



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

ESTUDIO DEL PROCESO DE TOMA DE DECISION PARA ACTUALIZAR LAS ARQUITECTURAS DE MANEJO DE SEÑALES DIGITALES APLICADAS AL CONTROL DE PROCESOS

Juan Manuel Ixquiactap Tuc

Asesorado por: el Ing Jorge Díaz Schneider.

Guatemala, septiembre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN
PARA ACTUALIZAR LAS ARQUITECTURAS DE
MANEJO DE SEÑALES DIGITALES APLICADAS AL
CONTROL DE PROCESOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN MANUEL IXQUIACTAP TUC

ASESORADO POR EL ING. JORGE DÍAZ SCHNEIDER

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Manuel Fernando Barrera Pérez
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Córdova Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

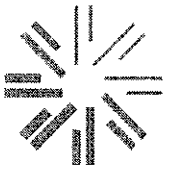
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DEL PROCESO DE TOMA DE DECISION PARA ACTUALIZAR LAS ARQUITECTURAS DE MANEJO DE SEÑALES DIGITALES APLICADAS AL CONTROL DE PROCESOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fecha 20 de septiembre de 2005.

Juan Manuel Ixquiactap Tuc



Pantaleon

Ingenio Pantaleón
Km 86.5 Carretera CA-2, Siquinalá
Escuintla, Guatemala
PBX (502) 7879-4000
Fax (502) 7879-4003

Guatemala, 21 de agosto de 2006.

Ing. Renato Escobedo
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado Ing. López:

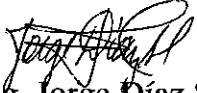
Por este medio le estoy enviando una copia de mi resumen curricular, de acuerdo a lo solicitado por Juan Manuel Ixquiactap, estudiante de Ingeniería Electrónica de esa Universidad (Carné 9516425). El Sr. Ixquiactap se encuentra realizando los trámites de finalización de su ejercicio profesional supervisado (EPS), mismo que realizó en esta empresa.

Sin otro particular,



Pantaleon

Ingenio Pantaleón, S. A.
División Industrial


Ing. Jorge Díaz Schneider.
Coordinador de Investigación y Desarrollo
Pantaleon S.A.
Colegiado No. 6615



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
Tel. 24423509

Guatemala, 09 de agosto de 2006
Ref. EPS. C. 391.08.06

Ing. Angel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, **JUAN MANUEL IXQUIACTAP TUC**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es titulado **"ESTUDIO DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN PARA ACTUALIZAR LAS ARQUITECTURAS DE MANEJO DE SEÑALES DIGITALES APLICADAS AL CONTROL DE PROCESOS"**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

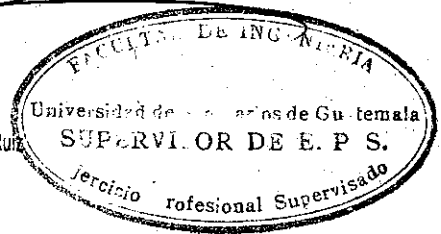
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"En Unidad a Dios"

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Colegiado 6271

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica – Eléctrica



KIER/jm



Guatemala, 09 de agosto de 2006
Ref. EPS. C. 391.08.06

Ing. Renato Escobedo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Escobedo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“ESTUDIO DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN PARA ACTUALIZAR LAS ARQUITECTURAS DE MANEJO DE SEÑALES DIGITALES APLICADAS AL CONTROL DE PROCESOS”**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **JUAN MANUEL IXQUIACTAP TUC**, quien fue asesorado por el Ing. Max Letona y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

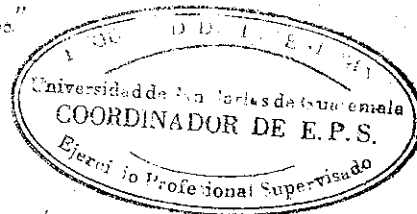
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la **APROBACION DEL MISMO** por parte del asesor y supervisor, **ESTA COORDINACION TAMBIEN APRUEBA SU CONTENIDO**; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Dá y Enseñad a Todos”

Ing. Angel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS



ARSG/jm



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Juan Manuel Ixquiactap Tuc titulado: ESTUDIO DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN PARA ACTUALIZAR LAS ARQUITECTURAS DE MANEJO DE SEÑALES DIGITALES APLICADAS AL CONTROL DE PROCESOS, procede a la autorización del mismo.

Ing. ~~María Renata Escobedo Martínez~~

DIRECTOR

GUATEMALA, 29 DE AGOSTO 2006.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN PARA ACTUALIZAR LAS ARQUITECTURAS DE MANEJO DE SEÑALES DIGITALES APLICADAS AL CONTROL DE PROCESOS** presentado por el estudiante universitario Juan Manuel Ixquiactap Tuc, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, septiembre 7 de 2,006

/gdech

Todo por ti, Carolingia Milla
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

AGRADECIMIENTO A:

DIOS

Por haberme permitido culminar este trabajo, dándome la fuerza y el entendimiento necesario.

MIS PADRES

Juan Bautista y Marta

MIS HERMANAS

Marta Alicia, Clara Isabel, Maria Magdalena,
Heidi Mariana

MI ESPOSA

Glendy Xiomara

MI HIJO

Diego Alejandro

MI ASESOR

Jorge Díaz Schneider

A LA EMPRESA

Ingenio Pantaleon S.A.

DEDICATORIA A:

La memoria de mi hijo
JUAN MANUEL IXQUIACTAP HERNANDEZ

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	1
1.1 Reseña histórica	1
1.2 Misión de la empresa	2
1.3 Visión de la empresa	2
2. FUNDAMENTOS GENERALES	5
2.1. Modelo de red	5
2.2. Niveles de redes	5
2.2.1. Nivel elemental	5
2.2.2. Nivel intermedio	6
2.2.3. Nivel de procesamiento	6
2.2.3.1 Control centralizado	6
2.2.3.2 Control multicapa	7
2.2.3.3 Control Jerárquico	7
2.2.3.4 Control distribuido	8
2.3 Redes de comunicación	8
2.3.1 Red Jerárquica	9
2.3.2 Red en bus	10

2.3.3	Red en anillo	10
2.4	Modelo de referencia OSI	12
2.4.1	Capas del modelo OSI	13
2.4.1.1	Nivel físico	14
2.4.1.2	Nivel de enlace de datos	15
2.4.1.3	Nivel de red	17
2.4.1.4	Nivel de transporte	18
2.4.1.5	Nivel de sesión	19
2.4.1.6	Nivel de presentación	20
2.4.1.7	Nivel de aplicación	21
2.5	Comunicación en entorno industrial	22
2.5.1	Transformación de señales analógicas	23
2.5.2	Conversión analógica /digital (ADC)	24
2.5.3	Conversión digital/analógica (DAC)	26
2.5.4	Intercomunicación	26
2.5.5	Codificación	30
2.5.6	Direccionalidad	33
2.5.7	Protocolos de comunicación	34
2.5.7.1	Velocidad de propagación	37
2.5.7.2	Velocidad de transmisión	37
2.5.7.3	Velocidad de modulación	38
2.5.7.4	Relación entre la velocidad de transmisión y modulación	38
2.5.7.5	Relación entre la velocidad de transmisión y las frecuencias	38
2.5.7.6	Criterio de Nyquist	39
2.5.7.7	Sincronización de bit o reloj	39
2.5.7.8	Sincronización de caracteres	40

3	ARQUITECTURAS DE BUSES DE CAMPO PROPUESTAS	43
3.1	Remote input/output de Allen Bradley	43
3.1.1	Conexión con adaptadores	43
3.1.2	Datos discretos	46
3.1.3	Bloque de datos de transferencia	47
3.1.4	Comunicación Secuencial	52
3.1.5	Configuración de archivos	56
3.2	Profibus	59
3.2.1	Funciones de profibus	62
3.2.2	Construcción de profibus	62
3.2.3	Profibus y el modelo OSI	64
3.2.4	Profibus DP	65
3.2.4.1	Conector profibus DP	69
3.2.4.2	Tipos de transmisión	71
3.2.4.2.1	SRD	71
3.2.4.2.2	SDN	71
3.2.4.3	Formato de caracteres de profibus DP	72
3.2.4.4	Velocidad del bus	73
3.2.4.4.1	Bit time	74
3.2.4.4.2	Sync time	74
3.2.4.4.3	Slave reaction time	74
3.2.4.4.4	Initiator delay time	75
3.2.4.4.5	Initiator idle time	75
3.2.4.4.6	Minimum slave interval	76
3.2.4.5	Requerimiento de software	77

4	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN	79
4.1	Especificaciones de equipos instalados	79
4.2	Especificaciones de equipos a instalarse	82
4.3	Análisis de costos comparativos	85
4.4	Análisis de las dos arquitecturas	88
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	93
	BIBLIOGRAFÍA	95
	ANEXOS	97
1	OTRAS ARQUITECTURAS EXISTENTES	97
1.1	INTERBUS	97
1.2	DEVICENET	97
1.3	FOUDATION FIELDBUS	98
1.4	FIP – WORLDFIP	99
1.5	LONWORKS	99
1.6	SDS	100
1.7	CANOPEN	100
1.8	MODBUS	101
1.9	ASI	101
1.10	BITBUS	102
1.11	ARCNET	102
1.12	CONTROLNET	102
1.13	HART	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Control centralizado	7
2. Control de supervisión	7
3. Control de distribuido	8
4. Red Jerárquica	9
5. Red en bus	10
6. Red en anillo	11
7. Conversor digital/analógico	24
8. Conversor analógico/digital	25
9. Tipo de intercomunicación analógico	27
10. Tipo de intercomunicación	28
11. Diagrama de codificación	31
12. Diagrama de codificación de bits	32
13. Flujos de comunicación	33
14. Enlace de datos	35
15. Cuadro, Broque o Datagrama	36
16. Conector Remote I/O	44
17. Indicaciones de interfase	45
18. Diagrama de PLC con adaptadores	47
19. Transferencia de bloques	48
20. Bloque de códigos	49
21. Base de datos Remote I/O	50
22. Conexión entre redes Remote I/O	51
23. Escaneo de dispositivos	52
24. Palabras de cabecera	55

25. Archivo de conexión Remote I/O	57
26. Tipos de Profibus	61
27. Ciclo de interrogación masters – esclavos	67
28. Conector Profibus DP	69
29. Características cable profibus	70
30. Transferencia de palabras profibus	73
31. Tiempos de transferencia de palabras profibus	76
32. Diagrama de control de procesos (Remote I/O)	79
33. Diagrama de distribución centralizado de señales	81
34. Diagrama de control de procesos (profibus)	83

TABLAS

I. Modelo OSI	13
II. Características conexión física, principales interfases físicas de bases de campo, redes industriales	30
III. Valores de resistencia según velocidad y capacidad	46
IV. Palabras de entrada – salida Remote I/O	47
V. Tamaño de adaptador Remote I/O	54
VI. Parámetros Remote I/O	58
VII. Características cable profibus	70
VIII. Formato de caracteres Profibus DP	72
IX. Comparativo costos	86
X. Comparativo características cualitativas	87
XI. Comparativo arquitecturas	88,89,90

GLOSARIO

AP

Automation Protocol, Protocolo de automatización.

ASIC

Circuito integrado de aplicación específica.

AS-INTERFACE

Red para la conexión directa de sensores y actuadores binarios sencillos, transmisión de reducidas cantidades de información.

ATM

Modo de transferencia asíncrona.

AUTONEGOCIACION

Los equipos terminales de datos (DTEs) de la red acuerdan un modo de transmisión que dominen antes de la transmisión propiamente dicha de los datos. Este modo de transmisión puede ser de 100 Mbit/s ó 10 Mbit/s.

AWG

Norma estadounidense, también conocida por *Brown and Sharp (B&S) Wire Gauge*. Especifica el diámetro de los cables de cobre.

BPS

Es el número de las tramas que se transportan o se procesan por la unidad del tiempo. Se cuantifica usando una trama por unidad del segundo (bit/s) o algún derivado tal como Mbit/s.

COM

Configuración del mantenimiento de software de configuración para procesadores de comunicaciones.

COMUNICACION DE PROCESO O CAMPO

La comunicación de proceso o campo sirve para conectar actuadores/sensores a una CPU.

CP

Tarjeta/módulo de interfase para funciones de comunicación.

CPU

Unidad central de procesamiento de datos.

DP

Tarjetas (módulos) de entrada o salida utilizadas de forma descentralizada por la CPU (unidad central del autómatas). La conexión entre el PLC y los periféricos descentralizados se puede realizar a través del sistema de bus.

FDX

Capacidad de un equipo para enviar y recibir simultáneamente datos. En caso de detección de colisión se desactiva el modo Full Duplex. Un equipo con capacidad Full Duplex permite almacenar en memoria transitoria paquetes de datos.

HMI

Interface humana máquina de productos/sistemas de manejo y visualización en Siemens.

IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineers, Instituto de electricidad e Ingenieros electrónicos.

IEEE 802

Comité para la elaboración de estándar para las redes LAN/WAN.

IEEE 802.11

Estándar para redes de radiotransmisión en banda de 2,4 GHz con velocidades de transmisión de 2 Mbit/s.

IEEE 802.11a

Estándar para redes de radiotransmisión en banda de 5 GHz con velocidades de transmisión de 54 Mbit/s.

IEEE 802.11b

Estándar para redes de radiotransmisión en banda de 2,4 GHz con velocidades de transmisión de 11 Mbit/s.

IEEE 802.3

Grupo de trabajo para la red Ethernet.

IEEE 802.3u

Grupo de trabajo para la red Fast Ethernet.

IP

El protocolo IP aislado no tiene conexiones ni validez. La información más importante es la dirección IP unívoca. Los bloques de datos se envían de forma separada al computador de destino.

ISO

Organización Interacional de Estandarización.

LAN

Local Area Network Red local de área.

MAP

Norma internacional para protocolos de automatización.

OPC

Estándar para acceder a los datos del proceso.

PCI

Bus interno de un PC PCMCIA Personal Computer.

PLC

Controlador lógico programable.

PMC

Control modular programable.

PROTOCOLO

Instrucción de procedimiento para la transferencia de datos en la transmisión. Con esta norma se definen tanto los formatos de los mensajes como, también, el flujo de datos en la transmisión de datos.

RAM

Memoria de acceso aleatorio.

TCP/IP

Estándar de protocolo para la comunicación con Ethernet en todo el mundo.

TOKEN

Patrón de bits con función de control en redes; con frecuencia es idéntico a la autorización para envío.

TOKEN PASSING

Procedimiento de acceso sin colisión; la autorización para envío circula entre las estaciones del bus que forman un anillo lógico.

TOPOLOGIA

Tipo del tendido de cables entre las estaciones.

TRAMA

Estructura formada por una serie de elementos entrecruzados.

WAN

Red de área extensa Red de datos con un diámetro de cobertura de más de 50 km.

RESUMEN

Cada vez, es más necesario en la industria disponer de dispositivos inteligentes para realizar el control o la supervisión remota de diferentes procesos. El ingenio Pantaleón cuenta con varios procesos de producción para convertir la caña de azúcar en azúcar comestible y otros derivados. Estos procesos son controlados por una arquitectura digital que se tiene en consideración cambiar, ya que, tiene limitantes en expansión de señales no discretas, velocidad de transmisión, capacidad de bloques de información, además de estar basado actualmente en una arquitectura abierta.

Para ello, se tiene como propuesta realizar la actualización, tomando en cuenta la menor cantidad de cambios de dispositivos en campo, monitoreo y supervisión. Hay muchos tipos diferentes de arquitecturas en uso y muchos son, altamente, dependientes de las aplicaciones; Profibus DP es una arquitectura que se acopla al esquema que se plantea para realizar la actualización.

Profibus es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica, enormemente, la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento.

También, hay que tener en cuenta que las prestaciones del sistema mejoran con el uso de la tecnología de los buses de campo, las mediciones de los distintos elementos de la red están disponibles para todos los demás dispositivos. La simplificación en la obtención de datos permitirá el diseño de sistemas de control más eficientes. Por ello, se analiza en este estudio la toma de decisión de la arquitectura

digital profibus DP para realizar la actualización de los procesos de producción en la fábrica de ingenio Pantaleón.

OBJETIVOS

- **General**

Describir, analizar y presentar las diferencias entre dos arquitecturas -Remote Input Output y Profibus DP- y sus principales características para delimitar el proceso de toma de decisión y determinar la mejor forma de actualizar la arquitectura de manejo de señales digitales aplicadas al control de procesos en un ingenio azucarero.

- **Específicos**

1. Familiarizarse con la arquitectura Remote Input Output y Profibus DP.
2. La aplicación de los conocimientos y capacidades profesionales en la empresa seleccionada, bajo los lineamientos de la carrera de Ingeniería Electrónica.
3. Realización del estudio según los lineamientos indicados en el reglamento de EPS.
4. Documentar las características, lineamientos y de las dos arquitecturas -Remote Input Output y Profibus DP-, para definir claramente sus ventajas y exponer las razones por las cuales el cambio mejora la comunicación digital y el intercambio de datos.
5. Describir la mejora en la productividad del proceso con el cambio de arquitectura, comparando la reducción de fallas en el sistema de control.

6. Comparar los costos de ambas arquitecturas digitales en tecnología, materiales y mano de obra para su implementación.

INTRODUCCIÓN

El control de procesos industriales, generalmente, involucra el procesamiento de información en tiempo real por lo que depende de las mediciones precisas de los dispositivos instalados dentro y fuera de una fabrica. En este caso, en la industria azucarera, el ingenio Pantaleón es pionero en la búsqueda de eficiencia y rentabilidad en sus procesos y tiene previsto el cambio de arquitectura de comunicación con sus dispositivos periféricos. Actualmente, el proceso se basa en la arquitectura Remote input/output propiedad de Allen Bradley y necesita solucionar varios problemas que tiene con esta tecnología. Por ello, con el apoyo de Ingenio Pantaleon, se procedió él estudió del proceso de toma de decisión para actualizar arquitecturas de manejo de señales digitales aplicadas al control de procesos.

Debido a las necesidades existentes de velocidad de respuesta y estabilidad del sistema, se propuso cambiar esta arquitectura por un estándar europeo denominado Profibus DP. Esta Arquitectura ofrece mayores ventajas para diversas aplicaciones en campo.

Se analizaron las diferencias entre dos arquitecturas Remote Input Output y Profibus DP y sus principales características para mejorar en la comunicación digital. Se estudió, también, el intercambio y procesamiento de datos del sistema de control del proceso azucarero, aplicando conocimientos y capacidades profesionales, bajo los lineamientos de la carrera de Ingeniería Electrónica.

Con el mejoramiento de los procesos en la industria azucarera y la resolución de los problemas que se tienen en fallas correctivas de comunicación digital y transferencia de información a dispositivos periféricos, se ha contemplado el cambio de arquitectura de comunicación digital para incorporar mejoras en software y hardware,

los cuales se ajustan a las necesidades de operación a nivel de campo con el incremento en el número de dispositivos periféricos que llevan más información de variables del proceso al sistema, se hace necesario tener un bus de comunicación más confiable y con mayor ancho de banda, estabilidad de información, velocidad de transferencia y capacidades industriales.

El tiempo perdido de producción, por fallas en sus sistemas de comunicación del proceso, es un aspecto que toda empresa debe tener muy en cuenta como índice de desempeño. Al nivel de la operación de un ingenio azucarero, este costo se hace, aún, más importante, dado el número de operaciones simultáneas que hacen posible la producción del azúcar en sus distintos procesos. Es necesario, entonces, garantizar la estabilidad del sistema, dotándolo de componentes más robustos y de herramientas efectivas para diagnosticar fallas.

La estabilidad del sistema mejora el control del proceso y la confiabilidad de las lecturas obtenidas de variables críticas del proceso que son utilizadas después para realizar análisis de producción, trazabilidad, índices, metas, gastos, tiempos, etc., que benefician, en general, a la empresa. Además, con una arquitectura más estable se evitarán accidentes ocasionados conflictos de transmisión.

