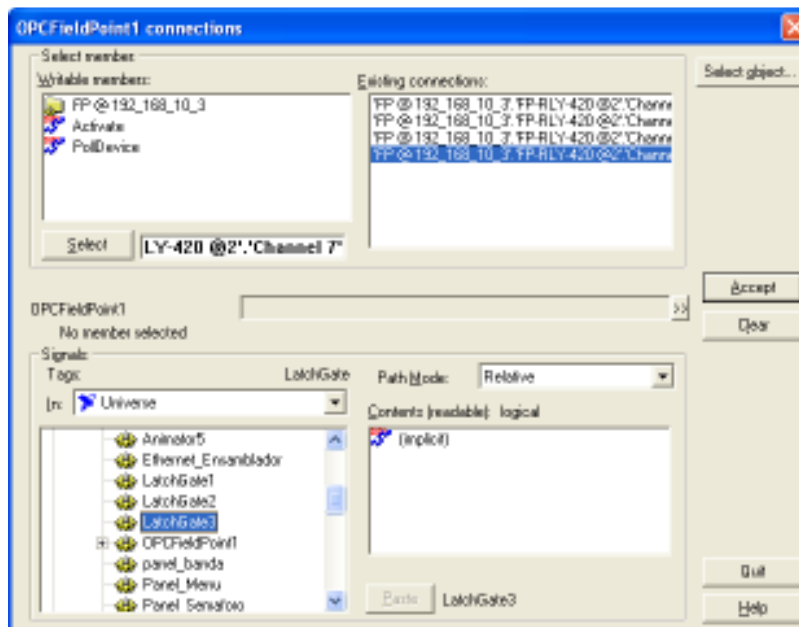
2. Escoger LatchGate1 para el color verde y con el Channel 7



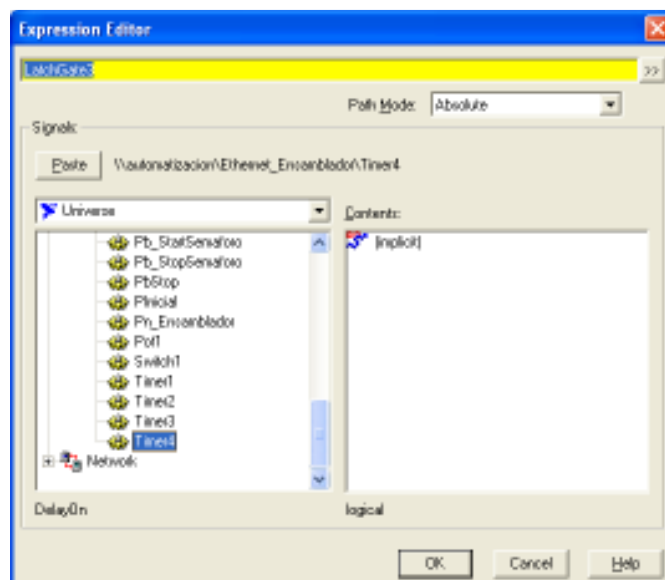
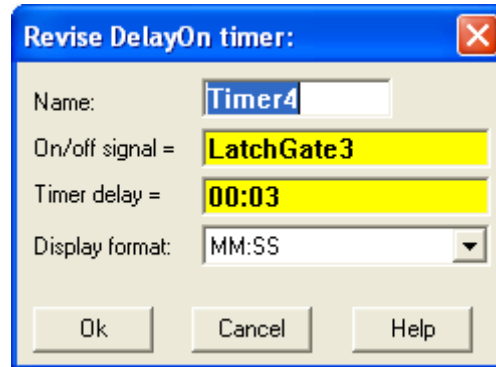
3. Seleccionar LatchGate2 para el color amarillo y con el Channel 6



