

15  
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS E IMPLEMENTACION DE UNA  
RED DE SISTEMAS DE CONTROL  
MULTIVARIABLE

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN COMPUTACION

P R E S E N T A N

**BOLAÑOS JUAREZ ALBERTO  
CASTRO LEAL GPE. YOLANDA**

DIRECTOR DE TESIS : ING. VIRGILIO RAMIREZ HERNANDEZ  
CODIRECTOR: ING. ANTONIO HERNANDEZ LEYVA



MEXICO, D. F.

JUNIO 1993

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

<b>OBJETIVO</b> .....	1
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCION</b> .....	1
1.1 PREMISA .....	2
1.2 DEFINICION DE PLANTA PILOTO .....	3
1.3 MOTIVO POR EL CUAL SURGIO LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR UNA RED EN PLANTAS PILOTO .....	5
1.4 EXPLICACION GENERAL DEL TRABAJO .....	7
<b>CAPITULO 2. DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL MULTIVARIABLE QUE SE DESEAN CONECTAR EN RED</b> ...	9
2.1 ANTECEDENTES .....	11
2.1.1 Topología general de un sistema de control digital .....	11
2.1.2 Criterios para utilizar un equipo micro TDC-3000 de Honeywell o un sistema Micromax de Leeds & Northrup en la automatización de Plantas Piloto ...	13
2.2 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO	
micro TDC-3000 DE HONEYWELL .....	14
2.2.1 Arquitectura del sistema .....	16
2.2.2 Estación Universal .....	18
2.2.2.1 Configuración del sistema .....	19
2.2.2.2 Elaboración de reportes .....	26
2.2.2.3 Seguridad .....	26
2.2.3 Manejador de Proceso (PM) .....	27
2.2.3.1 Arquitectura .....	27
2.2.3.2 Seguridad .....	30
2.2.4 Estación Supervisoria .....	31
2.3 SISTEMAS DE CONTROL MULTIVARIABLE	
MICROMAX DE LEEDS & NORTHRUP .....	33
2.3.1 Arquitectura del sistema .....	33
2.3.2 Estación de Manejo .....	35
2.3.2.1 Configuración del sistema .....	35
2.3.2.2 Configuración de datos .....	36
2.3.2.3 Elaboración de reportes .....	39
2.3.2.4 Seguridad .....	39
2.3.3 Unidad Local de Proceso (LPU) .....	39
2.3.3.1 Arquitectura .....	39
2.3.4 Estación Supervisoria .....	40

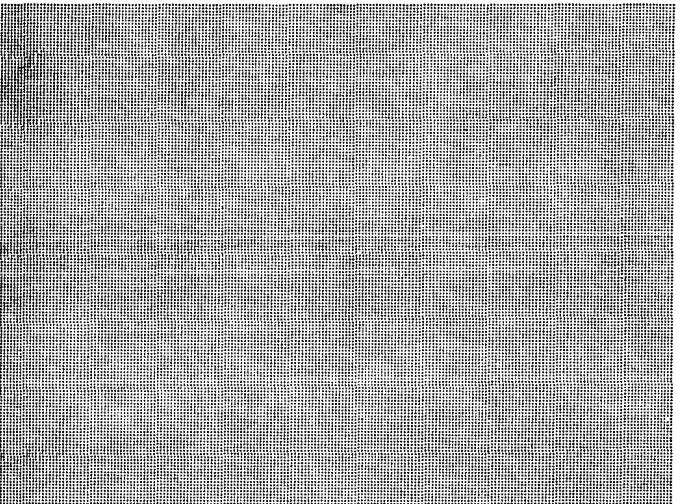
<b>CAPITULO 3. RELACION DE LA RED DE SISTEMAS DE CONTROL MULTIVARIABLE CON EL MODELO ISO/OSI</b> .....	<b>43</b>
<b>3.1 ANTECEDENTES</b> .....	<b>45</b>
3.1.1 Protocolo .....	45
3.1.2 Funciones de los protocolos .....	45
3.1.3 Arquitectura de comunicación entre computadoras ...	48
<b>3.2 EL MODELO DE INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS (OSI)</b> ...	<b>48</b>
3.2.1 Niveles del modelo OSI .....	50
3.2.1.1 Nivel Físico .....	52
3.2.1.2 Nivel de Enlace .....	53
3.2.1.3 Nivel de Red .....	56
3.2.1.4 Nivel de Transporte .....	59
3.2.1.5 Nivel de Sesión .....	61
3.2.1.6 Nivel de Presentación .....	62
3.2.1.7 Nivel de Aplicación .....	63
3.2.2 Otros modelos de protocolos estructurados (SNA) ...	63
<b>3.3 PROTOCOLOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL MULTIVARIABLE</b> .....	<b>66</b>
3.3.1 El estándar RS-422/485 en el sistema Micromax .....	67
3.3.1.1 Características mecánicas .....	68
3.3.1.2 Características eléctricas .....	68
3.3.1.3 Características de procedimiento .....	69
3.3.2 El estándar RS-422/485 en la LCN del sistema micro TDC-3000 .....	73
3.3.3 El estándar IEEE 802.4 en la UCN del sistema micro TDC-3000 .....	74
 <b>CAPITULO 4. ANALISIS PARA LA IMPLEMENTACION DE LA RED</b> .....	 <b>75</b>
<b>4.1 ANTECEDENTES</b> .....	<b>77</b>
4.1.1 Protocolo ALOHA .....	77
4.1.2 Protocolo CSMA/CD .....	78
<b>4.2 NORMAS 802 PARA LAN</b> .....	<b>80</b>
4.2.1 Norma 802.3 (Ethernet) .....	81
4.2.1.1 Estructura de la trama .....	83
4.2.1.2 Manejo de colisiones .....	84
4.2.2 Norma 802.4 (Token-Bus) .....	85
4.2.2.1 Estructura de la trama .....	87
4.2.3 Norma 802.5 (Token-Ring) .....	88
4.2.3.1 Estructura del testigo .....	91
4.2.3.1 Estructura de la trama .....	92