Al desarrollar este estudio se busca beneficiar a la empresa, donde se realizará la práctica, a la Universidad de San Carlos de Guatemala y a la sociedad, estructurando las características, lineamientos y procedimientos para realizar el cambio de una arquitectura a otra. Estos conceptos se pueden aplicar en casos con situaciones similares, analizando adecuadamente el marco de referencia correspondiente.

1. INFORMACION GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 Reseña histórica

“El 20 de agosto de 1849, don Manuel María Herrera, adquirió la finca Pantaleon. A base de grandes esfuerzos y gran visión, Pantaleon se diversificó, transformándose de una hacienda ganadera, a una finca de caña y productora de panela y finalmente convirtiéndose en un ingenio azucarero. En 1883 muere don Manuel María Herrera y sus herederos, fundan Herrera y Compañía. Don Carlos Herrera Luna toma a cargo la empresa y con la venta de algunas propiedades invierte en expandir la capacidad del ingenio que se convierte en el mayor productor de azúcar de Guatemala. En el año 1973, cambia el nombre de la empresa de Herrera y compañía Limitada a Pantaleon sociedad anónima.” www.pantaleon.com.

“Como productor de azúcar el ingenio Pantaleon retomó el liderazgo de la industria azucarera de Guatemala en 1976, convirtiéndose en el ingenio de mayor volumen de producción del área centroamericana. En 1984 se asumió la administración y el control de las operaciones del Ingenio Concepción, que ocupa un importante lugar en volumen de producción de Guatemala. En el mes de junio de 1998, continuando con la estrategia de crecimiento y diversificación geográfica, el Grupo adquirió el Ingenio Monte Rosa, localizado en la zona occidental de la República de Nicaragua. A finales del año 2000 se integran las tres empresas y deciden participar como subsidiarias de la organización conocida como Pantaleon.” www.pantaleon.com.

“Durante los últimos 30 años, se ha mantenido un desarrollo acelerado, construyendo modernas plantas e inversiones productivas en el agro guatemalteco, con tecnología de punta que le ha permitido ser reconocido como uno de los principales productores eficientes de bajo costo en la región centroamericana.” www.pantaleon.com.

1.2 Misión de la empresa

“Transformamos los recursos naturales, de forma responsable y sostenible, en azúcar, sus derivados y energía, que satisfacen los requerimientos de nuestros clientes a través de un enfoque por procesos, servicio, mejora continua y eficacia, buscando la rentabilidad y excelencia de la Organización.” www.pantaleon.com.

1.3 Visión de la empresa

Pantaleon es reconocido como un productor eficiente y confiable que compite en el ámbito internacional con productos competitivos y de alta calidad. Actualmente se han establecido relaciones comerciales con importantes clientes en diferentes partes del mundo para proveerles azúcar de alta calidad, por medio de contratos a largo plazo.

La responsabilidad con el cuidado y preservación del medio ambiente forma parte de la filosofía de esta organización. Se han implementado programas para evitar la contaminación por partículas de hollín y ceniza en la atmósfera, a través de la instalación de trampas de ciclónicas húmedas en las calderas y el manejo responsable de la cachaza o lodos de sedimentación para ser utilizado como abono orgánico natural en los campos, evitando de esta manera la

contaminación de afluentes o ríos. La responsabilidad social empresarial de sus accionistas forma parte de la filosofía de trabajo del grupo, aplicada en las relaciones con sus empleados, proveedores, clientes, comunidades de influencia, la sociedad y el medio ambiente.

2.FUNDAMENTOS GENERALES

2.1 Modelo de red

Existen dos modelos para relacionar los componentes de una red industrial, el modelo cliente servidor y el modelo compañero-compañero. Estas redes de tiempo real son utilizadas en un sistema de producción para conectar distintos procesos de aplicación con el propósito de asegurar la explotación de la instalación.

En el modelo cliente servidor, el servidor controla el tráfico, la seguridad, los recursos, etc. de la red, lo que permite alcanzar eficiencia con bastantes usuarios, sin embargo, resulta complicado y complejo realizar actividades sencillas y urgentes.

En el modelo compañero-compañero, cada componente funciona como cliente y servidor a la vez, lo que permite sencillez y versatilidad para transmitir mensajes, sin embargo, cuando los mensajes son extensos y repetidos, pueden dominar el tráfico de la red.

2.2 Niveles de las redes

2.2.1 Nivel elemental

Asignado a una máquina o proceso sencillo, siendo de tareas de vigilancia de tiempos muertos, posicionamiento de piezas y funciones de seguridad.

Tiene la vigilancia en bucle abierto y consiste en la toma por parte del dispositivo automático de medidas de una serie de variables, de dicha información.

El nivel de guía de operador en bucle abierto es una variante del anterior con la inclusión de tareas de asistencia mediante propuestas al operador, según criterios prefijados.

El mando en bucle cerrado consiste en la tomar de información, el procesamiento y la ejecución sobre el proceso de acciones de control.

2.2.2 Nivel intermedio

Se comprende como la explotación de un conjunto de máquinas elementales o bien una máquina compleja.

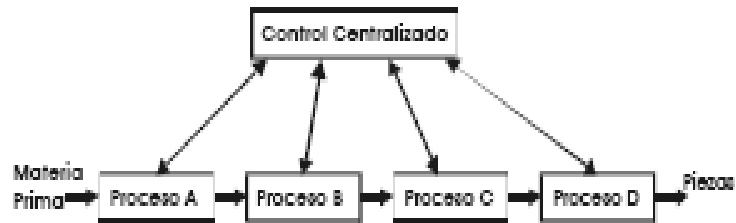
2.2.3 Nivel de procesamiento

Se caracteriza por ser un proceso completo, e intervienen además del control elemental del proceso, otros aspectos como supervisión, optimización, gestión de mantenimiento, control de calidad, seguimiento de la producción. Dentro del nivel de procesamiento se ordenaron varios tipos de control que se muestran a continuación.

2.2.3.1 Control centralizado

Constituido por un computador, un interfaz de proceso y una estación de operador de las cuales se tienen como ventajas su arquitectura que facilita el flujo de información y se hace posible que los objetivos de optimización global del proceso puedan ser alcanzados. Como desventajas dependen de la fiabilidad del computador y requieren que éste no presente fallas.

Figura 1. Control centralizado

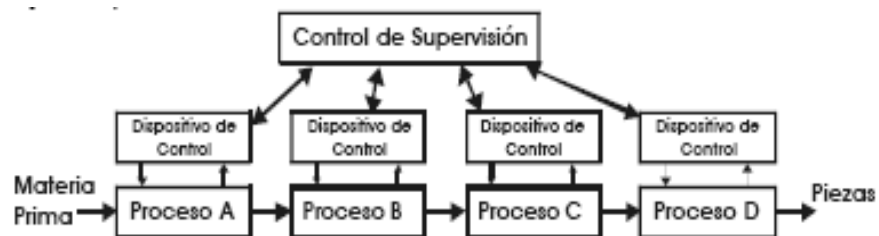


Fuente: "Automatización de procesos industriales", Emilio García Moreno, SPUPV (SPUPV-99.4116), 1999.

2.2.3.2 Control multicapa

Variedad del control centralizado haciendo dos niveles jerárquicos de control.

Figura 2. Control de supervisión



Fuente: "Automatización de procesos industriales", Emilio García Moreno, SPUPV (SPUPV-99.4116), 1999.

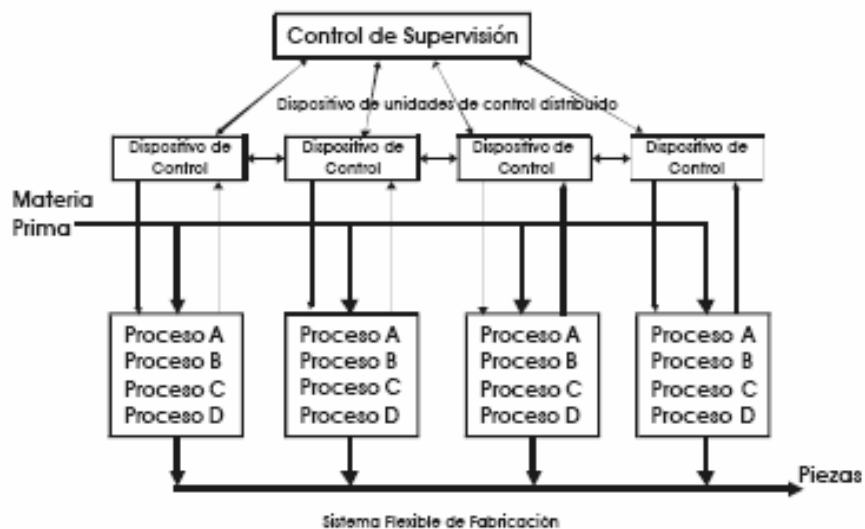
2.2.3.3 Control jerárquico

Del anterior ampliado a las tareas de planificación y gestión empresarial y la correspondiente asignación a niveles superiores en la jerarquía de control.

2.2.3.4 Control distribuido

Existencia de varias unidades de control y fabricación que llevan a cabo las mismas tareas, en caso de avería o sobrecarga de trabajo, será posible transferir todo o parte de las tareas a otras unidades. La idea de poner en by pass a las unidades con problemas permite evitar los bloqueos innecesarios del sistema, pero por otra parte, exige que las diferentes islas de producción tengan una asignación dinámica de las tareas y por tanto se les va a exigir gran capacidad de acceso a la comunicación y de tratamiento de la información.

Figura 3. Control de distribuido



Fuente: "Automatización de procesos industriales", Emilio García Moreno, SPUPV (SPUPV-99.4116), 1999.

2.3 Redes de comunicación

Las redes de comunicación pueden clasificarse por su alcance en dos tipos generales:

- Redes de área local (LAN – Local Área Network), reducida a un edificio y de alcance hasta de 5 Km
- Redes de área amplia (WAN – Wide Área Network), extendida a través de todo el planeta

Los componentes básicos son:

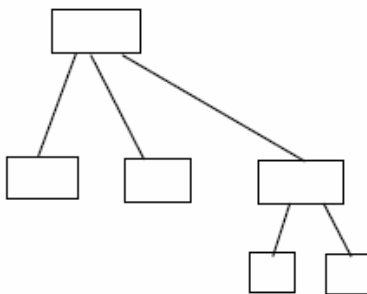
- Cable físico de comunicación y equipo electrónico de transmisión / recepción
- Programas o software de comunicaciones

Estos componentes determinan la topología de la red.

2.3.1 Red jerárquica

La red jerárquica o en estrella, donde uno de los equipos hace de nodo central y todos los demás son esclavos. Todas las comunicaciones pasan por dicho nodo central.

Figura 4. Red Jerárquica

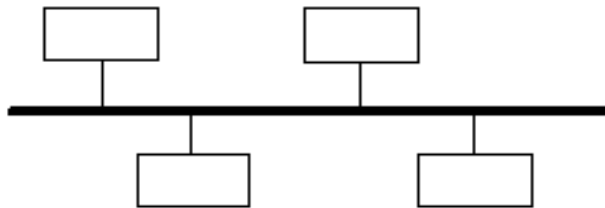


Fuente: “Automatización de procesos industriales”, Emilio García Moreno, SPUPV (SPUPV-99.4116), 1999.

2.3.2 Red en bus

Redes en bus, donde cada equipo transmite cuando no hay presencia de señal en la red, utilizando una técnica de acceso probabilístico denominada CSMA/CD - *Carrier sense multiple access/ collision detection* -, de aplicación en la red internet.

Figura 5. Red en bus

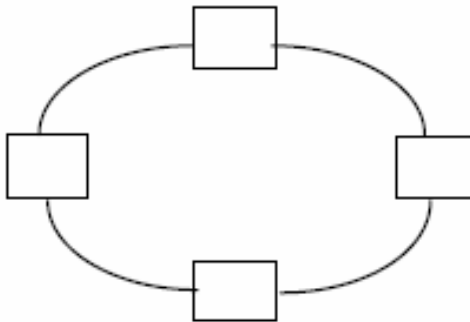


Fuente: “Automatización de procesos industriales”, Emilio García Moreno, SPUPV (SPUPV-99.4116), 1999.

2.3.3 Red en anillo

“Según Emilio García Moreno”, en este tipo de redes un testigo - token passing - circula por la red. Cada equipo retiene el testigo mientras transmite, lo que le da características de acceso determinístico, garantizando un tiempo máximo de espera en el que una estación accede a la red, tiene mucha aplicación en la industria.

Figura 6. Red en anillo



Fuente: “Automatización de procesos industriales”, Emilio García Moreno, SPUPV (SPUPV-99.4116), 1999.

La transmisión de datos entre diferentes equipos se ha convertido en una necesidad cada vez más importante. En las soluciones de comunicación industrial totalmente integradas, suelen establecerse tres niveles de comunicación jerarquizados. Por ejemplo, en el nivel de campo, la transmisión suele ser entre transductores y módulos de E/S, por lo general con una unidad PLC. En el nivel de automatización, se pueden conectar varios PLC al sistema de control maestro, que a su vez puede conectarse a un sistema de gestión completo. En el nivel de campo se utilizan diferentes tipos de protocolos de comunicación e interfaces eléctricas, dependiendo de la aplicación. La interfaz eléctrica más común en el nivel de bus de campo es la RS-485. Se trata de una interfaz de bus que utiliza 2 hilos, lo que la hace especialmente adecuada para las aplicaciones industriales, dado que la tecnología de transmisión simétrica es relativamente inmune a las interferencias electromagnéticas externas. Es la interfaz que utilizan protocolos como PROFIBUS e Interbus.

2.4 Modelo de referencia OSI

Referirnos a la comunicación de datos, es un proceso común y cotidiano, que en ocasiones, hasta para aquellas personas distanciadas del mundo de la computación caen en la necesidad de manejar y transmitir información.

Es evidente que para el progreso y desarrollo de la sociedad es necesaria la información, su divulgación y manejo.

Pero en ocasiones el manejo y la transmisión de los datos resultan distorsionados, por lo que los usuarios deben asegurarse que sus datos se entreguen y reciban de manera adecuada. Es necesario que los datos tengan un formato claro y eficiente, se debe verificar los servicios que involucra como los protocolos de traducción de formatos, códigos y sintaxis de los lenguajes entre una computadora emisora y una receptora.

Es aquí donde el Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos cobra la importancia que merece, al permitir que sistemas de cómputo disímiles se interconecten e ínter operen, gracias a reglas preestablecidas que deben ir cumpliéndose nivel a nivel para su total desempeño logrando el concepto de *InternetWorking* .

El Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos, conocido mundialmente como Modelo OSI - *Open System Interconnection* -, fue creado por la ISO - Organización Estándar Internacional, por sus siglas en inglés - y en él pueden modelarse o referenciarse diversos dispositivos que reglamenta la ITU (Unión de Telecomunicación Internacional), con el fin de poner orden entre todos los sistemas y componentes requeridos en la transmisión de datos, además de simplificar la interrelación entre fabricantes. Así, todo dispositivo de cómputo y

telecomunicaciones podrá ser referenciado al modelo y por ende concebido como parte de un sistema interdependiente con características muy precisas en cada nivel.

Esta idea da la pauta para comprender que el modelo OSI existe potencialmente en todo sistema de cómputo y telecomunicaciones, pero que solo cobra importancia al momento de concebir o llevar a cabo la transmisión de datos.

2.4.1 Capas del modelo OSI

El Modelo OSI cuenta con 7 capas o niveles:

Tabla I Modelo OSI

Niveles	Designación	Función	Características
1	Nivel físico	Características físicas de la autorización de transmisión	Cable coaxial, triaxial, fibra óptica, etc.
2	Nivel de enlace de datos	Procedimiento de acceso ,transmisión asegurada	Comprobación, CRC, Token, etc.
3	Nivel de red	Direccionamiento de otras redes/interconexión de redes	Comunicaciones entre redes.
4	Nivel de transporte	Establecimiento, terminación, comunicación, confirmaciones	Transmisión asegurada de información bruta.
5	Nivel de sesión	Sincronización de control de comunicaciones	Coordinación de la comunicación.
6	Nivel de presentación	Visualización de datos	Lenguaje común
7	Nivel de aplicación	Funciones de aplicaciones	Lectura, escritura de transferencia de archivos.

2.4.1.1 Nivel físico

Es el primer nivel del modelo OSI, en él se definen y reglamentan todas las características físicas-mecánicas y eléctricas que debe cumplir el sistema para poder operar. Como es el nivel más bajo, es el que se va a encargar de las comunicaciones físicas entre dispositivos y de cuidar su correcta operación. Es bien sabido que la información computarizada es procesada y transmitida en forma digital siendo esta de bits: 1 y 0. Por lo que, toda aplicación que se desee enviar, será transmitida en forma serial mediante la representación de unos y ceros.

En este nivel, se encuentran reglamentadas las interfaces de sistemas de cómputo y telecomunicaciones (RS-232 o V.24, V.35) además de los tipos de conectores o ensambles mecánicos asociados a las interfaces (DB-24 y RJ-45 para RS-232 o V.24, así como Coaxial 75 ohms para G703)

Se ubican en este nivel todos los medios de transmisión como los sistemas de telecomunicaciones para el mundo WAN - *Wide Área Network* -, tales como sistemas satelitales, microondas, radio enlaces, canales digitales y líneas privadas, así como los medios de transmisión para redes de área locales - LAN: *Local Área Network* -, cables de cobre (UTP,STP) y fibra óptica. Además, en este nivel se ubican todos aquellos dispositivos pasivos y activos que permiten la conexión de los medios de comunicación como repetidores de redes LAN, repetidores de microondas y fibra óptica, concentradores de cableado (*HUBs*), conmutadores de circuitos físicos de telefonía o datos, equipos de modulación y demodulación (modems) y hasta los aparatos receptores telefónicos convencionales o de recepción inalámbrica que operan a nivel de hardware como sistemas terminales.

En resumen, se dice que la capa física es la que transmite el flujo de bits sobre un medio físico, y representa el cableado, los circuitos electrónicos de conexión y conmutación la señalización de los dispositivos, etc.

Dentro del modelo OSI, la capa física:

- Asegura la transmisión de bits
- Especifica las reglas de funcionamiento y procedimiento del circuito de datos

2.4.1.2 Nivel de enlace de datos

Conocido también como nivel de Trama (Frame) o Marco, es el encargado de preparar la información codificada en forma binaria en formatos previamente definidos por el protocolo a utilizar.

Tiene su aplicación en el contexto de redes WAN y LAN ya que como se estableció previamente, la transmisión de datos no es más que el envío en forma ordenada de bits de información.

Este nivel ensambla los datos en tramas y las transmite a través del medio propio de la red (LAN o WAN). Es el encargado de ofrecer un control de flujo entre tramas, así como un sencillo mecanismo para detectar errores. Es en este nivel y mediante algoritmos como CRC - *Cyclic Redundancy Check* -, donde se podrá validar la integridad física de la trama; mas no será corregida a este nivel sino que se le notificará al transmisor para su retransmisión.

En el nivel de enlace de datos se lleva a cabo el direccionamiento físico de la información; es decir, se leerán los encabezados que definen las direcciones de los nodos (para el caso WAN) o de los segmentos (para el caso LAN) por donde viajarán las tramas. Decimos que son direcciones físicas ya que las direcciones lógicas o de la aplicación que pretendemos transmitir serán direccionadas o enrutadas en un nivel superior llamado nivel de red. En este nivel de enlace sólo se da tratamiento a las direcciones MAC - *Media Access Control* - para el caso de LAN y a las direcciones de las tramas síncronas como HDLC - *High-Level Data Link Control* -, SDLC - *Synchronous Data Link Control*, de IBM -, LAP B - *Link Access Procedure Balance* - por citar algunos para el caso WAN.

Como se ha expuesto hasta este momento, en el nivel dos del modelo OSI o nivel de enlace, vienen los protocolos que manejan tramas como HDLC, SDLC, LAP B, direcciones MAC, LLC, estándares de red como Token Ring, Ethernet, FDDI, ya que estos últimos manejan tramas específicas que involucran direcciones MAC. Las topologías de Bus, Anillo o Estrella se pueden referenciar al nivel físico del modelo OSI, ya que son infraestructuras de transmisión más que protocolos y carecen de direcciones.