4. Escoger LatchGate3 para el color rojo con el Channel 5

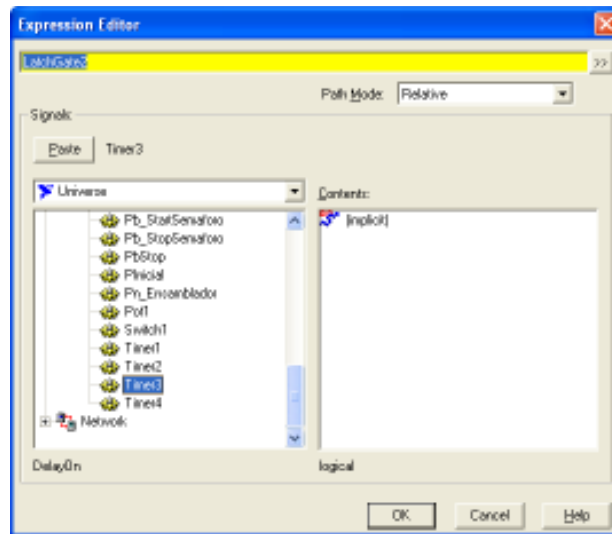


5. A continuación unir los Timer con los respectivos LatchGate para el color rojo el Timer4 con el LatchGate3

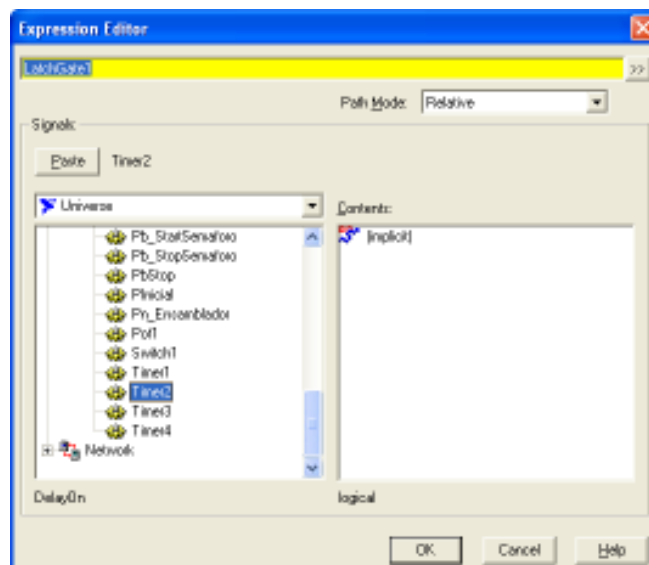


6. Para el color amarillo Timer3 con LatchGate2

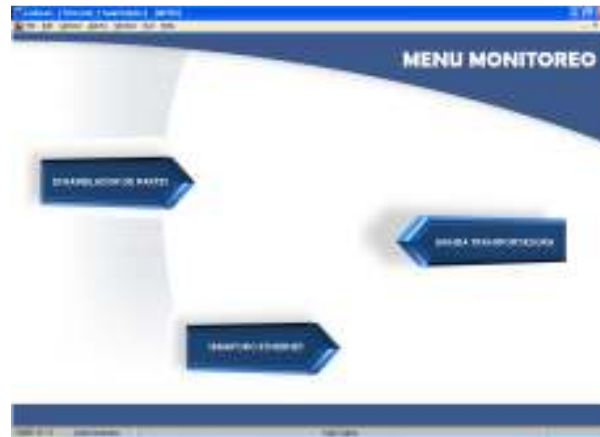