4.3 SISTEMAS OPERATIVOS PARA REDES DE AREA LOCAL .....	93
4.3.1 Entorno operativo de la red (el software) .....	93
4.3.2 El sistema operativo de red (NOS) .....	94
4.3.3 LAN de IBM .....	95
4.3.3.1 El PC LAN Program de IBM .....	96
4.3.3.2 El OS/2 LAN Server .....	96
4.3.4 El Netware de Novell .....	97
4.3.5 El 3+OPEN de 3COM .....	99
4.3.6 El VINES de Banyan .....	100
<b>CAPITULO 5. PERSPECTIVAS DE LA RED .....</b>	<b>103</b>
5.1 AVANCE ALCANZADO .....	105
5.2 RECOMENDACIONES Y REQUERIMIENTOS PARA INTEGRAR LOS DIFERENTES SISTEMAS DE CONTROL .....	108
5.2.1 Criterios para la selección de un NOS para LAN ....	108
5.2.1.1 Criterio de evaluación .....	109
5.2.2 Microsoft LAN Manager .....	109
5.2.3 NetWare .....	111
5.2.4 VINES .....	113
5.2.5 Sumario de catacterísticas .....	115
5.2.6 Red propuesta .....	118
5.3 RECOMENDACION DE SERVICIOS PARA LA RED CIENTIFICA DEL IMP .....	120
5.4 CONCLUSIONES .....	122
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>125</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>129</b>



# Capítulo 1

## Introducción



No

Existe

Página

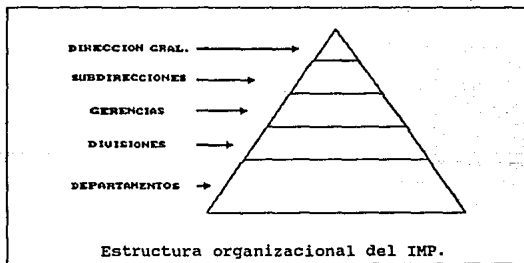


## 1.1 PREMISA

El marco en el cual se desarrolla el presente proyecto es el Instituto Mexicano del Petróleo, específicamente en la División de Plantas Piloto de la Subdirección de Transformación Industrial, donde se realizan las siguientes actividades:

- a) La especificación técnica de los equipos y materiales para la automatización de Plantas Piloto.
- b) La instalación, configuración y puesta en operación de los sistemas de control y adquisición de datos de las Plantas Piloto.
- c) El entrenamiento del personal para la operación de las Plantas Piloto.
- d) El mantenimiento correctivo y preventivo a las instalaciones de Plantas Piloto.

En resumen, la División de Plantas Piloto tiene como objetivos: diseñar, construir y operar Plantas Piloto para el desarrollo de nuevas tecnologías en procesos de refinación y petroquímica. Bajo esta premisa, proporciona servicios de apoyo a las divisiones investigadoras de la Subdirección (de rama) de Refinación y Petroquímica, así como a otras dependencias del Instituto Mexicano del Petróleo, a la iniciativa privada y a empresas extranjeras.