En resumen se puede decir que la capa de Enlace de Datos es aquella que transmite la información como grupos de bits, o sea que transforma los bits en *frames* o paquetes Si el dispositivo recibe la información, está a la espera de un conjunto de señales para convertirlos según sea requerido. Si el dispositivo envía la información, esta es convertida ya sea en cambio si se manda se convierte directamente señales digitales o analógicas, según sea requerido.

El nivel de enlace se encarga entonces de:

- Soluciona los errores de transmisión generados en el circuito de datos.

- Establecer conexiones lógicas entre entidades que desean intercambiar datos.

2.4.1.3 Nivel de red

El cometido de la capa de red es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aún cuando ambos no estén conectados directamente. Es decir que se encarga de encontrar un camino manteniendo una tabla de enrutamiento y atravesando los equipos que sean necesarios, para hacer llegar los datos al destino. Los equipos encargados de realizar este encaminamiento se denominan en castellano encaminadores, aunque es más frecuente encontrar el nombre inglés *routers* y, en ocasiones enrutadores.

Adicionalmente la capa de red debe gestionar la congestión de red, que es el fenómeno que se produce cuando la saturación de un nodo evita transmisiones adicionales entre nodos (similar a un congestionamiento en un cruce importante en una ciudad).

En resumen, el nivel de red:

- Asegura la búsqueda de un camino y el encaminamiento de los datos entre las estaciones terminales.
- Controla de la subred y el ruteo de mensajes.

2.4.1.4 Nivel de transporte

En este nivel se realiza y se garantiza la calidad de la comunicación, ya que asegura la integridad de los datos. Es aquí donde se realizan las retransmisiones cuando la información fue corrompida o porque alguna trama (del nivel 2) detectó errores en el formato y se requiere volver a enviar el paquete o datagrama. El nivel de transporte notifica a las capas superiores si se está logrando la calidad requerida. Este nivel utiliza reconocimientos, números de secuencia y control de flujo.

Los protocolos TCP - *Transmission Control Protocol* - y UDP - *User Datagram Protocol* - son característicos del nivel del transporte del modelo OSI, al igual que SPX - *Sequenced Packet Exchange* - de Novell.

En Resumen se dice que la capa de Transporte asegura la integridad de datos de extremo a extremo, es decir se encarga del flujo de datos del transmisor hasta el receptor, verificando la integridad de los mismos por medio de algoritmos de detección y corrección de errores. La capa de Red maneja el Hardware, ruteadores, puentes, multiplexores para mejorar el enrutamiento de los paquetes, etc.

- Garantiza el despacho ordenado de mensajes (sin errores ni duplicación)
- Corta mensajes muy largos
- Junta los mensajes fragmentados

2.4.1.5 Nivel de sesión

Este nivel es el encargado de proveer servicios de conexión entre las aplicaciones, tales como iniciar, mantener y finalizar una sesión. Establece, mantiene, sincroniza y administra el diálogo entre aplicaciones remotas.

Cuando establecemos una comunicación y que se nos solicita un comando como *login*, estamos iniciando una sesión con un *host* remoto y podemos referenciar esta función con el nivel de sesión del modelo OSI. Del mismo modo, cuando se nos notifica de una suspensión en el proceso de impresión por falta de papel en la impresora, es el nivel de sesión el encargado de notificarnos de esto y de todo lo relacionado con la administración de la sesión. Cuando deseamos finalizar una sesión, quizá mediante un *logout*, es el nivel de sesión el que se encargará de sincronizar y atender nuestra petición a fin de liberar los recursos de procesos y canales (lógicos y físicos) que se hayan estado utilizando.

NetBIOS - *Network Basic Input/Output System* - es un protocolo que se referencia en el nivel de sesión del modelo OSI, al igual que el RPC - *Remote Procedure Call* - utilizado en el modelo cliente-servidor.

En resumen, se puede decir que la capa de sesión es un espacio en tiempo que se asigna al acceder al sistema por medio de un *login* en el cual obtenemos acceso a los recursos del mismo servidor (conocidos como "circuitos virtuales").

Las principales funciones del nivel de sesión son:

- Sincronizar y organizar el diálogo entre abonados.

- Realizar la delimitación, reagrupamiento y sincronización de datos intercambiados entre entidades.
- Permitir a la capa presentación suspender y retomar intercambios a partir de puntos de retoma.

2.4.1.6 Nivel de presentación

Se refiere a la forma en que los datos son representados en una computadora. Proporciona conversión de códigos y reorganizar el formato de datos de la aplicación del usuario. Es sabido que la información es procesada en forma binaria y en este nivel se llevan a cabo las adaptaciones necesarias para que pueda ser presentada de una manera más accesible.

Códigos como ASCII - *American Standard Code for Information Interchange* - y EBCDIC - *Extended Binary Coded Decimal Interchange Code* -, que permiten interpretar los datos binarios en caracteres que puedan ser fácilmente manejados, tienen su posicionamiento en el nivel de presentación del modelo OSI. Los sistemas operativos como DOS y UNIX también se ubican en este nivel, al igual que los códigos de comprensión y encriptamiento de datos. El nivel de presentación negocia la sintaxis de la transferencia de datos hacia el nivel de aplicación. En resumen, se dice que la capa de presentación es aquella que provee representación de datos, es decir, mantiene integridad y el valor de los datos, independientemente de ser representación.

- Enmascara las particularidades debidas a código, sintaxis, o representación de informaciones.

- Permite traducir los datos a un formato y sintaxis estándar.

2.4.1.7 Nivel de aplicación

Es el nivel más cercano al usuario y el último y más alto nivel del modelo de referencia a diferencia de los demás niveles, no proporciona un servicio a ningún otro nivel.

Cuando se habla de aplicaciones lo primero que viene a la mente son las aplicaciones que procesamos, es decir, nuestra base de datos, una hoja de cálculo, un archivo de texto, etc., lo cual tiene sentido ya que son las aplicaciones que finalmente deseamos transmitir. Sin embargo, en el contexto del Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos, al hablar del nivel de Aplicación no nos estamos refiriendo a las aplicaciones que acabamos de citar. En OSI el nivel de aplicación se refiere a las aplicaciones de red que vamos a utilizar para transportar las aplicaciones del usuario.

FTP - File Transfer Protocol -, Mail, Rlogin, Telnet, son entre otras las aplicaciones incluidas en el nivel 7 del modelo OSI y sólo cobran vida al momento de requerir una comunicación entre dos entidades. Es por eso que al principio se citó que el modelo OSI tiene relevancia en el momento de surgir la necesidad de intercomunicar dos dispositivos disímiles, aunque OSI vive potencialmente en todo dispositivo de cómputo y de telecomunicaciones.

En resumen, se puede decir que la capa de Aplicación se dice que es una sesión específica de aplicación, es decir, son los programas que ve el usuario.

- Ofrece al usuario los medios que le permiten acceder al entorno OSI.
- Arquitectura definida en ISO 9545
- Diferentes entidades según campo de aplicación (gestión, industrial, documentos, etc.).

2.5 Comunicación en entorno industrial

En el mundo que nos rodea, podemos apreciar que la gran mayoría de las actividades llevadas a cabo por los humanos, está presente un sistema informático, un ordenador, o para ser más precisos, un sistema electrónico controlado por microprocesador. Estos dispositivos realizan todas sus tareas y funciones apoyándose en la lógica digital ya que el tratamiento de información mediante el sistema binario ofrece múltiples ventajas y posibilidades casi ilimitadas.

Sin embargo, las señales procedentes del exterior, que precisan ser analizadas por nosotros, son generalmente analógicas (temperaturas, presiones, niveles, etc.) y en raras ocasiones disponemos directamente de datos en formato digital. Del mismo modo cuando deseamos actuar sobre algún elemento físico sobre el que deseamos ejercer una influencia para alterar su estado funcional, necesitaremos una señal analógica en forma de tensión, frecuencia, etc.

Para llevar a cabo esta unión entre los bloques analógico y digital, de forma que podamos intercambiar informaciones en ambos sentidos, se diseñaron los sistemas convertidores analógicos/digitales (ADCs) y los digitales/analógicos (DACs).

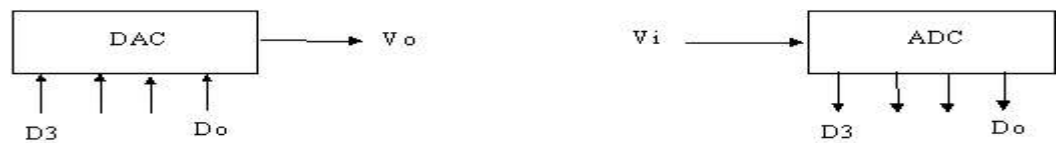
2.5.1 Transformación de señales analógicas

En los procesos industriales las señales de medición son en su mayoría de tipo analógico, es decir continuas variando constantemente con el tiempo: $y = f(t)$. Las señales pueden ser muy lentas como la variación de temperatura de un tanque o muy rápida como una señal de audio.

El tratamiento directo de la información analógica como comparar, realizar operaciones algebraicas, almacenar, recuperar, eliminar ruidos, transmitirla a distancia, presenta cierta complejidad pero pueden llevarse a cabo con circuitos electrónicos, basados en eficientes circuitos integrados (IC) como el amplificador operacional (OP).

En la industria las señales son en general de baja velocidad y pueden fácilmente representarse en forma digital, es decir como una combinación de ceros y unos. Esto se lleva a cabo mediante un circuito electrónico denominado conversor analógico/digital (ADC). El tratamiento de la información se realiza en la actualidad por medio de unos o varios microprocesadores digitales. En muchos casos es necesario presentar los resultados finales en forma de salida analógica, por ejemplo: cierre/apertura continuo de una válvula de regulación, salida audible de música almacenada en el computador. Esto se lleva a cabo mediante un circuito electrónico denominado conversor digital/analógico (DAC).

Figura 7. Conversor digital/analógico

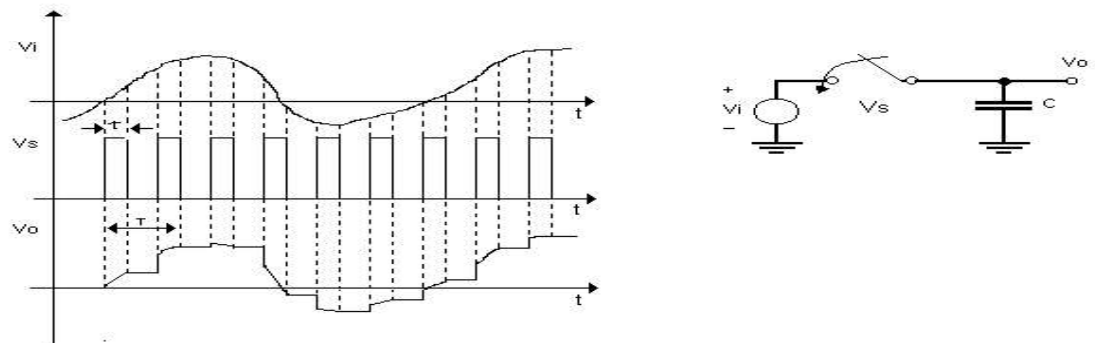


Fuente: “Comunicación en entorno industrial” , Ing. Mario Distéfano, UNCU, 2001. Argentina

2.5.2 Conversión analógica/ digital (ADC)

Normalmente se trata de una señal en tensión o corriente que se convierte a una estructura binaria. El proceso digitalización comienza tomando muestras de la señal analógica cada cierto tiempo, la velocidad de muestreo depende de la frecuencia de la señal de entrada. La frecuencia de muestreo o velocidad de muestreo debe ser igual o mayor al doble del ancho de frecuencias de la señal original (Teorema de Nyquist – 1924). Con ello se garantiza la recuperación a la forma original.

Figura 8. Conversor analógico/digital



Fuente: “Comunicación en entorno industrial”, Ing. Mario Distéfano, UNCU, 2001. Argentina.

La señal muestreada obtenida no es una señal digital ya que presenta distintos niveles en cada muestra. Es necesario ahora cuantificarla y representarla por un código binario. Se puede representar con códigos de 4,8,10,12,ó 16 dígitos binarios, lo que define la precisión.

Si se toman $n = 4$ bit y el máximo nivel alcanza a 10 voltios, entonces la resolución = voltios/ $(2^n - 1) = 2/3$, donde es 0.666 voltios, corresponde al mínimo valor del bit de menor peso.

	Voltaje	Binario
	0.000 V	0000
	0.666 V	0001
	1.123 V	0001
	1.432 V	0010
Total	10.00 V	1111

Se observa que el error de cuantificación se reduce aumentando el número n de dígitos. La función de conversión la realiza un circuito electrónico integrado. Según el principio que aplica tendrá diferente velocidad de conversión (muestras/seg.), es decir la máxima frecuencia con que pueden obtenerse nuevos resultados. Hay de distintos tipos según sean los requerimientos de velocidad y precisión: aproximaciones sucesivas, doble rampa, paralelo.

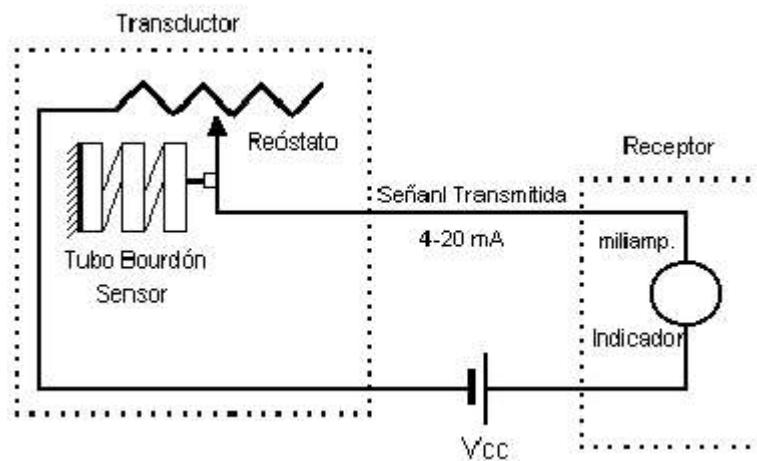
2.5.3 Conversión digital/analógica (DAC)

Se trata de la conversión de una señal digital en su correspondiente valor analógico de tensión o corriente. La salida es proporcional a la entrada. Se aplica el concepto de resolución y de velocidad de conversión. El principio de funcionamiento se basa en la suma de cada dígito binario, representado por un valor de tensión de acuerdo al peso que tenga dentro del número (...23,22,21,20).

2.5.4 Intercomunicación

La comunicación industrial se ha venido realizando mediante una conexión física (cable) que conecta exclusivamente cada sensor o cada actuador a su equipamiento de control, donde la información se transmite por una señal analógica (generalmente 4-20mA).

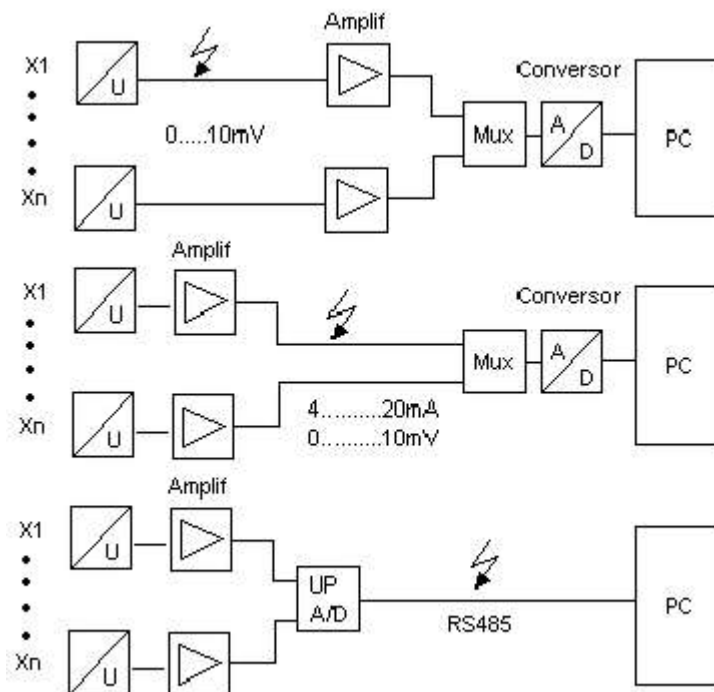
Figura 9. Tipo de intercomunicación analógico



Fuente: "Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso", Piñon Pazos, Andrés J., Universidad de A.Coruña, España, 2000

Ahora se sustituye la transmisión analógica punto a punto por una digital. Los dispositivos de campo (sensores y actuadores) y dispositivos de control comparten una única línea bidireccional para transmitir información entre ellos (bus de campo/ Fieldbus). Las señales analógicas son convertidas a digitales en los mismos dispositivos de campo.

Figura 10. Tipo de intercomunicación



Fuente: “Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso”, Piñon Pazos, Andrés J., Universidad de A.Coruña, España, 2000

La comunicación digital, soportada por componentes de hardware y software, ha permitido implementar prestaciones de gran trascendencia en el diseño de los sistemas automatizados de plantas, pudiéndose mencionar: economía de cableado, programación a distancia de los dispositivos de campo, recepción de información de diagnóstico, distribuciones de funciones de control entre los dispositivos (real control distribuido), facilidades de sustitución y modularidad, disponibilidad de información para mantenimiento predictivo, etc. La distribución de funciones hace más confiable al sistema y disminuye el costo de los tradicionales dispositivos de control centralizados como PCs o PLCs, al requerir menores capacidades de procesamiento y memoria.

La comunicación industrial digital comprende un amplio rango de productos de hardware y protocolos para comunicación entre plataformas estándar de computación y dispositivos de automatización. La conexión física se realiza a través de interfaces seriales normalizadas por la EIA, tal es como RS-232, RS-422 y RS-485. Estas normas especifican solamente las características eléctricas del soporte físico de comunicación. No hacen referencia al software necesario para manipular la información que circula sobre el soporte.

La RS-232 está limitada por la distancia de conexión y velocidad. También esta limitada a la conexión punto a punto entre PC y dispositivos informáticos como módem, etc.

La RS-422 trabaja en forma diferencial con las líneas que transmite y recibe, el circuito tiene solo dos hilos sin que exista una línea de masa común. Los unos y ceros lógicos se establecen en función de la diferencia de tensión ambos conductores del circuito. La interfase resultante es una de tipo serial con una gran inmunidad al ruido y una mayor distancia de conexión a los dispositivos, típicamente se prefiere ésta a la interfaces serie RS-232 para operar en las condiciones difíciles que siempre se presentan en los entornos industriales.

La RS-485 es una leve modificación de la RS-422, redefiniendo características eléctricas para asegurar un nivel de tensión adecuado a la máxima carga, con ello se logra incrementar el número de dispositivos que pueden conectarse, de 10 a 32 (multidrop), La conexión se realiza en paralelo a los dos conductores, sin necesidad de módem. Con esta capacidad y una alta inmunidad al ruido se pueden crear redes de dispositivos de adquisición de datos y control, conectados a una simple puerta serie RS-485 de un PC, aunque generalmente se diseñan interfases a sistemas bastante más robustos.