5. Para el color verde Timer2 con LatchGate1

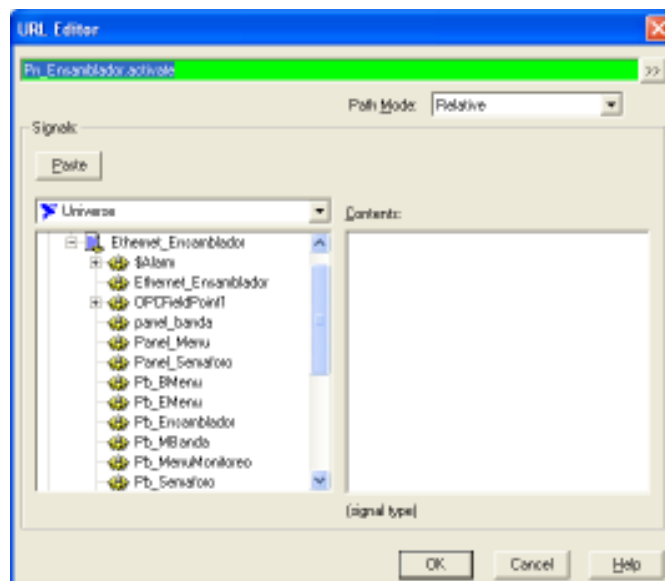


Botones del Panel Menú



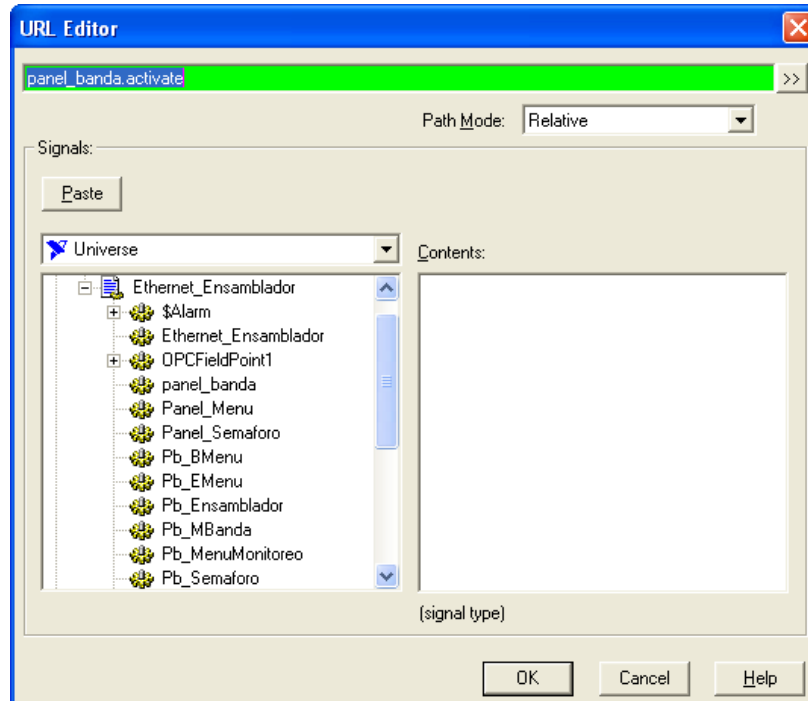
Botón Ensamblador de partes

1. Direcccionar el botón ensamblador de partes al panel Ensamblador



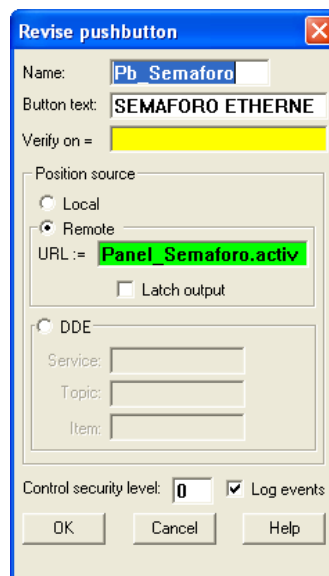
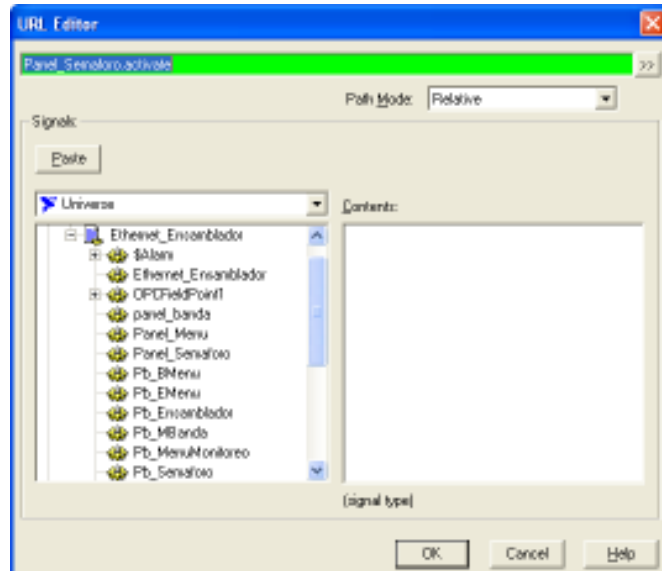
Botón Banda Transportadora