Tabla II Características conexión física, principales interfases físicas de bases de campo, redes industriales

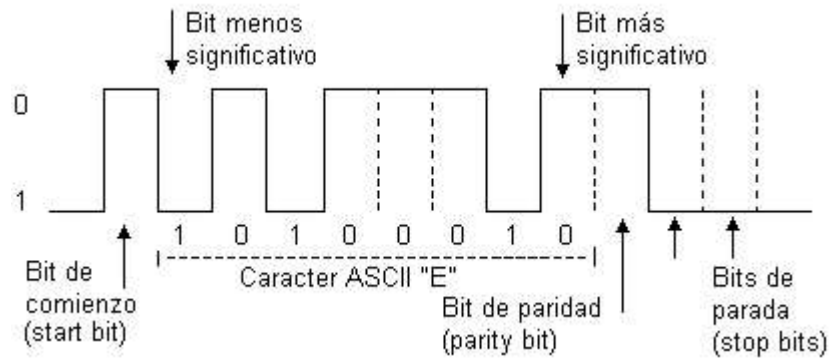
	RS-232	RS-422	RS-485
Tipo de línea	Desbalanceada	Balanceada	Balanceada
Máx. Nro.dispositivos	1	1	32
Máx. Nro.receptor	1	10	32
Máx. Longitud (mts.)	15	1200	1200
Máx. Velocidad	20 Kb/s	10 Mb/s	10 Mb/s

En una red de dispositivos sobre una línea, es necesario direccionar uno en particular. Esto se puede realizar utilizando caracteres ASCII, constituyendo comandos de identificación del dispositivo y que este a su vez responde con los datos solicitados. Esto es un esquema básico de protocolo de comunicación denominado comúnmente maestro/esclavo (Master/Slave). Aquí el maestro es el dispositivo que inicia la comunicación y los esclavos únicamente envían mensajes cuando el maestro lo solicita.

2.5.5 Codificación

Es necesario establecer alguna forma de ordenar los dígitos binarios o bytes que se utilizan para representan la información de los procesos y puedan ser transmitidos con seguridad y velocidad sobre la línea. Un modelo de codificación de amplia difusión en informática es el ASCII. Sobre la base de estos códigos se ha implementado el sistema de comunicación digital, de característica sincrónica, incluyendo el comienzo y fin de cada carácter que se transmite y cierto control de error a partir del concepto de bit de paridad.

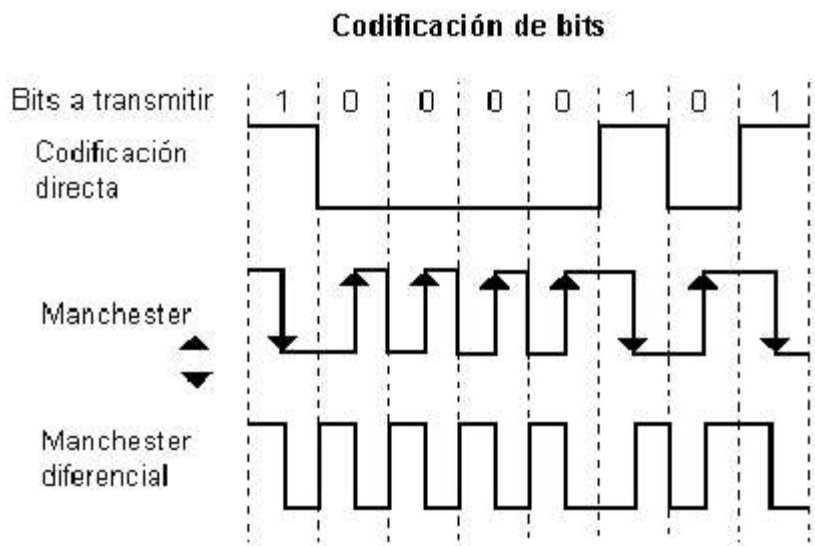
Figura 11. Diagrama de codificación



Fuente: “Comunicación en entorno industrial”, Ing. Mario Distéfano, UNCU, 2001. Argentina.

En la industria se utiliza una codificación más efectiva como la Manchester, de característica sincrónica, permitiendo una sincronización entre el emisor y el receptor. En este código el periodo de un bit se divide en dos subintervalos iguales. El valor lógico de un bit queda definido por el sentido de la transición entre el primer y el segundo subintervalo. Así un bit de valor 0 tendrá un primer subintervalo de valor bajo y un segundo subintervalo de valor alto, mientras que con un bit de valor 1 ocurrirá exactamente lo contrario.

Figura 12. Diagrama de codificación de bits



Fuente: “Comunicación en entorno industrial”, Ing. Mario Distéfano, UNCU, 2001. Argentina.

La codificación Manchester da como resultado que los 0 se codifiquen como una transición de alto a bajo y que el 1 se codifique como una transición de bajo a alta.

Dado que tanto los ceros como los unos dan como resultado una transición en la señal, el reloj se puede recuperar de forma eficaz en el receptor.

Manchester definen un 0 como una señal alta durante la primera mitad del período y baja durante la segunda mitad. Las normas definen al 1 como una señal que es baja para la primera mitad del período y alta para la segunda mitad. En la codificación Manchester el 0 se codifica como una transición de baja a alta y el 1 como una de alta a baja.

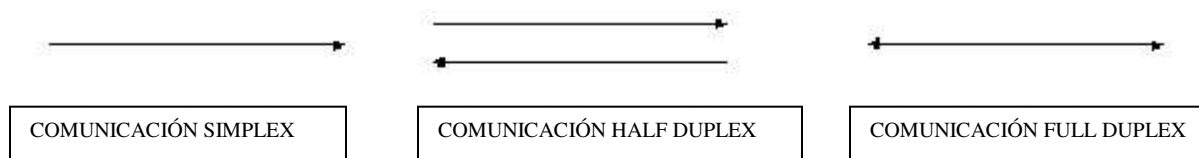
Las principales características de la codificación Manchester son, inmunidad al ruido, no hay componente continua, mantiene la sincronización, es decir, no hay necesidad de reloj en cuanto hay transición en medio del bit.

La codificación de Manchester combina datos y reloj en símbolos de bit que se dividen en dos mitades, con la polaridad de la segunda mitad siempre inversa a la de la primera mitad. Como se mencionó anteriormente, en esta codificación, el cero se codifica como una transición al principio del intervalo, mientras que el uno se codifica como sin transición al principio del intervalo.

2.5.6 Direccionalidad

Entre dos dispositivos los datos pueden transmitirse en una única dirección - comunicación unilateral o *simplex* -. También pueden transmitirse en dos direcciones, pero no en forma simultánea (comunicación bilateral alternada o *half dúplex*). Finalmente, se pueden transmitir los datos en ambas direcciones y simultáneamente (comunicación bilateral simultánea o *full dúplex*).

Figura 13. Flujos de comunicación



Fuente: “Comunicación en entorno industrial”, Ing. Mario Distéfano, UNCU, 2001. Argentina.

La transmisión simplex consiste en la transmisión de las señales en una única dirección. No se emplea en redes.

En la transmisión *half-duplex* solo una de las dos estaciones de un enlace punto a punto puede transmitir a la vez. Como analogía, este tipo de comunicación puede compararse con un puente con un solo carril con circulación en ambos sentidos.

En la transmisión *full-duplex*, las dos estaciones pueden simultáneamente enviar y recibir datos. Siguiendo el mismo ejemplo anterior, ahora el puente tendría 2 carriles, uno para cada sentido de circulación.

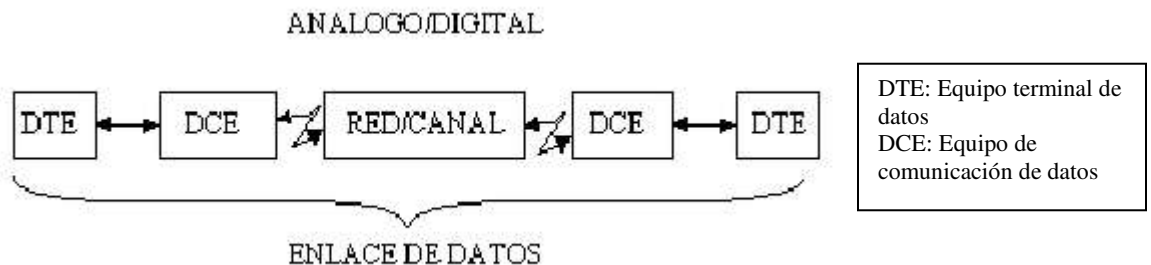
Para la señalización digital, en la que se requiere un medio guiado, la transmisión *full-duplex* normalmente exige dos caminos separados (por ejemplo, dos pares trenzados) mientras que la transmisión *half-duplex* necesita solamente uno.

Para la señalización analógica, dependerá de la frecuencia: si una estación transmite y recibe a la misma frecuencia, utilizando transmisión inalámbrica se deberá operar en modo *half-duplex*, aunque para medios guiados se puede operar en *full-duplex* utilizando dos líneas de transmisión distintas. Si una estación emite en una frecuencia y recibe en otra, para la transmisión inalámbrica se deberá operar en *full-duplex*. Para medios guiados se deberá optar por *full-duplex* usando una sola línea.

2.5.7 Protocolos de comunicación

Una vez definida la conexión física para poder transferir información entre los dispositivos o sistemas debe existir un formato para los datos y una estrategia de sincronización de como se envían y reciben los mensajes, incluyendo la detección y corrección de los errores. En un enlace de datos se presentan bloques que cumplen diferentes funciones.

Figura 14. Enlace de datos



Fuente: “Comunicación en entorno industrial” , Ing. Mario Distéfano, UNCU, 2001. Argentina.

La transferencia ordenada de información en un enlace de comunicación se logra por medio de:

- Protocolo de comunicación.
- Servicio de comunicación.

El protocolo constituye el conjunto de reglas y convenciones entre entes comunicantes. El objetivo es establecer una conexión entre DTE, identificando el emisor y el receptor, asegurando que todos los mensajes se transfieran correctamente, y controlando toda la transferencia de información.

Los modos de operación, la estructura de los mensajes y los tipos de solicitudes y respuestas, constituyen las diferentes piezas constructivas de un protocolo. Los equipos (teléfono, en el ejemplo), las conexiones, los cables, repetidoras, etc, constituyen el soporte físico que permiten el enlace de datos.

Un protocolo define los detalles y especificaciones técnicas del lenguaje de comunicación entre los equipos.

Un elemento básico a considerar es la estructura del mensaje, constituyendo una unidad de información denominada cuadro, bloque o Datagrama.

Figura 15. Cuadro, Broque o Datagrama



Fuente: “Comunicación en entorno industrial”, Ing. Mario Distéfano, UNCU, 2001. Argentina.

Si todos los productos de distintos proveedores se pueden comunicar con el mismo protocolo, ello lleva a la interoperabilidad e integración de los dispositivos de adquisición de datos y control.

Un ejemplo de interoperabilidad es la red Internet, donde las computadoras comparten el mismo protocolo TCP/IP para enviar y recibir mensajes, archivos, etc.

En este caso se trata de determinar no solo el inicio y final de cada carácter sino también el inicio y final de cada trama, es decir, se necesita la sincronización de trama.

Lo habitual es encapsular los caracteres útiles entre 2 caracteres especiales, no imprimibles, llamados STX - *start-of-text* - que indica el inicio de la trama y ETX - *end-of-text* - que indica el final de la trama. Estos caracteres también se conocen con el nombre de caracteres de control de la transmisión.

Sin embargo, si se transmiten datos binarios, estos caracteres no son suficientes por lo que se les precede de otro carácter especial el DEL - *data link escape* -.

Con el fin de detectar una posible combinación de bits que coincidan con el carácter DLE, el emisor en este caso repite esta combinación. Esto se conoce como *stuffing*.

Los protocolos de comunicación digitales en la industria siguen, en general, el modelo estándar de interconexión de sistemas abiertos OSI. Sobre esta base y las recomendaciones de ISA - *international society for measurement and control* - y la IEC - *international electrotechnic comités* - se han establecido normas al respecto, en particular la IEC 1158, misma que aún está en desarrollo.

2.5.7.1 Velocidad de propagación

Es la velocidad a la que se transmite la señal a través de un medio de transmisión.

Esta velocidad de propagación determina el tiempo de propagación de la señal y únicamente depende de la distancia a recorrer.

Definiendo como t_p al tiempo de propagación

$$t_p = \text{distancia} / \text{velocidad de propagación}$$

2.5.7.2 Velocidad de transmisión

Se entiende por velocidad de transmisión V_t al número de bits que se transmiten por unidad de tiempo. Su unidad es bps.

Esta velocidad depende de las características de los equipos de transmisión y recepción.

Si la transmisión de 1 bit dura T_b segundos, $V_t = 1/T_b$ bps

Así el tiempo de transmisión de n bits valdrá

$$t_t = n / \text{velocidad de transmisión}$$

2.5.7.3 Velocidad de modulación

Se entiende por velocidad de modulación V_m al número de símbolos que se transmiten por unidad de tiempo. Su unidad son los baudios.

Si la transmisión de un símbolo dura T_s segundos, $V_m = 1/T_s$ baudios.

2.5.7.4 Relación entre velocidad de transmisión y de modulación

La relación entre velocidad de transmisión V_t y velocidad de modulación V_m es el número de bits n que se emplean para la representación de un símbolo.

$$V_t = V_m \times n$$

Así si cada bit representa un símbolo, es decir, $n = 1$, en este caso $V_t = V_m$

De la misma forma con $n=2$, es decir, que cada símbolo se represente por 2 bits, $V_t = 2 V_m$.

2.5.7.5 Relación entre la velocidad de transmisión y las frecuencias

Si el tiempo de símbolo que se representa con T_s disminuye, su frecuencia f_s aumenta, dado que $f_s = 1 / T_s$, y por consiguiente aumenta la velocidad de modulación. Si el tiempo de símbolo T_s aumenta, su frecuencia f_s disminuye, dado que $f_s = 1 / T_s$, y por consiguiente disminuye la velocidad de modulación.

2.5.7.6 Criterio de Nyquist

Según Nyquist, en un sistema sin ruido y dado un ancho de banda B_w , la velocidad máxima de modulación V_m que se puede transmitir es

$$V_m = 2 B_w$$

en el caso de señales de un solo nivel. Así con un canal de voz de 3100 Hz, la velocidad máxima de modulación es 6200 bps. En el caso de señales multinivel, la capacidad máxima de canal que se necesita es

$$C_{\max} = 2 B_w \log_2 (M)$$

donde V_m la velocidad de transmisión y M el número de niveles. Por ejemplo, en el ejemplo anterior, si $M=8$, valor frecuente en los modems,

$$C = 2 \times 3100 \times \log_2(8) = 2 \times 3100 \times 3 = 18600 \text{ bps}$$

2.6.7.7 Sincronización de bit o de reloj

En la transmisión asíncrona, el reloj del receptor corre asíncronamente respecto a la señal de entrada. Pero con el fin de sincronizar el emisor y el receptor, el reloj del receptor funciona a una frecuencia varias veces la velocidad de transmisión, siendo habitual 16 veces. Así es más fácil conseguir conocer el centro de la señal del bit transmitido.

Así si V_t es la velocidad de transmisión, el tiempo de transmisión de 1 bit t_b vale

$1/V_t$. Si f_r es la frecuencia del reloj, como se ha dicho $f_r = N \times V_t$ y el tiempo de reloj t_r valdrá

$$t_r = 1 / f_r = 1 / (N \times V_t) = t_b / N$$

Cuanto más alto sea N , habrá mejor sincronización.

2.6.7.8 Sincronización de carácter

Se trata de enviar los caracteres secuencialmente y a su vez determinar cual es el primer bit y el último que conforman el carácter, dado las distintas codificaciones existentes (ASCII, EBC, DIC, etc.)

Este tipo de sincronización tiene que decidir cuando empieza la información de un carácter y cuando termina. La polaridad de los bits de start y stop han de ser opuestos.

Con esta sincronización no todos los bits transmitidos son de datos propiamente dichos, por lo que debemos definir la eficiencia de transmisión E_t como la relación entre el número de bits de información y el número de bits totales.

$$E_t = \# \text{ bits de información} / \# \text{ bits totales}$$

En consecuencia, la velocidad efectiva de transmisión V_{ef} vale

$$V_{ef} = E_t \cdot V_t$$

Si se transmiten caracteres de 8 bits, incluido el bit de paridad, y el receptor es un 5% más rápido o lento que el emisor, el octavo muestreo estará desplazado un 45% que aún es aceptable.

Pero si la velocidad de transmisión es de 10000 bps, el tiempo de bit es 0,1 ms. Si el receptor está desincronizado un 6%, es decir, 6 μ s por cada bit, el octavo bit lo leerá erróneamente. En realidad tenemos dos errores, uno que el último bit muestreado será incorrecto y dos que la cuenta de bits puede estar desalineada. A este error se le llama error de delimitación de trama.

3.ARQUITECTURAS DE BUSES DE CAMPO PROPUESTAS

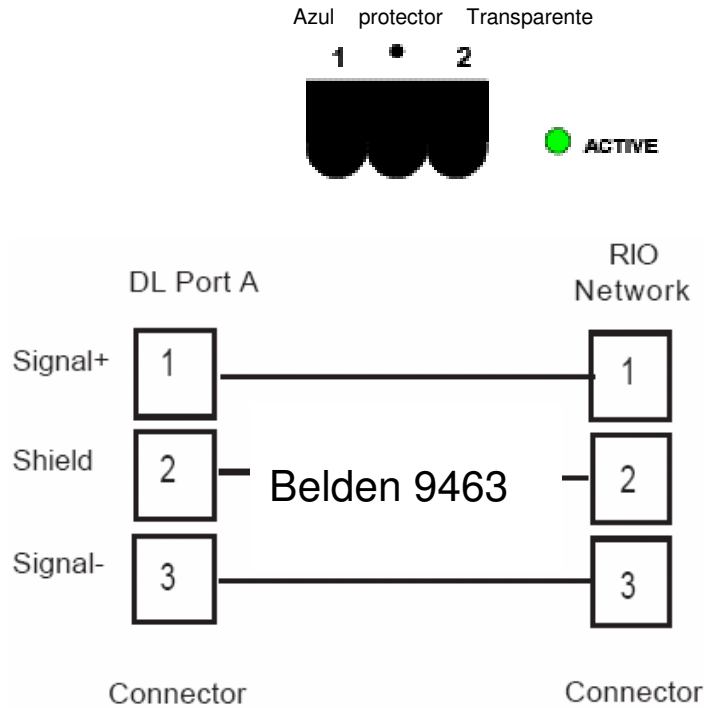
3.1 Remote input/output de Allen Bradley

El protocolo Remote Input /Output emplea una estructura de red maestro/esclavo y es propietario de Allen Bradley. El PLC (explorador ó scanner) actúa como el maestro de la red y controla todas las comunicaciones. El Terminal (adaptador) envía los datos recolectados según lo dirija el maestro. Los terminales representan los rack distantes en el Remote input/Output (RIO). Estas terminales, no pueden comunicarse directamente entre si: solamente con el PLC. Algunos dispositivos son compatibles con la función de paso (pass-thru), lo cual le permite configurar los dispositivos remotamente desde una red controlnet, ethernet ó DH+ a una Remote input/Output (RIO). Hay dos medios de mover datos sobre la red Remote input/Output (RIO).

3.1.1 Conexión con adaptadores

La interfaz de Remote input/Output (RIO) utiliza el cable estándar de Belden 9463 (manguera azul) con dos conductores AWG 20 con shield (55% coverage), diámetro del conductor 0.038 in, material tinned copper, el recubrimiento es de polietileno, con una, impedancia de 78 Ohms.

Figura 16. Conector Remote I/O



**Fuente: "Remote I/O adapter Driver manual", Prolinx communication gateways,Inc.,
Revisión 2.20 , , 7/1/2001. CA,USA**

No se proporciona ningún resistor de la terminación en la tarjeta de la comunicación del adaptador, por lo tanto cualquier resistencia necesaria de la terminación se debe aplicar en el conector de la Terminal.

En la interfase del adaptador de Remote input/Output (RIO) se tiene una serie de led para indicar el estado de comunicación siendo,

Figura 17. Indicaciones de interfase

LED	COLOR	DESCRIPCION
Activo	Apagado	Ninguna comunicación detectada. Verifique la conexión al explorador.
	Verde parpadeante	Verifique si el procesador está en programa, o duplique la dirección del nodo en red.
	Verde Fijo	Indicación normal.

**Fuente: "Remote I/O adapter Driver manual", Prolinx communication gateways,Inc.,
Revisión 2.20 , , 7/1/2001. CA,USA**

La capacidad extendida del nodo permite que se tengan hasta 32 adaptadores en el acoplamiento de Remote I/O usando un resistor de terminación de 82 ohmios en ambos extremos del cable. Esto aplica para todas las velocidades. La capacidad extendida del nodo puede ser utilizada solamente si se ha ampliado la capacidad del nodo. El tamaño del resistor depende de la velocidad y de la capacidad extendida del nodo.

Tabla III Valores de resistencia según velocidad y capacidad

	Velocidad de transmisión	Máxima distancia del cable	Capacidad Resistor
Capacidad extendida del nodo	57.6K baud	3048 metros	82 ohms ½ watt
	115.2K baud	1524 metros	82 ohms ½ watt
	230.4K baud	762 metros	82 ohms ½ watt
Sin Capacidad extendida del nodo	57.6K baud	3048 metros	150 ohms ½ watt
	115.2K baud	1524 metros	150 ohms ½ watt
	230.4K baud	762 metros	82 ohms ½ watt

3.1.2 Datos discretos

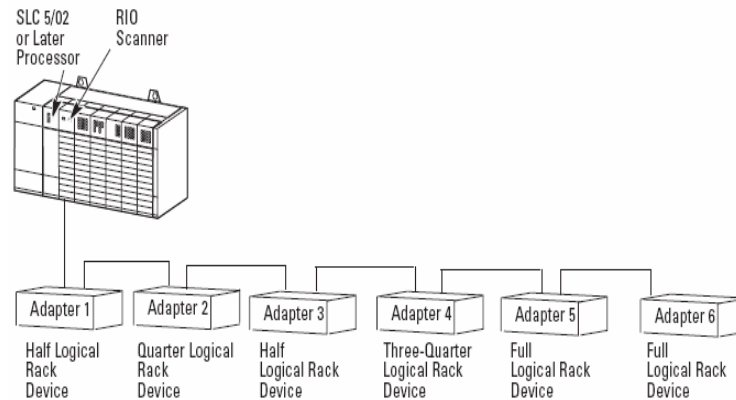
Los datos discretos están hechos de palabras de entradas y salidas (una matriz de 16 palabras) y direccionadas reflejan el estado de entrada y salida en la matriz. Los datos discretos se actualizan automáticamente en cada escaneo de la red por el maestro. Para un full rack, que contiene 8 palabras de entradas discretas y 8 palabras de salida discreta (representa un grupo de 8 módulos). El protocolo Remote input/Output (RIO) puede subdividirse en rack de ¼ de unidad, por lo que puede configurarse en ¼, 1/2, 3/4 y rack completo.

La tabla abajo define la cuenta de la palabra de la entrada-salida para las diversas selecciones de tamaño del rack:

Tabla IV Palabras de entrada – salida Remote I/O

Número de racks	Capacidad	Total a transferir
¼ Rack	1 Palabra de transferencia	2 Palabra de transferencia
½ Rack	3 Palabra de transferencia	4 Palabra de transferencia
¾ Rack	5 Palabra de transferencia	6 Palabra de transferencia
Full Rack	7 Palabra de transferencia	8 Palabra de transferencia

Figura 18. Diagrama de PLC con adaptadores (PLC que funciona como Scanner de RIO)



**Fuente: “Remote I/O adapter Driver manual” , Prolinx communication gateways,Inc.,
Revisión 2.20 , , 7/1/2001. CA,USA**

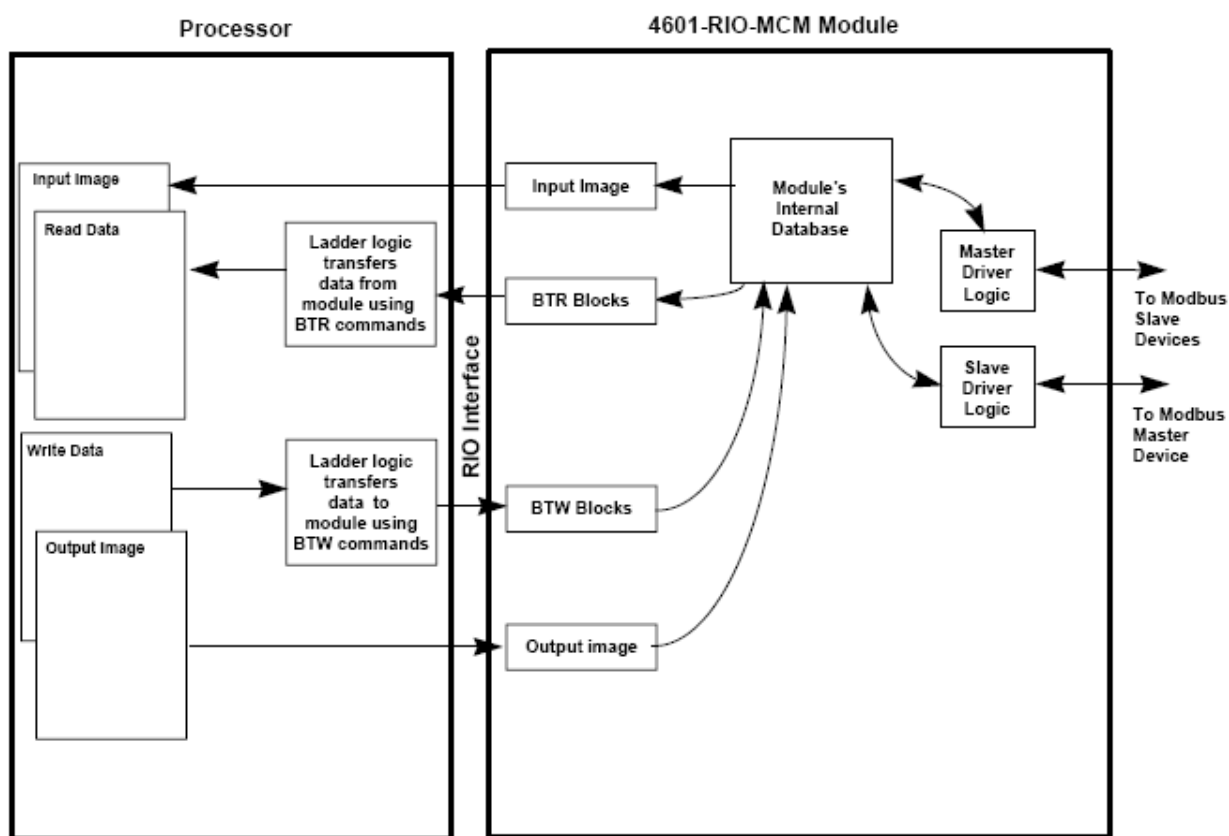
3.1.3 Bloque de datos de transferencia

Este tipo de datos permiten un intercambio de hasta 64 palabras y se actualiza sólo cuando lo requiera el escáner (que puede ser un PLC). Las direcciones de la transferencia de bloque están referenciadas al procesador. La transferencia de bloques de leer (BTR) son entradas al procesador y transfiere datos de la terminal al PLC. La transferencia de bloques escribir (BTW) son salidas del

procesador y transfieren datos del PLC a la Terminal. Para los propósitos de direccionamiento cada transferencia de bloques tiene una única salida y secuencia numerada que inicia con 1. El número de las transferencias de bloque pueden ser definido en función de las capacidades del hardware elegido.

El módulo continúa secuencialmente el listado que tiene y escribe los bloques configurados en el módulo para transferir los datos entre el módulo y el explorador de Remote Input/Output (RIO). El diagrama abajo exhibe estas relaciones:

Figura 19. Transferencia de bloques



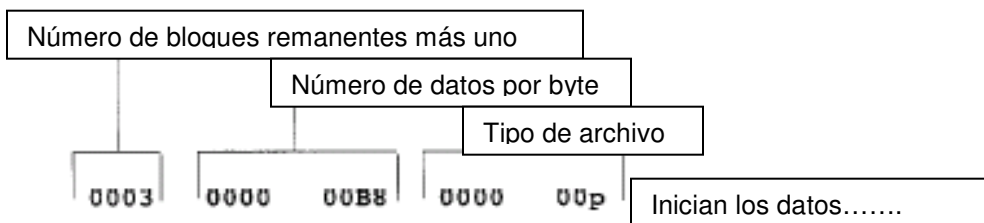
Fuente: "Remote I/O adapter Driver manual", Prolinx communication gateways, Inc.,
 Revisión 2.20 , , 7/1/2001. CA, USA

Cada transferencia de bloque utiliza 1 byte de los datos de la salida del rack. Un bloque simple de transferencia de leer y un bloque simple de transferencia de escribir pueden compartir el mismo byte, para un byte de control de módulo.

La lógica de la escala se debe programar en un PLC para realizar comandos de BTR/BTW de recibir y de transmitir datos entre el módulo y el PLC. El módulo también apoya transferencia de datos de alta velocidad limitada vía las imágenes de la entrada y de la salida.

La primera palabra del maestro demuestra el número de los bloques restantes más uno. Las dos palabras siguientes del maestro especifican el número de los octetos de datos en que el archivo particular (excepto el maestro).

Figura 20. Bloque de códigos



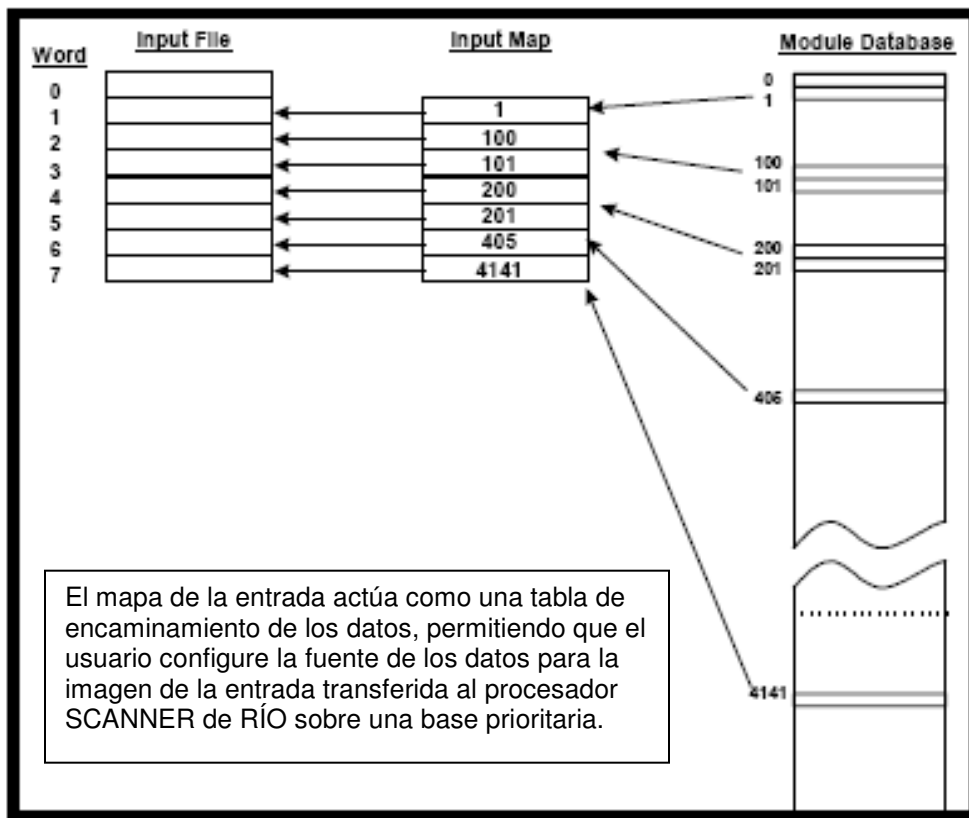
**Fuente: "Remote I/O adapter Driver manual", Prolinx communication gateways,Inc.,
Revisión 2.20 , , 7/1/2001. CA,USA**

Al usar el protocolo Remote input/Output (RIO), el código de estado (opcionalmente) se adquiere después del recibo de los datos usando se estructura un BTR adicional y la respuesta como sigue: Primera palabra: Contiene cuatro ceros significando que éste es el código de estado y la transferencia de datos es completa. Según lo descrito anterior, si la primera palabra contiene un número entero, el bloque no contiene un código de la respuesta, él contiene los datos solicitados.

- La primera palabra contendrá cuatro F si el PLC está ocupado el elaborar de los datos para una petición anterior.
- Segunda palabra: Esta palabra contiene el código de estado. Si es cero, entonces no ocurrieron errores. Si ocurre algún error, esta palabra contendrá el código que le corresponde al error.

El diagrama abajo ilustra la relación entre la base de datos interna, el mapa de la entrada y la imagen de la entrada del procesador:

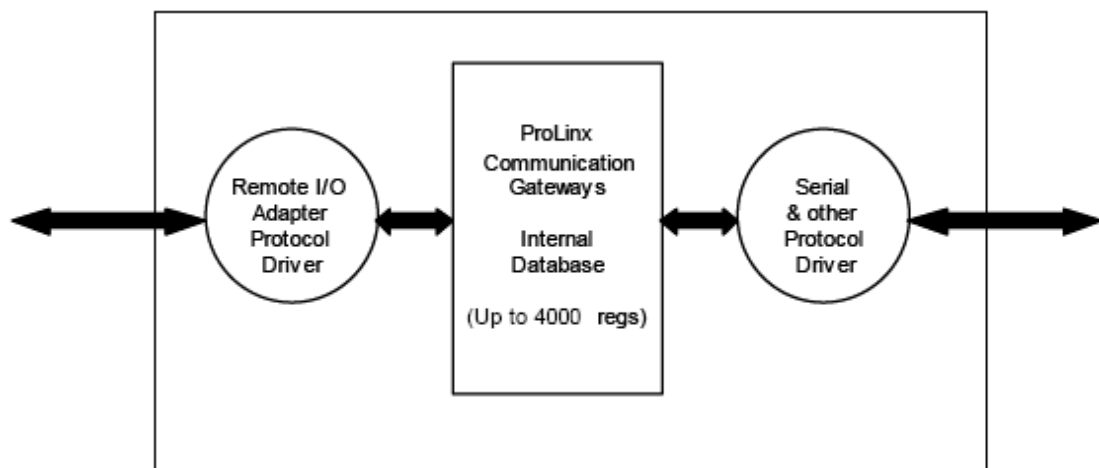
Figura 21. Base de datos Remote I/O



Fuente: "Remote I/O adapter Driver manual", Prolinx communication gateways, Inc.,
 Revisión 2.20 , , 7/1/2001. CA, USA

La central interna de la base de datos del módulo es la base de datos interna. Esta base de datos se comparte entre todos los puertos en el módulo y se utiliza como conducto para pasar la información a partir de un dispositivo en una red a unos o más dispositivos en otra red. Esto permite que los datos de los dispositivos en un puerto de comunicación sean vistos y que controlen los dispositivos en otro puerto.

Figura 22. Conexión entre redes Remote I/O



**Fuente: "Remote I/O adapter Driver manual", Prolinx communication gateways,Inc.,
Revisión 2.20 , , 7/1/2001. CA,USA**

Además de datos de los puertos del esclavo y del maestro, el estado y la información del error generada por el módulo se pueden también transmitir en la base de datos interna.

3.1.4 Comunicación secuencial

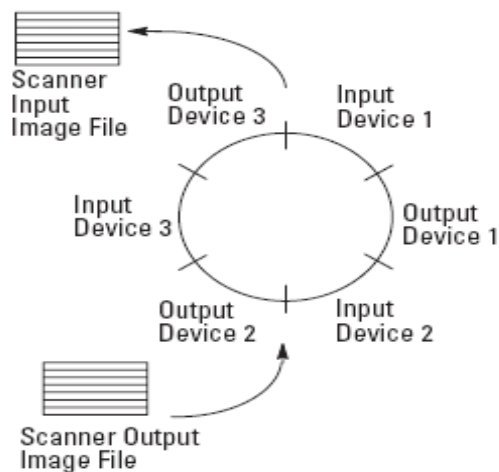
El explorador se comunica con cada dispositivo lógico en una manera secuencial. Primero, el explorador inicia la comunicación con un dispositivo enviando datos de la salida al dispositivo. El dispositivo entonces responde enviando sus datos de entrada de nuevo al explorador, según lo ilustrado en la figura 24. A este intercambio como una transferencia discreta de I/O. Después de que el explorador termina se le conoce la transferencia discreta de I/O con el último dispositivo configurado, comienza otra transferencia discreta de I/O con el primer dispositivo.

Es importante entender que el explorador transfiere los datos de RIO sobre una base lógica del dispositivo y no sobre una base del adaptador. Un dispositivo lógico es un rack o una porción lógica completa de un rack lógico asignado a un adaptador.

Figura 23. Escaneo de dispositivos

RIO Scanner Scan

El explorador pone al día su archivo de la imagen de la entrada cada vez que explora un dispositivo lógico



**Fuente: "Remote I/O adapter Driver manual", Prolinx communication gateways, Inc.,
Revisión 2.20, 7/1/2001. CA, USA**

La exploración del procesador de PLC y del explorador de Remote input/Output (RIO) son independientes (asincrónica). El procesador del PLC lee el archivo de la imagen de la entrada del explorador durante su exploración de la entrada y escribe el archivo de la imagen de la salida al explorador durante su exploración de la salida. El explorador de Remote input/Output (RIO) durante las entradas de la lectura y las salidas de la escritura a la imagen del explorador I/O archivan, independiente del ciclo de exploración del procesador de PLC.

Dependiendo de la configuración del procesador del PLC, el acoplamiento de Remote input/Output (RIO), y el tamaño del programa de uso, el explorador puede realizar exploraciones múltiples antes de que el procesador de PLC lea el archivo de la imagen de la entrada de los exploradores.

Las palabras 0 a 47 del archivo Matriz contienen el estado de todos los dispositivos en el acoplamiento de Remote input/Output (RIO) de los exploradores. La matriz es un archivo de lectura; no se escribe a este archivo. Las palabras 0 a 47 del archivo matriz proporcionan la información siguiente en el caso de un SLC 500 de Allen Bradley:

Palabra 0 (M1:e.0) y palabra 2 (M1:e.2) del estado de la comunicación (avería total y comunicaciones del dispositivo procuradas)

Palabra 3 (M1:e.3) y palabra 4 (M1:e.4) del estado de la velocidad de Remote input/Output (RIO) del estado de la dirección del dispositivo

Palabra 5 - 7(M1:e.5 – 7) palabra de estado de dispositivo activa complementaria Palabra 8 (M1:e.8) del estado del tamaño de la imagen

Palabra 9 - 11(M1:e.9 - 11) del estado de la dirección del dispositivo de primario/normal activas

Palabra 12-15 (M1:e.12 -15) estado de la avería del dispositivo

Palabra 16-31 (M1:e.16-31) las palabras de los contadores de la recomprobación del dispositivo de primario/normal

Palabra 32-47 (M1:e.32-47) contadores complementarios de la recomprobación del dispositivo.

El tiempo de la exploración de Remote input/Output (RIO) es calculado identificando el tamaño de la velocidad y de la imagen de cada dispositivo lógico en el acoplamiento de Remote input/Output (RIO). Los valores de tiempo de escaneo se muestran en la tabla VI. Si usted está utilizando los dispositivos lógicos múltiples, agregue los valores del tiempo juntos para determinar el tiempo total de la exploración de Remote input/Output (RIO) (T_{rio}).

$$T_{RIO} = T_{adapter1} + T_{adapter2} + T_{adapter3}$$

Tabla V Tamaño de adaptador Remote I/O

Tiempos de escaneo de los adaptadores			
Tamaño adaptador	Velocidad de transmisión		
	57.6 K	115.2 K	230.4 K
1/4 rack	6.0 ms	3.5 ms	2.5 ms
1/2 rack	6.5 ms	4.0 ms	2.75 ms
3/4 rack	7.5 ms	4.5 ms	3.0 ms
Full rack	9.5 ms	5.5 ms	3.5 ms

El protocolo Remote input/Output (RIO) en transferencia de bloques es realizada por un anfitrión tal como un procesador del PLC, un ordenador personal compatible de IBM usando la tarjeta explorador 6008-SI o un VME.

El protocolo Remote input/Output (RIO) requiere el uso de ciertos delimitadores del comando y de datos además del texto del comando.

Figura 24. Palabras de cabecera



Fuente: "Remote I/O adapter Driver manual" , Prolinx communication gateways,Inc.,
Revisión 2.20 , , 7/1/2001. CA,USA

Generalmente, se requiere para utilizar solamente la minúscula del alfabeto para los comandos. Sin embargo, las letras mayúsculas deben ser utilizadas si el parámetro especificado (nombre del archivo, nombre de la herramienta) contiene cualquier letra mayúscula.