2. Direccionar el Botón de Banda Transportadora al panel de la Banda



Botón Semáforo

3. Direccionamos el Botón Semáforo al panel Semáforo



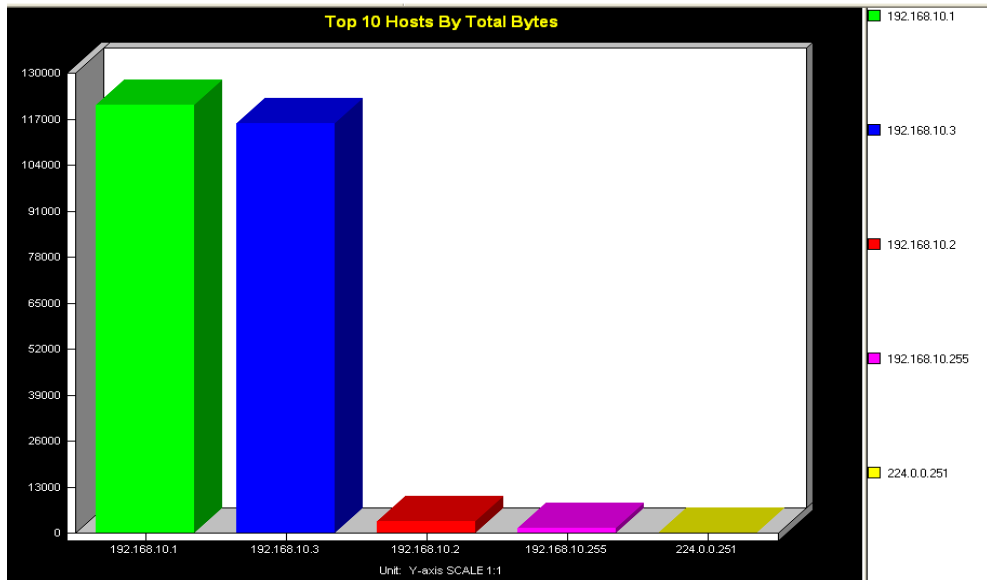
ANEXO V

**Análisis de la red para la
comprobación de la hipótesis**

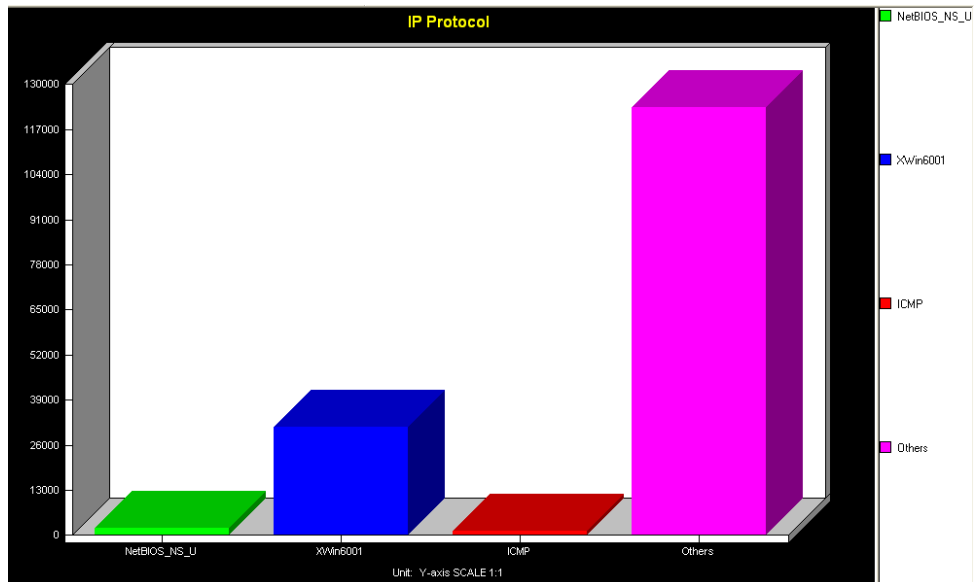
MONITOREO DE LA RED CON SNIFFER PRO

Para la comprobación de la hipótesis hemos tomado estadísticas de la red conectando solo los equipos industriales, obteniendo los siguientes datos:

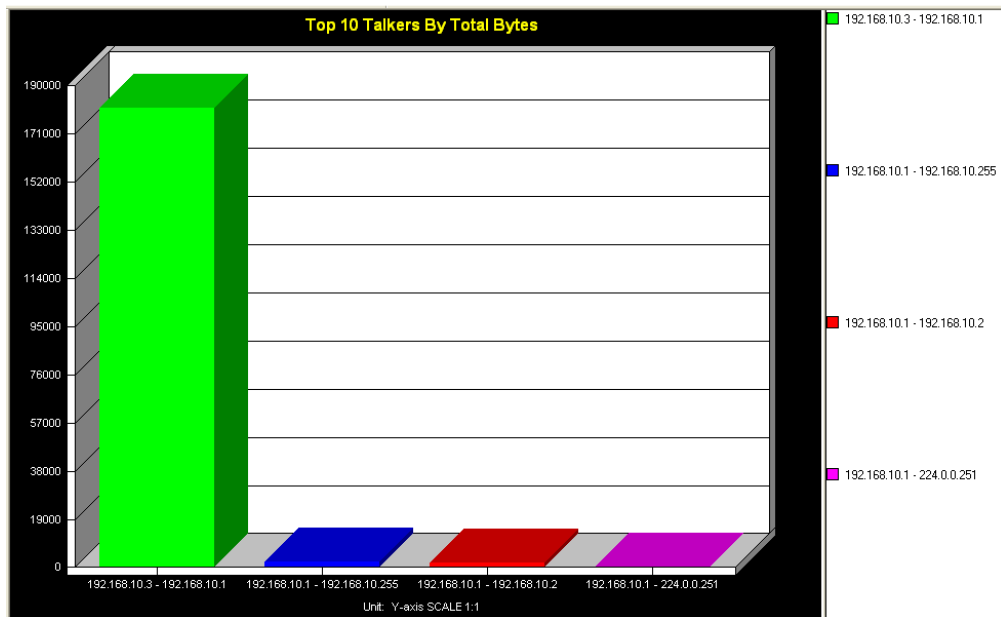
Equipos que Generan Mayor Tráfico de red