Si un solo parámetro contiene más de una palabra separada por uno o más espacios, el parámetro entero se debe poner entre comillas.

El protocolo Remote input/Output (RIO) limita el tamaño de expedientes transmitidos a 64 palabras (maestro incluyendo). Si la longitud de un expediente

en una transmisión excede 64 palabras, el protocolo Remote input/Output (RIO) subdivide la transmisión en los bloques de 64 palabras de longitud.

3.1.5 Configuración de archivos

La configuración específica del protocolo de Remote input/Output (RIO) se extrae de un archivo ejemplo de la configuración de la unidad de Remote input/Output (RIO). Este ejemplo debe servir solamente para dar al programador una idea de cómo se estructura un archivo. Los archivos completos de la configuración se envían en cada unidad y están disponibles del Web site para cada uno de los productos. Estos archivos pueden servir como punto de partida para cualquier proyecto.

Figura 25. Archivo de conexión Remote I/O (ejemplo)

```
# This information is used to set up the RIO interface.
[RIO]
BTR Start Register      : 1000 #DB start address for BTR data
BTR Register Count     : 200 #Number of registers to transfer
BTW Start Register     : 0 #DB start address for BTW data
BTW Register Count     : 200 #Number of registers to transfer
Rack Size              : 3 #0=1/4, 1=1/2, 2=3/4 and 3=full rack
Rack Number            : 1 #Rack number of 0 to 63
Group Number          : 0 #Group number of 0, 2, 4 or 6
Last Rack              : Yes #Last rack value No, Yes
Data Rate              : 230 #57K, 115K or 230K baud rate for interface
Input Word 1           : 1000 #Database register for use with this word
Input Word 2           : 1010 #Database register for use with this word
Input Word 3           : 1011 #Database register for use with this word
Input Word 4           : 1023 #Database register for use with this word
Input Word 5           : 1033 #Database register for use with this word
Input Word 6           : 1037 #Database register for use with this word
Input Word 7           : 1047 #Database register for use with this word
Output Word 1          : 500 #Database register for use with this word
Output Word 2          : 501 #Database register for use with this word
Output Word 3          : 502 #Database register for use with this word
Output Word 4          : 503 #Database register for use with this word
Output Word 5          : 504 #Database register for use with this word
Output Word 6          : 505 #Database register for use with this word
Output Word 7          : 506 #Database register for use with this word
```

**Fuente: "Remote I/O adapter Driver manual" , Prolinx communication gateways,Inc.,
Revisión 2.20 , , 7/1/2001. CA,USA**

Además, el mapa del registro de la entrada-salida se utiliza para asociar los registros internos de la base de datos a las imágenes de la entrada y de la salida del PLC. La tabla debajo de listas que los parámetros definieron en esta sección:

Tabla VI Parámetros Remote I/O

Nombre	Rango	Descripción
Registro de inicio BTR	0 a 3999	Este parámetro especifica el registro que comienza en la base de datos virtual para los datos del BTR que se transferirán del módulo a un procesador.
Registro contador BTR	0 a 4000	Este parámetro especifica el número de las palabras de la base de datos que se transferirán del módulo usando la operación del BTR. Cada bloque de los datos transferidos del módulo a los procesadores puede contener hasta 60 palabras de datos.
Registro de inicio BTW	0 a 3999	Este parámetro especifica el registro que comienza en la base de datos virtual para los datos del BTW que se leerá en procesadores al módulo
Registro contador BTW	0 a 4000	Este parámetro especifica el número de las palabras que se aceptarán usando la operación del BTW. Cada bloque recibido por el módulo puede contener hasta 60 palabras de datos.
Tamaño Rack	0 a 3	Este parámetro especifica el tamaño del estante que el módulo debe emular. Los valores de código incorporados representan los tamaños siguientes del rack: el rack 0=1/4, el rack 1=1/2, rack 2=3/4 y 3=full rack. El tamaño del estante determina el número de las palabras de la entrada y de la salida.
Número de Rack	0 a 63	Este parámetro especifica el número del rack del interfaz de RÍO. Las entradas válidas son 0 a 63 y el número debe ser único en la red de RÍO.
Número de grupo	0,2,4,6	Este parámetro especifica el número de grupo para el interfaz de RÍO.
Ultimo Rack	Si ó No	Este parámetro especifica si el módulo es el último rack. Un sí significa el módulo es el último rack, y un no indica que el módulo no es el último rack.
Tarifa de datos	57,115,230	Este parámetro especifica la tarifa de transferencia de datos que se utilizará en el interfaz de RÍO. Las entradas inválidas para este parámetro fijarán automáticamente la tarifa de datos al baudio 57K.
Entrada de la palabra 1 a 7	0 a 3999	Este parámetro especifica la dirección virtual de la base de datos que se asociará al valor de la entrada. El módulo pondrá al día constantemente el valor de la palabra de entrada con los datos almacenados en el registro seleccionado.

3.2 Profibus

La red Profibus esta basada en los estándares de Fieldbus, realiza el proceso de adquisición de datos y los transmite a niveles gerenciales, pudiendo comunicarse a través de Ethernet y realizar aplicaciones en Novell Net o TCP/IP en paralelo y sin producir interferencia entre ellas.

Fieldbus permite disponer de una nueva tecnología para una nueva generación de sistemas de control y automatización, físicamente más simple, donde toda la rutina de control regulatorio y control lógico, es efectuado por dispositivos de campos, posibilitando además una arquitectura abierta donde cualquier fabricante de equipos de instrumentación pueda integrarse a la red de campo existen en una fábrica o empresa.

El medio físico que soporta a Profibus esta integrado por una Red Eléctrica (cable bifilar trenzado), Red óptica (cable de fibra óptica) o una combinación de ambas.

En las fabricas muchos componentes (como válvulas, actuadores, accionamiento, transmisores etc.), por lo general operan muy distante de las computadoras o autómatas. Por ello, hoy en día en el área de campo (espacio físico donde se efectúa el proceso de la fábrica) se instalan unidades periféricas descentralizadas (estaciones remotas de entradas y salidas); estas constituyen por así decir, la avanzada inteligente “in situ”.

Los usuarios (industrias o fábricas) requieren un sistema de bus de campo con las siguientes características:

- Aptitud universal para los más distintos equipos, sectores y aplicaciones
- Normalización en ISO, DIN u organismo de normalización semejante

El primer bus de campo que cumple estos requisitos es PROFIBUS. Normalizado con EN 50 170, tomo 2, norma PROFIBUS, este bus ofrece interfaces de usuario tanto para comunicaciones rápidas con dispositivos de campo, por ejemplo estaciones periféricas o descentralizadas o accionamientos, como para un amplio intercambio de dato entre equipos maestros.

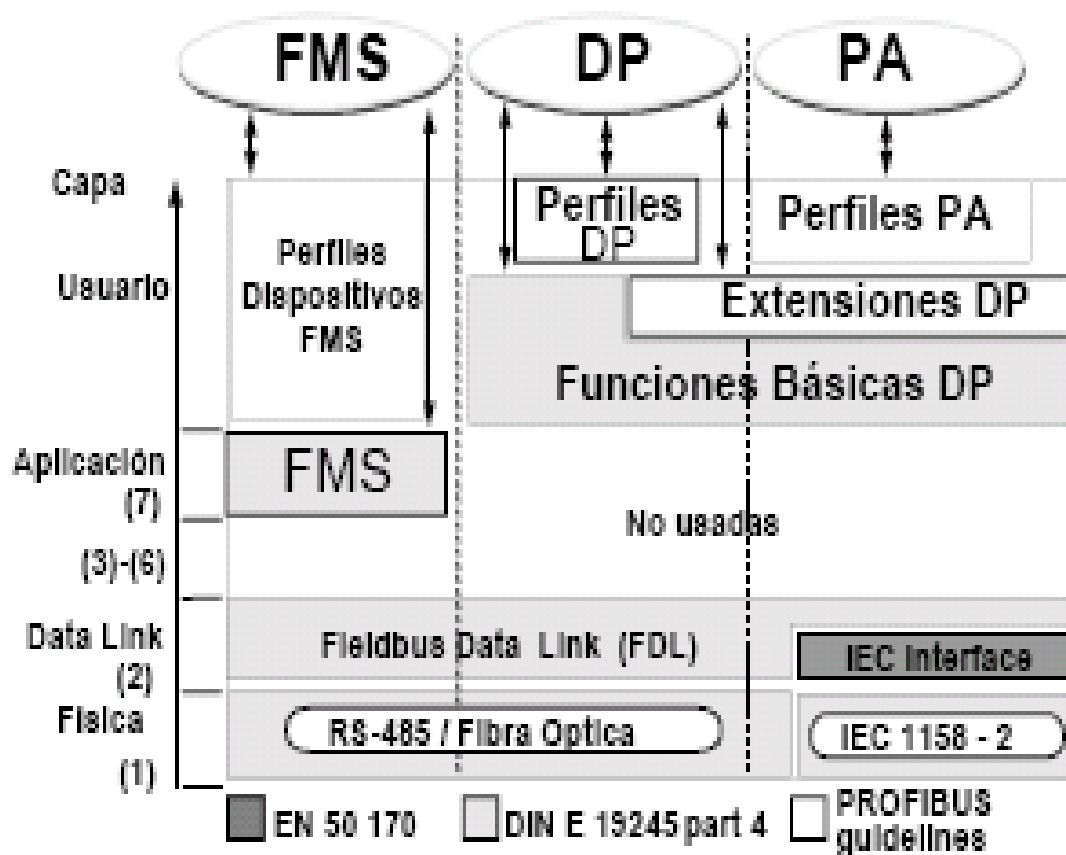
La rápida difusión del PROFIBUS pone de manifiesto la elevada aceptación entre los usuarios.

El PROFIBUS esta optimizado para el nivel de campo, lo cual pone de manifiesto también sus distintas interfaces de usuario:

- PROFIBUS-FMS: ofrece servicio de usuario estructurados para la comunicación abierta en pequeñas células (valores característicos de 10-15 equipos de automatización como autómatas SIMATIC o PCs). En estas configuraciones, lo principal es el voluminoso intercambio de información y no el tiempo de respuesta de los mismos.
- PROFIBUS-DP: Es la interfaz de usuario para el acoplamiento de dispositivos de campo (por ejemplo, accionamiento, estaciones periféricas descentralizadas ET200, isletas de válvulas).
- PROFIBUS-PA: Se utiliza para la automatización de procesos en recintos expuestos al peligros de explosiones (áreas clasificadas).

El proceso de transmisión cumple la norma internacional IEC 1158-2, el perfil de protocolo es PROFIBUS FMS(Siemens, Catálogo IK 10, 1997).

Figura 26. Tipos de profibus



Fuente: "Introduction to profibus DP", Acromag incorporated., Revisión 8500-698-A02M000 , 2002. MI,USA

El PROFIBUS ofrece, además de ello el interfaz optimizado SEND/RECEIVE para permitir una sencilla comunicación entre sistemas SIMATIC (equipos autómatas (fabricados por SIEMENS)).

Al igual que en el Ethernet Industrial, también PROFIBUS, permite la creación de una red con cable bifilar o cables de fibra óptica.

3.2.1 Funciones de Profibus

El método de acceso a PROFIBUS funciona por el procedimiento "*Token Passing* con maestro-esclavo subyacente" según EN 50 170, tomo 2. En este método se distingue entre estaciones de red activos y pasivos. El "Token" lo reciben únicamente la estación activa acoplada al bus. Este Token es el derecho a emisión a la siguiente estación dentro de un período de tiempo predefinido.

Se identifica automáticamente si ha fallado una estación acoplada al bus o si se ha incorporado una estación más. Todos los aparatos que integran la red deben estar configurados a idéntica velocidad de transmisión, en el caso específico de los equipos que lo necesiten se debe de configurar manualmente en su software.

3.2.2 Construcción de Profibus

Profibus ofrece un amplio espectro de componentes de red para sistemas de transmisión eléctricos y ópticos.

La red eléctrica utiliza un cable bifilar trenzado apantallado como medio de transmisión. La Interfaz RS 485 funciona con diferencia de tensión. Por este motivo, es más inmune a las interferencias que una interfaz de tensión o de corriente. En PROFIBUS los aparatos pertenecientes al bus están conectados a éste a través de un terminal de bus o un conector de conexión a bus (máximo 32 equipos acoplados por segmento). Los distintos segmentos se conectan a través de repetidores.

La red óptica de PROFIBUS, utiliza un cable de fibra óptica como medio de transmisión. La variante del cable de fibra óptica es inmune a las interferencias electromagnéticas, es apta para grandes distancias de transmisión (cables de fibra opcionalmente de plástico o vidrio).

La longitud máxima de segmento en la variante óptica del PROFIBUS es independiente de la velocidad de transmisión (excepción anillos ópticos redundantes.) La configuración de las redes de fibra óptica se realiza mediante OLMs - *Optical Link Module* - con cable de fibra óptica de vidrio o de plástico. Con OLMs es posible crear una red óptica con topología lineal, en anillo o en estrella. Con la ayuda de OLPs - *Optical Link Plugs* - se puede realizar anillos monofásicos sencillos de plástico. El aparato terminal se conecta directamente a OLM u OLP. La conexión de aparatos terminales a OLP se realiza únicamente con estaciones pasivas PROFIBUS (esclavos DP/FMS). Los anillos ópticos pueden configurarse como anillos monofásicos (económicos) o como anillos bifásicos (superior disponibilidad de la red).

Las redes combinadas son posibles estructuras mixtas de red PROFIBUS eléctrica y óptica. La transición entre ambos soportes se realiza a través del OLM.

En la comunicación entre los aparatos acoplados al bus no existe ninguna diferencia entre los que están interconectados a través de un sistema eléctrico y los que están a través de fibra óptica. Como máximo pueden conectarse 127 aparatos a una red PROFIBUS (Siemens, Catálogo, IK 10, 1997).

3.2.3 Profibus y el modelo OSI

Si el intercambio de datos entre sistemas de automatización se produce a través de un bus, es importante definir el sistema de transmisión y el procedimiento de acceso. Además, deben definirse informaciones, por ejemplo, sobre el establecimiento de las comunicaciones. Por este motivo, la Organización de Normalización Internacional (ISO), definió un modelo de siete niveles o capas. Este modelo se subdivide en dos secciones (Siemens, Catálogo, IK 10, 1997):

- Orientados al transporte (niveles 1-4)
- Orientados al usuario (niveles 5-7)

En cuanto al protocolo de acceso al bus, las tres versiones de PROFIBUS utilizan el mismo. Este protocolo es implementado en la capa 2 del modelo OSI e incluye la seguridad de datos, el manejo de los protocolos de transmisión y telegramas, control de acceso al medio (MAC), disponibilidad de los servicios de transmisión de datos y funciones de administración.

Las redes de comunicación industrial, permiten conocer todo lo referente a un proceso industrial a través de las variables fundamentales medidas por instrumentos instalados en campo, permitiendo a la gerencia saber como está funcionando su empresa.

Además otro aspecto fundamental es que permite controlar a grandes distancia la planta. Para realizar el control y poder integrar cada uno de los instrumentos de campo es necesario tener un estándar para que puedan ellos comunicarse.

Profibus, basada en el estándar de la Fieldbus, permite acoplar diferentes equipos de marcas distintas. Puede formar diferente topología (estrella, bus lineal o token) siempre con arquitectura abierta.

3.2.4 Profibus DP

Profibus fue creado en 1989 por el gobierno alemán con la cooperación de varios fabricantes de equipos de automatización. Es un formato diseñado específicamente para entregas de alta velocidad I/O en usos de la automatización de la fábrica y del edificio. Es un estándar abierto y se reconoce como el Fieldbus más rápido de la operación hoy. Se basa en RS485 y la especificación eléctrica europea EN50170. El sufijo del DP refiere a la periferia descentralizada, que se utiliza para describir a los dispositivos de I/O distribuidos conectados en una transmisión de datos seriales con una unidad central de procesamiento.

Profibus se basa en estándares internacionales universales y se orienta al modelo de la referencia de la OSI (interconexión de sistema abierto). En este modelo, cada capa maneja tareas exactas definidas. El DP de Profibus utiliza solamente las capas 1 y 2 de este modelo, más el interfaz utilizador. Las capas 3 a 7 no se utilizan.

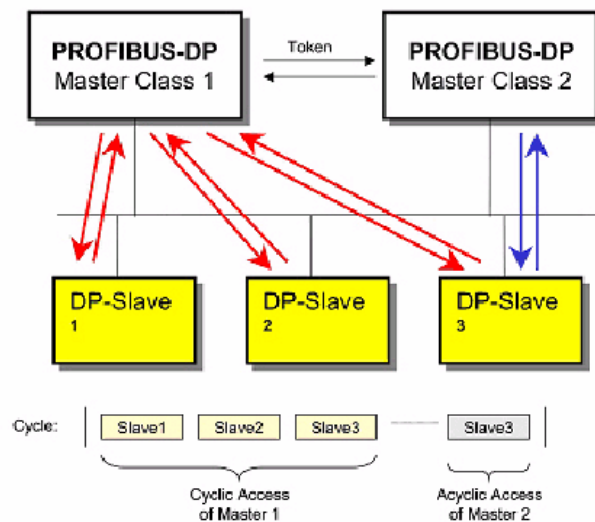
Un sistema de Profibus utiliza un master para supervisar los dispositivos auxiliares distribuidos. Un esclavo de Profibus es cualquier dispositivo periférico (el transductor de I/O, la válvula, o un dispositivo de medición) que procese la información y envía su salida al master. El esclavo forma una estación pasiva en la red puesto que no tiene derecho de acceso al bus, y puede reconocer solamente mensajes recibidos, o envíe los mensajes de respuesta al master por requerimiento. Es importante observar que todos los esclavos de Profibus tienen la misma prioridad.

El Profibus DP define dos clases de masters. Un master de la clase 1 (principal) maneja la comunicación o el intercambio normal de datos con los esclavos asignados a él. Un master de la clase 2 (secundario) es un dispositivo especial usado sobre todo para comisionar esclavos y para los propósitos de diagnóstico.

Un dispositivo principal de la clase 1 puede ser un PLC, o una PC que funciona con un software especial. El master de la clase 1 fija la velocidad de transmisión y los esclavos la auto-detectan, maneja el intercambio de datos con los esclavos asignados a él, y actúa como el regulador principal para el intercambio de la información de I/O con sus esclavos distribuidos. Un master puede comunicarse activamente con sus esclavos asignados, pero solamente de forma pasiva con otro dispositivo principal de la clase 2. El master de la clase 2 es generalmente un dispositivo de configuración, quizás una computadora portátil o una consola de programación, comisionada para mantenimientos, o propósitos de diagnóstico. Actúa como un master de supervisión en que puede comunicarse activamente con los masters de la clase 1 y sus esclavos, además de sus propios esclavos, pero generalmente solamente con el fin de configuración, diagnosis del problema, e intercambio de datos/parámetros.

El DP de Profibus funciona normalmente con una transferencia cíclica de datos entre el master y el esclavo en una red RS485 de forma determinista. Es decir, un master asignado solicita periódicamente datos a cada nodo (esclavo) en la red.

Figura 27. Ciclo de interrogación masters - esclavos



Fuente: “Automatización de procesos industriales”, Emilio García Moreno, Editorial SPUPV , 1999. Capítulo I

La longitud y la sincronización de los datos de I/O que se transferirán de un solo esclavo a un master se predefine en la base de datos del archivo de GSD. Los archivos de GSD de cada dispositivo conectado a la red se compilan en un expediente principal de parámetros que contenga datos de la configuración y la asignación de la dirección los dispositivos conectados. Un master utiliza esta información para instalar la comunicación con cada esclavo durante el inicio - run -.

Después de que un master reciba su expediente principal del parámetro, está listo para comenzar a intercambiar datos con sus esclavos. Durante el inicio, un master procura establecer el contacto con todos los esclavos asignados a él. Cada esclavo debe ya tener una dirección válida única a partir de la 0-125 para comunicarse con el master. Cualquier esclavo que tenga una dirección del defecto de 126 aguardar el comando de *Set_Slave_Address* de un master de la clase 2 antes de que pueda ser dado los parámetros. El master comienza la comunicación con el esclavo de más baja dirección. Un master enviar bloques con los parámetros de la configuración a todos sus esclavos asignados. Si un esclavo adicional se agrega al bus de la red y no se tenía en el expediente principal, un nuevo expediente principal se genera y una nueva configuración debe ser realizada de modo que el master sea informado del estado del nuevo dispositivo.

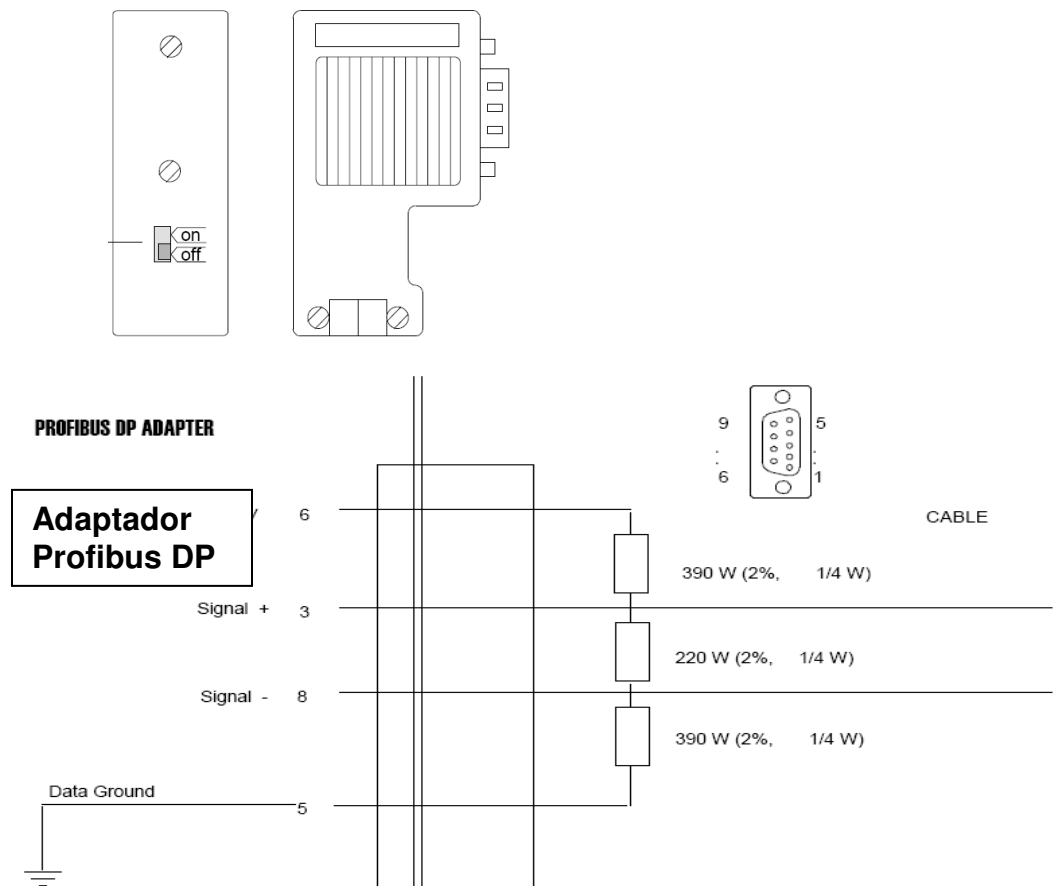
El DP de Profibus utiliza a menudo solo un dispositivo principal de la clase 1 (Principal), sin embargo, Profibus también permite la comunicación acíclica entre los masters de la clase 2 y los esclavos, haciendo más de una estación activa o master posible. Un master de la clase 1 detectar automáticamente la presencia de una nueva estación activa conectada al bus de la red. Cuando el master de la clase 1 termina su ciclo de la interrogación, concede el acceso temporal al master de la clase 2. Se mantiene el comportamiento determinista porque el master de la clase 2 puede utilizar solamente el tiempo asignado a él. Aunque, la operación del mono-master se recomienda generalmente, no es obligatorio.

Es posible que un master de la clase 2 asuma el control temporalmente de un esclavo del master de la clase 1. Durante este tiempo, el esclavo parar su intercambio de datos normal con su master de la clase 1. El master de la clase 1 reconoce esto y proceder cíclicamente a solicitar diagnóstico del esclavo, comprobando su dirección.

3.2.4.1 Conector Profibus

El conector de la terminal en el módulo tiene una configuración de un DB-9 macho, internamente se ubica la resistencia que sirve de terminador de nodo al colocar un switch del conector en posición ON, de modo contrario indica que no es el ultimo nodo.

Figura 28. Conector Profibus DP



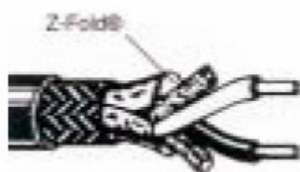
Fuente: "Profibus Adapter", Cat. No. 1794-APB. Allen-Bradley, Publicado en Abril 1996.

Para Profibus DP y FMS se tiene como estándar Belden EN50170/ DIN 19245-2 con las siguientes características de cable:

Figura 29. Características cable profibus

Cable DataBus® Profibus

Cable con blindaje lámina Beldfoil® y malla 65%



Conductores monofilares, cobre estañado, aislante Polietileno celular, blindaje Beldfoil® 100% y malla 65%, funda PVC gris. 300 V. TC. 75° C. Sinec L2

Referencia	Descripción	Imp. Ohms	Ø ext. mm	pF/m	Cod. Color
22AWG - 0.35 mm ²					
21020003079A	Belden par doble apant.	150	8.00	29.5	Rojo Verde

Fuente: “Estándares y normas de cables”, Gote S.A. Telecomunicaciones, <http://www.gote.com>

Tabla VII Características cable profibus

■ Estándar	PROFIBUS según EN 50 170	
■ Método de acceso	Paso por testigo con maestro-esclavo	
■ Velocidad de transmisión	9.6 kbit/s - 12 Mbit/s	
■ Medio de transmisión	eléctrico:	cable de dos hilos apantallado
	óptico:	cables de FO (cristal y plástico)
	sin hilos:	infrarrojos
■ Máx. nº de nodos	127	
■ Tamaño de la red	eléctrica:	máx. 9.6 km (depende de velocidad)
	óptica:	150 km (depende de velocidad)
■ Topologías	Bus, árbol, estrella, anillo, anillo redundante	
■ Aplicaciones	Comunicación de proceso, campo o datos	

3.2.4.2 Tipos de transmisión

El DP de Profibus utiliza dos tipos de servicios de transmisión al enviar los bloques de mensajes que se resumen en:

3.2.4.2.1 SRD (envíe y solicite los datos con reconocimiento)

Con SRD, el master envía datos de la salida al esclavo y recibe datos de entrada del esclavo dentro de un período del tiempo especificado, en un solo ciclo del bloque.

3.2.4.2.2 SDN (envíe los datos sin reconocimiento)

Se utiliza este servicio cuando un mensaje se debe enviar simultáneamente a un grupo de los esclavos ó a todos los esclavos (difusión), sin estos responder al mensaje.

3.2.4.3 Formato de caracteres de Profibus DP

Todos los caracteres de Profibus se agrupan en 11 bits (1 bit de comienzo + 8 bits de datos + 1 bit de paridad uniforme + 1 bit de parada). Profibus DP intercambia datos en el código de NRZ (no vuelta a cero). Es decir, la forma de la señal de 0 o 1 binario no cambia durante la duración del bit. Si no se está transmitiendo nada, el potencial del estado IDLE en la línea es 1. Un bit de comienzo hace la línea ir a 0.

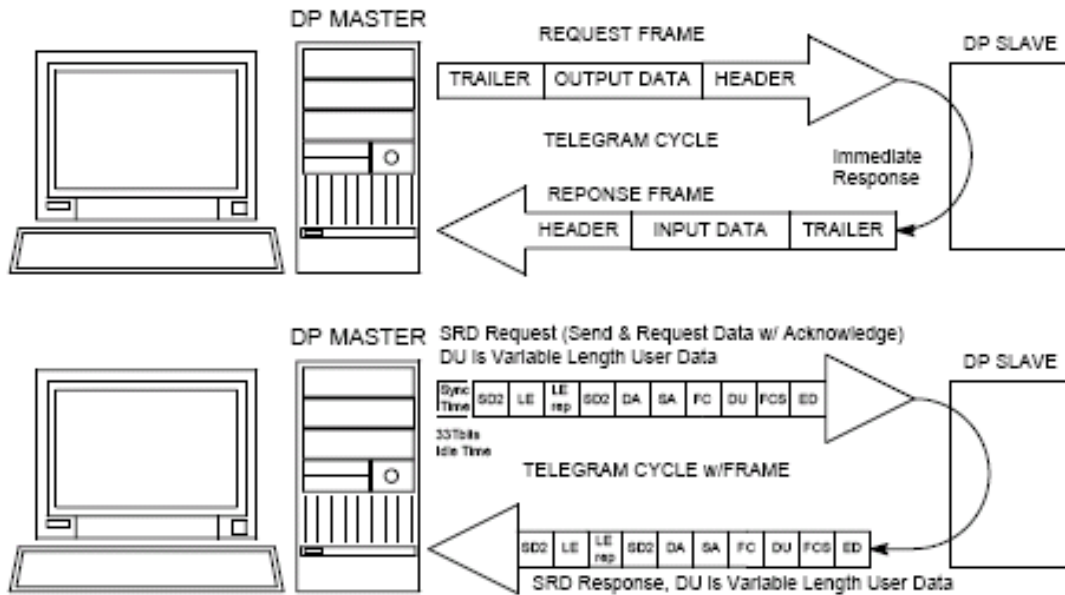
Tabla VIII Formato de caracteres Profibus DP

Profibus NRZ-Coded Character Frame (Even Parity)

Start	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Parity	Stop
"0"	0	1	2	3	4	5	6	7	even	"1"
←	LSB	←	←	←	←	←	←	MSB	←	←

Este marco del carácter se aplica a todos los octetos de dato/carácter, incluyendo los octetos del master. Cuando los mensajes se transmiten en las redes seriales de Profibus, cada octeto del carácter o de datos se envía en la orden del menos significativo (lsb) a él más significativo (msb). Para la transferencia de la palabra (más de 1 octeto), el alto octeto es transmitido primero, seguido por el octeto bajo (formato de Big-Endian/Motorola).

Figura 30. Transferencia de palabras profibus



Fuente: “Fundamentals of programmable Logia Cronrollers”, Jon Stenerson, Editorial Prentice Hall, 1999. Capitulo 10

3.2.4.4 Velocidad del bus

Profibus DP utiliza un mecanismo de la interrogación entre el master y el esclavo. El tiempo que toma un esclavo para responder a un mensaje del master es el tiempo de reacción. Porque Profibus DP es determinista, podemos calcular un tiempo de reacción confiable del sistema por lo que se definen los siguientes terminos para ello.

3.2.4.4.1 Bit time

Para ayudar a simplificar cálculos de la sincronización, es conveniente normalizar las unidades del tiempo con respecto a la velocidad usando unidades del tiempo (T_{bit}). Un lapso de tiempo que toma para transmitir un bit y es el recíproco de la tarifa de la transmisión (velocidad). Por ejemplo:

$$1 T_{bit} \text{ (bit time) en 12MB} = 1/12000000\text{bps} = 83\text{ns/bit}$$

3.2.4.4.2 Sync time

Sync time (T_{syn}) es el tiempo de sincronización mínimo que una estación debe permanecer en el estado de espera antes de que pueda aceptar otra petición. Para Profibus DP, un estado espera de 33Tbits debe estar presente antes de cada llamada.

3.2.4.4.3 Slave reaction time

Slave reaction time (T_{sdr}) tiempo que toma a un esclavo para responder a un mensaje. Se expresa a menudo como un valor mínimo (minuto TSDR), o valor

máximo (máximo TSDR). El minuto T_{sdr} se fija dentro del bloque de parametrización durante arranque. El máximo T_{sdr} varía con la velocidad de la transmisión y se especifica en las velocidades apoyadas dentro del archivo del dispositivo GSD. Este valor puede extenderse de un mínimo de 11Tbits (defecto del minuto TSDR) a un máximo de 255Tbits.

3.2.4.4 Initiator delay time

Initiator delay time (T_{sdi}), se refiere al retraso de una estación a una petición del maester.

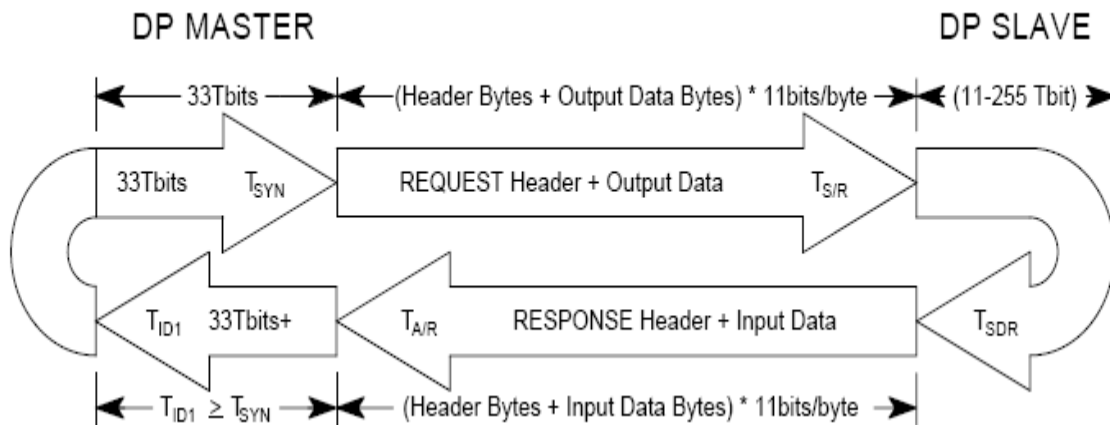
3.2.4.5 Initiator idle time

Después de recibir un bloque atrazado de un mensaje, el master espera esta cantidad de tiempo hasta que envía el siguiente bloque. siendo por lo menos el tiempo de la sinc time. (T_{SYN}), más un cierto margen de seguridad (T_{sm}), pero también se calcula como el máximo de estos valores: $T_{SYN} + T_{sm}$. La adición del margen de seguridad (T_{sm}) es muy importante en las altas velocidades.

3.2.4.4.6 Minimum slave interval

Es el tiempo mínimo que debe expirar entre dos ciclos auxiliares de la interrogación en los cuales un esclavo pueda intercambiar datos por el master, él controla el ciclo del bus con este parámetro. Se define en el archivo de los esclavos GSD va el parámetro Min_Slave_Interval, que se especifica como factor de 16 bit (Min_Slave_Interval = 1 es 100us).

Figura 31. Tiempos de transferencia de palabras profibus



Fuente: "Fundamentals of programmable Logia Cntrrollers", Jon Stenerson, Editorial Prentice Hall, 1999. Capitulo 10

3.2.4.5 Requerimientos de software

Los fabricantes de PLCs ofrecen el software de la configuración para sus productos que hagan fácil generar el expediente principal del parámetro para sus dispositivos. Para iniciar un sistema de Profibus, se necesitar una herramienta de la configuración del software, tal como software del conexión y del juego de Allen Bradleys, o el paquete de COM Profibus de Siemens. Este software configura las estaciones activas y les dice qué dispositivos están presentes en el bus y cuántos datos necesitan intercambiar. La lista de asignación de la dirección asigna a cada octeto remoto de I/O a una dirección única en el espacio de I/O del espacio del master.

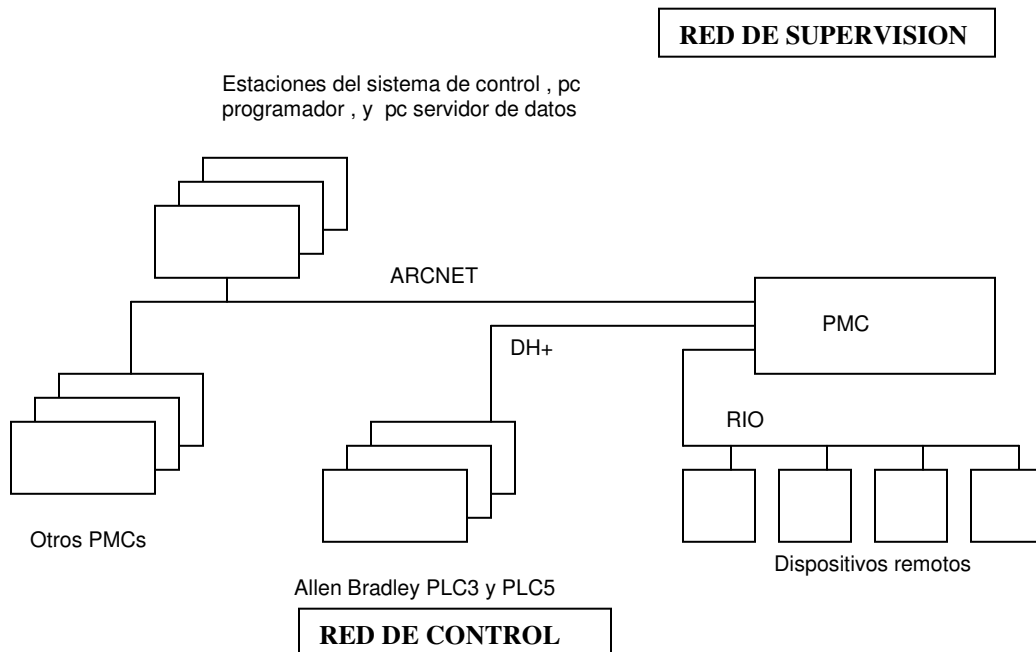
4.DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN

En esta toma de decisión para el cambio de arquitectura digital se necesita conocer las descripciones de ambas arquitecturas a detalle como se presentó en el capítulo anterior, además de estar apoyados por otros aspectos importantes que se presentan a continuación.

4.1 Especificaciones de equipos instalados

Para el control de procesos de fábrica se tienen los siguientes equipos instalados:

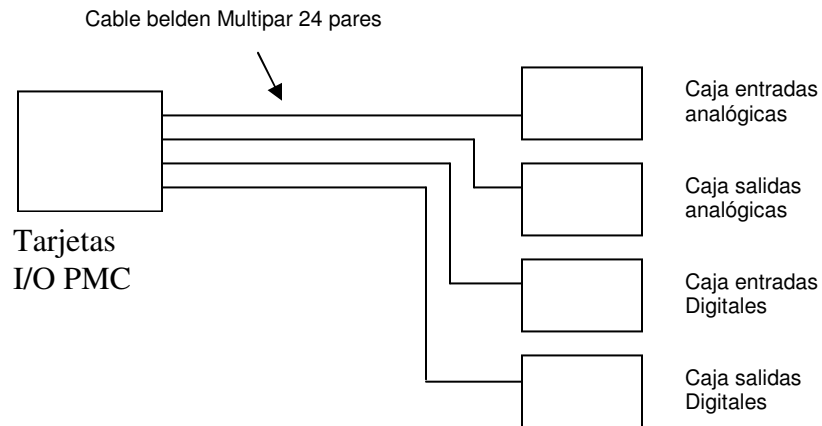
Figura 32. Diagrama de control de procesos (Remote I/O)



PMC:

- Arquitectura basada en 4 procesadores matemáticos (80386 SX y 80387 SX) de 16MHz y coprocesadores para las I/O, 16 bit (80186EB de 16 MHz) para funciones de aplicaciones de programa, 16 bit (80186EB de 16 MHz) de control para supervisión de comunicaciones de red y un coprocesador matemático para cálculos complejos de las distintas aplicaciones.
- La comunicación del PMC hacia otros equipos esta determinada en tres vías, la de comunicación a equipos de supervisión/visualización (ARCNET), equipos de control/esclavos y dispositivos periféricos (RIO)
- El sistema de control se puede gestionar con una variedad de lenguajes de programación aptos para diferentes aplicaciones
- El sistema cuenta con módulos para manejo de históricos, alarmas y datos de proceso.
- I/O, tarjetas independientes de 16 canales para comunicación analógica (corriente ó voltaje) y tarjetas independientes de 16 canales para comunicación digital (entradas de 24 voltios DC y salidas de 120 voltios AC) conectadas directamente a la base de datos del procesador.
- Control centralizado de tarjetas de entradas y salidas analógicas y digitales necesitándose cajas de distribución como lo muestra el esquema.
- Sistema de watchdog y configuración de protección de memoria.