Los Protocolos de red más utilizados

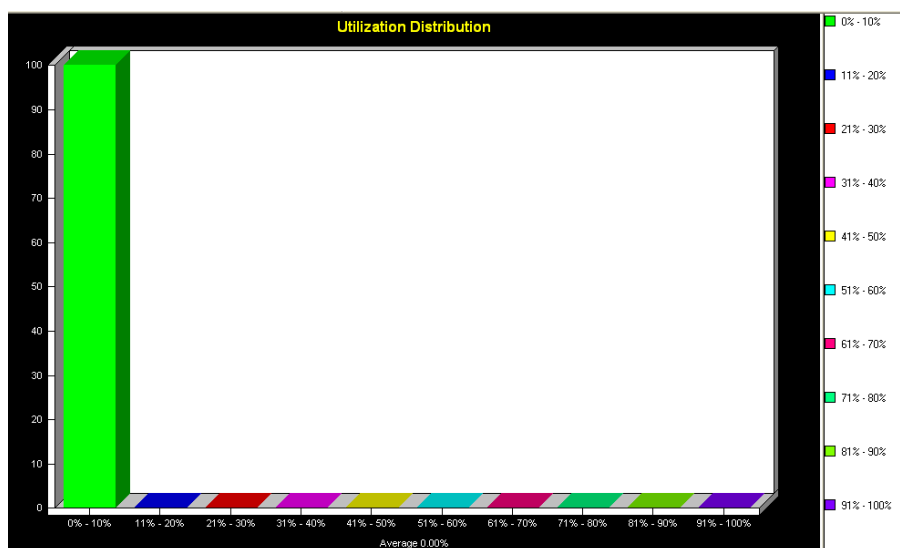


Los equipos que se comunican entre sí y generan tráfico en la red



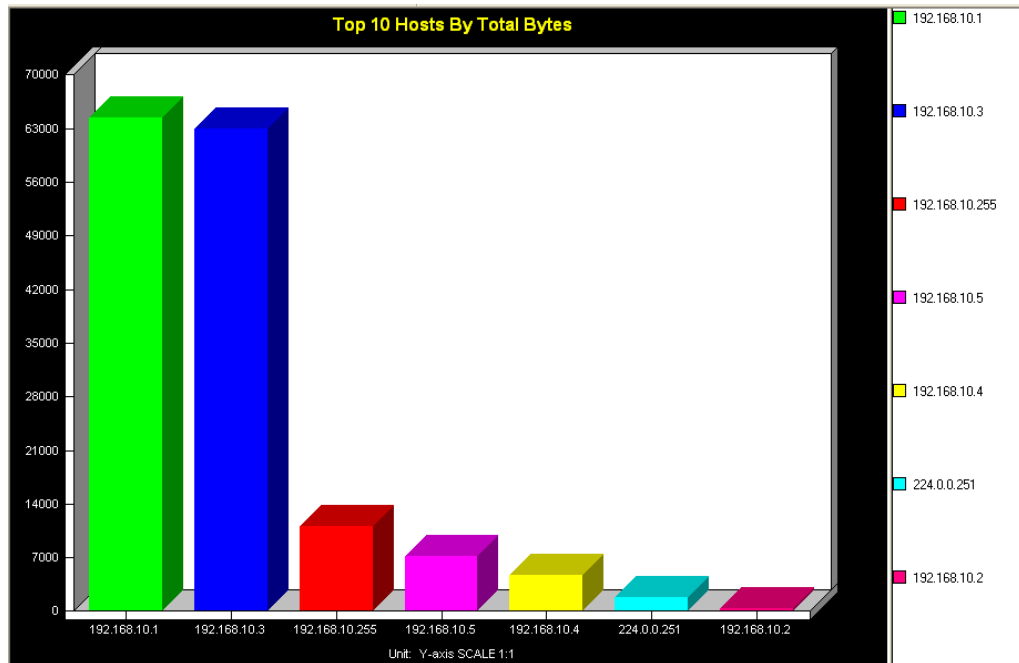
Los equipos que más generan tráfico de red son: la computadora del Monitoreo (192.168.10.1) y el equipo FieldPoint (192.168.10.3) ya que el proceso que mantienen entre ellos se cumple cada tres segundos por la banda transportadora y cada cuatro segundos por el semáforo, haciendo que la comunicación sea mucho más constante que con el PLC TWD20DTK

Utilización de la distribución: se refiere al porcentaje de tiempo en que la red tiene varios niveles de utilización