Figura 33. Diagrama de distribución centralizado de señales



- Utilizando el protocolo de comunicación de Allen Bradley, el PMC permite distribuir aún más las señales analógicas y digitales a través de un sistema de multiplexación (ver figura 32).

Dispositivos remotos:

- Comunicación con cabecera RIO a varias velocidades de transmisión y configuración de direccionamiento de nodo.
- I/O digitales de dispositivos de campo.
- I/O analógicas de dispositivos de campo.

Estaciones del sistema de control

- Computadoras de monitoreo, programación y servidores con tarjetas de comunicación Arcnet
- PC con 256 M de memoria ram o más, procesador mayor al Pentium II y disco duro mayor de 10 GBytes.

Otros PMC

- Enlace de información entre PMCs para ser monitoreados conjuntamente sin interferir unos con otros desde las PC de supervisión de los distintos procesos.
- PMCs con tarjetas de comunicación Arcnet

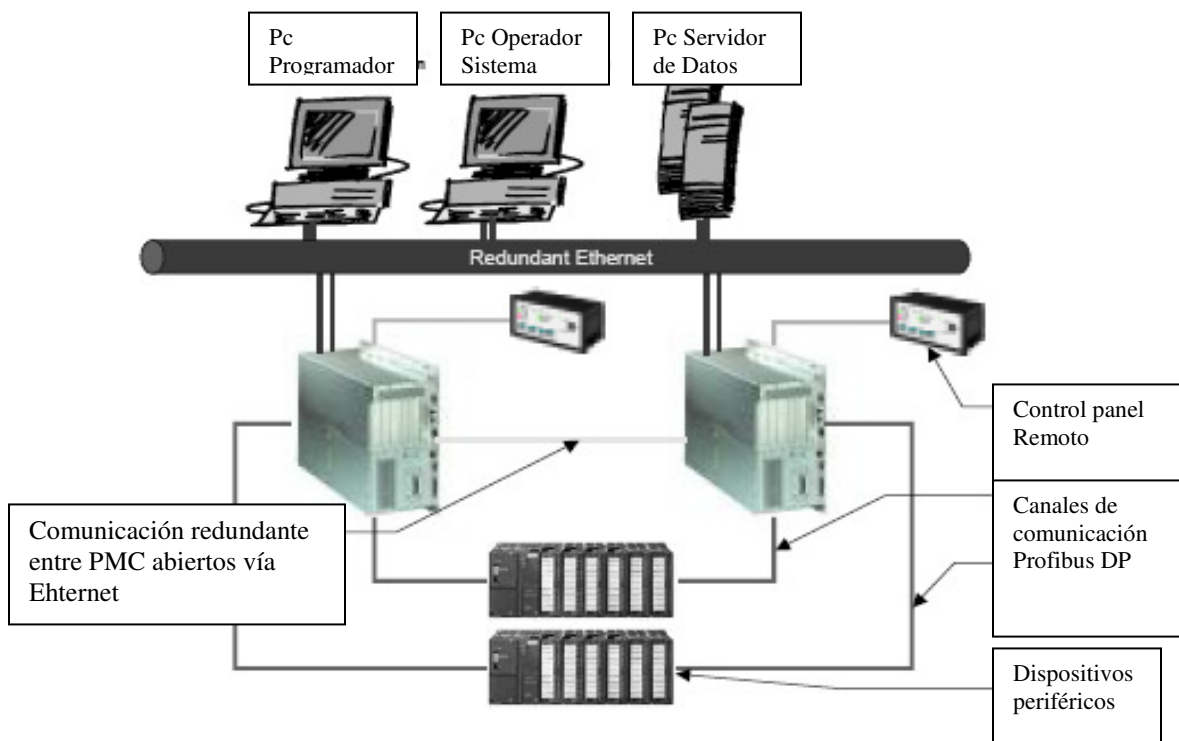
Allen Bradley PLC3 y PLC5

- Comunicación vía DH+ con PLCs esclavos

4.2 Especificaciones de equipos a instalarse

Para el control de procesos de fábrica se tienen contemplado los siguientes equipos para realizar el cambio de arquitectura:

Figura 34. Diagrama de control de procesos (profibus)



PMC Abierto:

- Arquitectura basada en una PC de tipo industrial en una cubierta resistente, Procesadores desde Pentium II, memoria Ram mayor de 512 Mb, Disco duro mayor a 40Gb.
- Interfases de comunicación Ethernet industrial con protocolo TCP/IP, puertos USB, paralelo, serial, puertos profibus DP de 12 Mb de velocidad, puertos para fibra óptica y un control panel remoto.
- Sistema operativo basado sobre la plataforma Windows 2000

- Sistema de protección electromagnética con normas EN 55022 Clase A.
- Sistema descentralizado de dispositivos I/O.
- Sistema de watchdog y redundancia.

Pc programador:

- Pc desktop con plataforma Windows mayor a Pentium II, memoria Ram mayor a 256 MB.
- Interfase de comunicación con PMC abierto vía Ethernet industrial.
- Paquete de programación con licencia para PMC abiertos.

PC Operador sistema

- Pc desktop con plataforma Windows mayor a Pentium I, memoria Ram mayor a 128MB.
- Interfase de comunicación con PMC abierto vía Ethernet industrial.
- Tamaño del monitor adecuado a los procesos de monitoreo
- Paquete de visualización con licencia para PMC abiertos.

PC Servidor de datos

- Pc desktop con plataforma Windows Server mayor a Pentium II y capacidad de disco duro mayor a 30Gb, memoria Ram mayor a 512 MB.
- Interfase de comunicación con PMC abierto vía Ethernet industrial.
- Tamaño del monitor adecuado a los procesos de monitoreo
- Paquete de visualización con licencia para PMC abiertos.

Control panel remoto

- Interfase de comunicación del PMC abierto de forma externa con funciones de run/Stop con llave de seguridad.
- visualización de comunicación activa de los puertos Ethernet y profibus

Dispositivos Periféricos

- Unidades remotas con adaptador de comunicación profibus.
- Cantidad de dispositivos o nodos por línea profibus es de 127.

4.3 Análisis de costos comparativos

Otro aspecto importante a tomar en cuenta es la diferencia de costos de los materiales y equipos a utilizar en el cambio de arquitectura como se muestra en la siguiente tabla comparativa especificándose en paréntesis el porcentaje de ahorro con respecto a la otra opción,

Opción A	Remote input / output
Opción B	Profibus DP

Tabla IX Comparativo costos

Descripción	Opción de menor Costo	Opción de mayor Costo
Unidad de procesamiento central	A (40.38%)	B
Cable de Red	B (30.23%)	A
Adaptadores de interfase de Red	B (42.81%)	A
Tarjetas de señales I/O	B (70.23%)	A
Cable de distribución extendida de señales I/O	B (100.00%)	A
Conectores de red	A (60.78%)	B
Costo de mano de obra e instalación de tuberías de distribución de señales I/O	B (40.56%)	A
Costo materiales para la distribución de las señales I/O	B (35.23%)	A

Tabla X Comparativo características cualitativas

Descripción	Opción A	Opción B
Configuración y programación de módulos esclavos	Lenta	Rápida
Obsolescencia de Hardware (tarjetas de I/O, CPU, etc)	Descontinuado o por descontinuarse	Disponibles
Espacio destinado a los equipos	3.5mts x 1mts x 2.20mts Incluye el CPU, tarjetas I/O, sin centro de distribución eléctrica incluida	1mts x 1mts x 2.20mts Incluye el CPU y su centro de distribución eléctrica
Aire acondicionado destinado al cuarto de control	Alta capacidad	Mediana capacidad
Mantenimiento de Hardware del sistema de control	Detallada	Relativamente Fácil

Para el análisis de estos datos se debe de tomar en cuenta que al conocer el precio de los equipos de alguna de las opciones presentadas se conocerá la diferencia de costo con respecto a la otra opción. Los. Precios no se muestran por razones de confidencialidad.

La opción B presenta las mejores opciones en cuanto a equipos y costos de instalación. La opción A es menos costosa únicamente en lo que se refiere a la unidad central de procesamiento. De lo anterior podemos decir que la opción A no es una alternativa ventajosa en lo que a costos se refiere.

Los equipos a reutilizarse son:

- Computadores de supervisión
- Computadores de programación
- Computadores servidores
- Cajas de control remota
- Cableado a cada señal I/O desde caja remota
- Dispositivos de medición

4.4 Análisis de las dos arquitecturas

Para analizar las diferencias entre las dos arquitecturas definiremos varios aspectos en el siguiente cuadro:

Tabla XI Comparativo arquitecturas

	Remote Input /Output	Profibus DP
Método de acceso	maestro - esclavo	maestro - esclavo
Velocidades de transmisión	57.6K baud, 115.2Kbaud, 230.4K baud	9.6Kbaud, 19.2Kbaud, 93.75Kbaud, 187.5Kbaud, 500Kbaud, 1.5Mbaud, 3Mbaud, 6Mbaud, 12Mbaud

Continuación

Máximo No. de nodos	32	127
Máxima cantidad I/O	128	1024
Tipo de sistema	Propiedad de Allen Bradley	Arquitectura Abierta
Medio físicos de transmisión	(20AWG - 78 ohms impedancia, 7x28)	(22AWG- 52.5 ohms impedancia, Sólido)
Tamaño máx. de la red	Eléctrica 3.048Km	Eléctrica 100-1200 mts 9.6Km, Óptica 150 Km
Tipo de comunicación de datos	Asíncrono	Síncrono
Medios de transmisión	Eléctrico, óptico	Eléctrico, óptico
Servicio de comunicación	RS485	RS485, EN50170
Máximo tamaño de bloque transferido	64 words	122 words
Capas utilizadas del sistema OSI	1-2	1-2
Topologías	Bus de datos	Bus de datos

Continuación

<p>Configuración de velocidad de transmisión de dispositivos periféricos</p>	<p>Se debe configurar todos los dispositivos a la misma velocidad de transmisión que el master</p>	<p>Solo en algunos casos específicos es necesario configura la velocidad en el dispositivo ya que el master automáticamente lo realiza.</p>
<p>Tipo de archivo de comunicación maestro esclavo</p>	<p>BTR (Block transfer Read) y BTW (Block transfer Writer)</p>	<p>GSD (electronic device data sheet)</p>
<p>Velocidad de transmisión máx. por bit</p>	<p>35ms</p>	<p>83ns</p>

CONCLUSIONES

1. La estructura de comunicación de Remote I/O es muy eficaz, en términos de señales discretas, pero, al tener bloques con mayor tamaño de palabras, se comienza a hacer ineficiente en la recepción de la información con el master. Siendo la opción de Profibus DP, la que traen consigo mayor velocidad de procesamiento de estos datos y mayor capacidad de envío de bloques.
2. El tipo de procesador de datos es un factor importante, al comparar la capacidad de procesamiento de un procesador 80386 sx (RIO) con un Pentium II (Profibus) la alternativa de de Profibus DP es más conveniente.
3. La cantidad de información que puede ser obtenida de los dispositivos periféricos es mayor si se utiliza Profibus DP que Remote I/O. Además, cada dispositivo de campo en Profibus DP es un dispositivo inteligente y puede llevar a cabo funciones propias de control, mantenimiento y diagnóstico.
4. Cada nodo de la red Profibus DP puede informar, en caso de fallo del dispositivo asociado, aumentando la eficiencia del sistema y reduciendo la cantidad de horas de mantenimiento necesarias.
5. Al comparar ambas arquitecturas el ahorro proviene fundamentalmente de tres fuentes:
 - ahorro en costo de instalación;
 - ahorro en el costo de mantenimiento y

- ahorros derivados de la mejora del funcionamiento del sistema.
6. Al utilizar un bus de campo, se logró una significativa reducción en la cantidad de cableado requerido para la instalación.
 7. Una arquitectura de control estable y eficiente mejora el grado de control del proceso y la calidad del producto final.
 8. Profibus DP facilita la utilización de interfases de comunicación más recientes y de menor costo.
 9. Profibus DP obedece a la tendencia global de los sistemas de control industrial, en términos de flexibilidad, compatibilidad y facilidad de actualización.
 10. Un factor determinante en la decisión de actualizar la infraestructura de un sistema de control es la posibilidad de reutilizar equipos existentes.

RECOMENDACIONES

1. Para realizar un cambio de arquitectura digital de un proceso de control se debe de tener en cuenta el presupuesto para adquirir la tecnología y los cambios físicos que se realizaran para su implementación. Existen para este caso más arquitecturas digitales, pero para este caso se hubieran necesitado mayores modificaciones, resultando en alternativas más costosas.
2. Es aconsejable conocer qué se tiene a disposición en recursos, materiales y tecnología para estimar qué arquitectura existente constituye la mejor actualización para los sistemas de control. Se debe mantener la visión de continuar con la estandarización y compatibilidad de las tecnologías para que el sistema se pueda actualizar por etapas a lo largo del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

1. "Automatización de procesos industriales" , Emilio García Moreno, SPUPV (SPUPV-99.4116), 1999. Pags. 12-18
2. "Fundamentals of programmable Logia Crontrrollers" , Jon Stenerson, Editorial Prentice Hall, 1999. Capitulo 10, Pags. 98,99,104-107
3. "Global markets and user needs for industrial distributed/remote I/O " James K.Taylor, 2da. Edición, VDC, August 2001, USA. www.vdc-corp.com, Pags. 5,7.
4. "Introduction to profibus DP", Acromag incorporated., Revisión 8500-698-A02M000 , 2002. MI,USA Pags. 16 – 20.
5. "Comunicación en entorno industrial" , Ing. Mario Distéfano, UNCU, 2001. Argentina. Pags. 3-5.
6. "Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso", Piñon, Andrés J., Univ. de A.Coruña, España, 2000, pags. 2,3.

7. "Communications reference manual", Allen Bradley, Bulletin 5370 CVIM2 Module, Cat. No. 5370-CVIM2, December 1994, USA. Pags. 7,8,15.
8. "DH-485 Communication interface", Allen Bradley, User's Manual, Cat. No. 1770-KF3, April 1993, USA.
9. "Remote I/O adapter Driver manual", Prolix communication gateways, Inc., Revisión 2.20 , , 7/1/2001. CA, USA, Pags. 5,35,36.
10. "Manual de usuario CP16/386", User's Manual, Procisa, 1996, España. Pags. 7-9.
11. "Manual de usuario Siemens Open PMC", Siemens, Orsi, 2001, España. Pags. 8-15, 23-30.
12. "Remote I/O scanner", Allen Bradley, User's Manual, Cat. No. 1747-SN, January 2005, USA. Pags. 5-9.
13. "Estándares y normas de cables", Gote S.A. Telecomunicaciones,
<http://www.gote.com>.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

14. www.ab.com. Agosto 2006.
15. www.belden.com. Agosto 2006.
16. www.siemens.com/automation. Agosto 2006.

ANEXOS

1. OTRAS ARQUITECTURAS EXISTENTES

1.1 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.

1.2 Devicenet

Su capa física y capa de enlace se basan en ISO 11898 y en la especificación de Bosh 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.

1.3 Foudation 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 -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 proceso-.

En su nivel H1 (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 un 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.

1.4 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 H1 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.

Utiliza un modelo productor-consumidor con gestión de variables cíclicas, eventos y mensajes genéricos.

1.5 Lonworks

La empresa Echelon, localizada en California, fue fundada en 1988. 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 en domótica, edificios inteligentes, control industrial etc. Asegura que varios miles de empresas trabajan con LonWorks, así mismo cientos de empresas comercializan productos basados en su bus y que se han instalado millones de nodos.

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, una variante de ANSI C. Motorola y Toshiba fabrican el NeuronChip, además Echelon ofrece la posibilidad de abrir la implementación de LonWorks a otros procesadores.

1.6 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 de almacenamiento, 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 eventos y prioridades de alta velocidad.

1.7 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. Al final de este trabajo se describirá con más detalle este bus, como ejemplo de bus de campo normalizado soportado sobre CAN.

1.8 Modbus

En su definición inicial Modbus era una especificación de tramas, mensajes y funciones utilizada para la comunicación con los PLCs Modicon. Modbus puede implementarse sobre cualquier línea de comunicación serie y permite la comunicación por medio de tramas binarias o ASCII con un proceso interrogación-respuesta simple. Debido a que fue incluido en los PLCs de la firma Modicon en 1979, ha resultado un estándar para el enlace serie entre dispositivos industriales. Modbus Plus define un completo bus de campo basado en técnica de paso de testigo. Se utiliza como soporte físico el par-trenzado o fibra óptica.

1.9 ASI

AS-I -Actuator Sensor Interface- es un bus de campo desarrollado, inicialmente, por Siemens, para la interconexión de actuadores y sensores binarios. Actualmente está recogido por el estándar IEC TG 17B.

A nivel físico, la red puede adoptar cualquier tipo de topología: Estructura en bus, en árbol, en estrella o en anillo. Permite la interconexión de un máximo de 31 esclavos. La longitud máxima de cada segmento es de 100 metros. Dispone de repetidores que permiten la unión de hasta tres segmentos, y de puentes hacia redes Profibus. Como medio físico de transmisión, emplea un único cable que permite tanto la transmisión de datos como la alimentación de los dispositivos conectados a la red. Su diseño evita errores de polaridad al conectar nuevos dispositivos a la red.

1.10 Bitbus

Introducido por Intel a principios de los 80. Es un bus maestro-esclavo soportado sobre RS485 y normalizado en IEEE- 1118. Debido a su sencillez ha sido adoptado en redes de pequeños fabricantes o integradores. En su capa de aplicación se contempla la gestión de tareas distribuidas, es decir es, en cierto modo, un sistema multitarea distribuido. Existe una organización europea de soporte -*Bitbus European User's Group*-.

1.11 Arcnet

Originalmente, desarrollada como red para proceso de datos en los años '70 ARCNet ha encontrado aplicación en el mundo industrial. Su técnica de paso de testigo hace que sea predecible, determinística y robusta. Está normalizada como ANSI/ATA 878. 1. La velocidad de comunicación es de 2,5 Mbps con paquetes del 0 a 512 bytes. Soporta topología en bus y estrella y diversos medios físicos, -cable coaxial, par trenzado, fibra óptica-.

Algunos fabricantes proponen como jerarquía ideal para control industrial una basada en Ethernet en el nivel superior, ArcNET en el intermedio y CAN al nivel de celda de fabricación.

1.12 Controlnet

Bus de alta velocidad (5 Mbps) y distancia (hasta 5 Km), muy seguro y robusto promovido por Allen-Bradley. Utiliza cable RG6/U, - utilizado en televisión por cable -, y se basa en un controlador ASIC de Rockwell.

No es soportado por muchos fabricantes y resulta de elevado precio por nodo. Se ha utilizado para interconexión de redes de PLCs y computadores industriales en aplicaciones de alta velocidad y ambientes muy críticos.

1.13 Hart

Es un protocolo para bus de campo soportado por la HART Communication Foundation y la Fieldbus Foundation, Su campo de aplicación básico es la comunicación digital sobre las líneas analógicas clásicas de los sistemas de instrumentación, manteniendo éstas en servicio. Sus prestaciones como bus de campo son reducidas.

Utiliza el bus analógico estándar 4-20 mA sobre el que transmite una señal digital modulada en frecuencia, -modulación FSK 1200-2200 Hz-. Transmite a 1200 bps manteniendo compatibilidad con la aplicación analógica inicial y sobre distancias de hasta 3 Km.