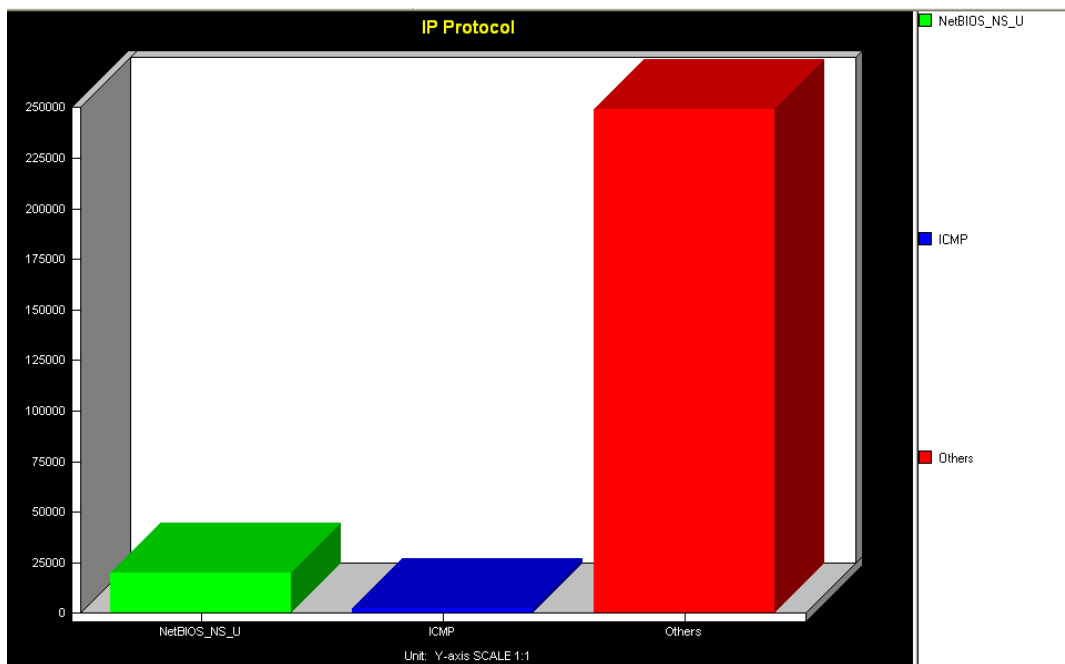


Estadísticas del rendimiento de la red conectando equipos industriales y computadores obteniendo los siguientes datos:

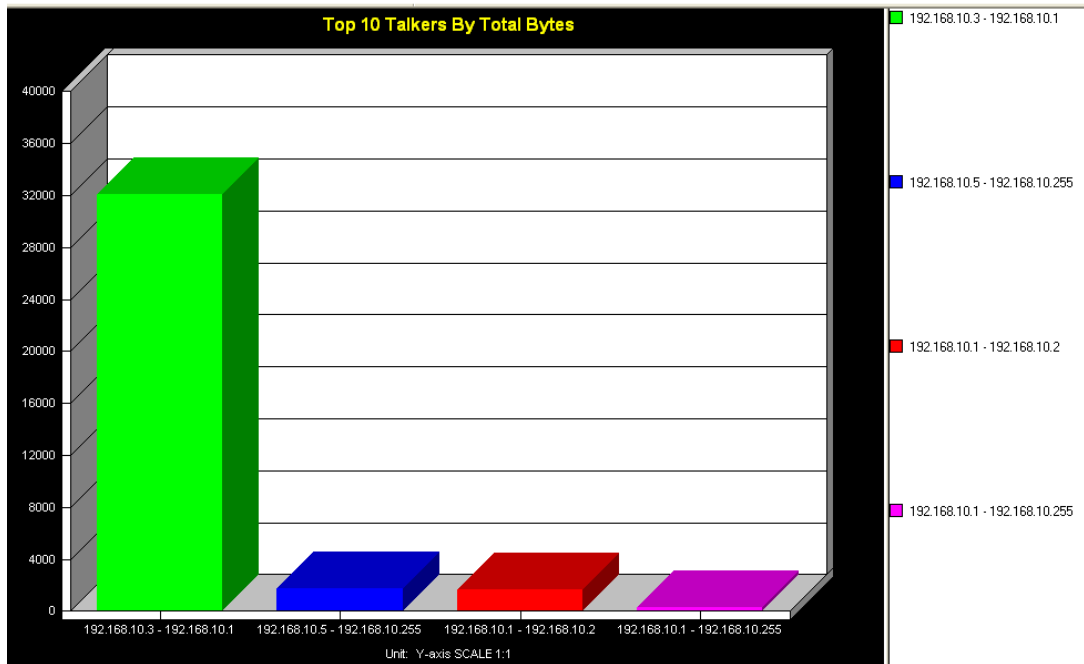
Equipos que Generan Mayor Tráfico de red



Protocolos de red más utilizados



Los equipos que se comunican entre sí y generan tráfico en la red



Análisis

Para realizar la comparación se ha procedido a conectar en primera instancia solo equipos industriales en la red y en segunda instancia conectar los equipos industriales más computadoras para realizar una comparación entre ellas.

Teniendo como resultados:

Red equipos industriales

IP Addr	In Pkts	Out Pkts	In Bytes	Out Bytes	Broadcast	Multicast	Update Time	Create Time
192.168.10.1	2,960	2,849	199,442	201,832	0	2	13/07/2010 10:45:18.143.235	13/07/2010 10:27:31.264.151
192.168.10.2	63	41	4,288	2,866	0	0	13/07/2010 10:45:03.48.954	13/07/2010 10:28:13.839.973
192.168.10.3	2,724	2,919	191,626	196,576	0	0	13/07/2010 10:45:18.143.235	13/07/2010 10:27:31.264.151
192.168.10.255	60	0	5,760	0	0	0	13/07/2010 10:44:34.811.481	13/07/2010 10:27:57.388.379
224.0.0.251	2	0	158	0	0	0	13/07/2010 10:38:39.379.706	13/07/2010 10:30:07.395.515

Red equipos industriales más computadoras de oficina

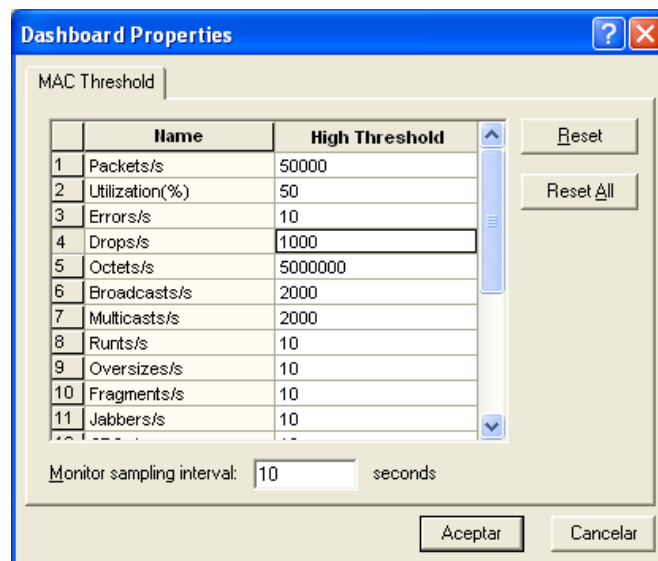
IP Addr	In Pkts	Out Pkts	In Bytes	Out Bytes	Broadcast	Multicast	Update Time	Create Time
192.168.10.2	20	10	1,360	700	0	0	13/07/2010 11:15:02.340.90	13/07/2010 11:00:02.30.940
192.168.10.3	2,406	2,507	169,499	169,208	0	0	13/07/2010 11:15:37.171.641	13/07/2010 10:59:42.942.573
192.168.10.4	4	10	312	888	0	0	13/07/2010 11:07:12.280.1	13/07/2010 11:00:40.233.876
192.168.10.5	2	2	216	228	0	0	13/07/2010 11:13:29.39.591	13/07/2010 11:13:29.38.748
192.168.10.255	71	0	6,852	0	0	0	13/07/2010 11:14:40.474.279	13/07/2010 11:00:07.528.107
automatizacion	2,521	2,495	170,220	177,435	0	0	13/07/2010 11:15:37.171.641	13/07/2010 10:59:42.942.573

Se puede observar que el tráfico de la red aumenta al tener conectado los equipos industriales y las Pc's consumiendo de esta manera mayores recursos de red ya que las solicitudes de aumentan al existir más equipos.

La velocidad de la transmisión no mejora al tener solo una red industrial ya que los equipos conectados a la red tienen establecidas velocidades fijas en su fabricación. Los equipos utilizados en esta red fueron diseñados para trabajar a una velocidad de transmisión de 10/100Mbps.

Tomando en cuenta los datos tomados y la opinión de los expertos se puede concluir que es recomendable separar la red industrial de la red administrativa dentro de una empresa ya que los usuarios al consumir mayores recursos de red como solicitudes a páginas web, chat, correo electrónico consumen mayores recursos, mermando de esta manera el rendimiento de la misma y produciendo errores que paralizarían no solamente el área administrativa sino también la productiva.

En la siguiente tabla se muestra un resumen del rendimiento de la red industrial con algunos parámetros que permiten el análisis de la misma



El paquete modbus/TCP se encapsula en una trama del paquete TCP en los cuales incluyen los datos y funciones necesarios para la comunicación con el autómata enviando paquete solamente cuando requiere dar una orden hacia el equipo que actúa como esclavo.