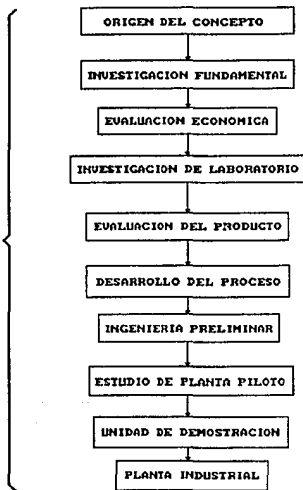
## 1.2 DEFINICION DE PLANTA PILOTO

Una Planta Piloto es la unidad experimental de proceso utilizada para simular a pequeña escala las condiciones reales de una planta industrial, la cual permite la adquisición de datos para un escalamiento adecuado con el fin de investigar aspectos críticos de la operación de procesos y materias primas comer-

ciales. Además, una Planta Piloto puede variar en tamaño, desde escala laboratorio hasta tamaño intermedio. Sin embargo, debe ser lo suficientemente grande para estudiar las variables importantes que se van a evaluar y lo suficientemente pequeña para poder operarse con facilidad, además de ser tan económica como sea posible.

Una Planta Piloto contribuye en la investigación de un proceso cuando el exámen bibliográfico ha sido agotado; cuando la costeabilidad del proceso se confirma ó cuando la experimentación de laboratorio no permite obtener más datos.

Diagrama que ubica la experimentación a nivel Planta Piloto en las etapas de investigación.



Otra característica importante de las Plantas Piloto es que evitan cualquier tipo de incertidumbre en la implementación de un proceso de investigación de laboratorio a un proceso comercial. Además la experimentación a escala en Planta Piloto se convierte gradualmente en un paso casi obligado, ya que el avance tecnológico en el campo de la investigación de procesos es cada vez más amplio y exige llegar a procesos óptimos, confiables y

económicos. A su vez la experimentación de un proceso en Planta Piloto presenta las siguientes ventajas:

- a) Bajo costo.- Debido a que existen diversas Plantas Piloto en el IMP, es posible utilizar las plantas ya existentes con algunas modificaciones cuando se requiere de un nuevo diseño. Además el manejo de flujos reducidos de materia prima y el bajo consumo de energía hacen que sea económico.
- b) Versatilidad.- Una Planta Piloto permite que se puedan manejar las variables de proceso (presión, temperatura y flujo) en un amplio rango de operación y que se adapten fácilmente a otro proceso.
- c) Fácil manejo de desechos.- Los flujos de las corrientes de alimentación a una Planta Piloto son pequeños (0.1 a 1 Lt/h), pueden ser fácilmente tratados ó reciclados para evitar problemas de contaminación.
- d) Seguridad.- Por las dimensiones de una Planta Piloto, cualquier falla no representa un riesgo peligroso como el de una planta industrial.
- e) Rapidez en la generación de resultados.- El arranque de la planta, la operación y el cambio de condiciones de operación involucra menos tiempo que si ésto se llevará a cabo a nivel industrial.

En resumen una Planta Piloto tiene como objetivos específicos: confirmar la confiabilidad del proceso propuesto; proporcionar las bases de diseño para su implementación como planta comercial; recomendar los materiales de construcción óptimos, probar operabilidad de esquemas de control; determinar el grado de mantenimiento de la planta; producir suficientes cantidades de producto para la evaluación de su calidad; obtener datos de cinética química; desarrollar y evaluar catalizadores; determinar efectos a largo plazo; probar áreas de tecnología avanzada y adquisición de datos; con el fin de mejorar la operación de una planta industrial ó desarrollar un nuevo proceso. Por todo esto, las Plantas Piloto son consideradas "fábricas de datos", y representan el soporte de mayor peso en la investigación y desarrollo de la industria petrolera.

### 1.3 MOTIVO POR EL CUAL SURGIO LA NECESIDAD DE IMPLEMENTAR UNA RED EN PLANTAS PILOTO

Las primeras instalaciones de Plantas Piloto se crearon cuando se fundó el Instituto Mexicano del Petróleo con base en las necesidades de Petróleos Mexicanos. Básicamente eran equipos para destilaciones, pruebas físicas de lubricantes y diversas columnas para la determinación de curvas de vaporización.

Para 1973 había diez Plantas Piloto operadas por ingenieros

de turno, entre ellas las plantas Demex, Proteínas, Reformadora, Hidrodesulfuradora, Isomerización, Reductora de viscosidad, Contactor centrífugo y Sección de destilación.

Al iniciar 1984 las Plantas Piloto llegaron a 22 unidades, contando además con equipos intermitentes y una sección de destilación.

Hasta entonces, en las Plantas Piloto instaladas no se contaba con sistemas computarizados para el control automático y el manejo estadístico de la información, la adquisición de datos se efectuaba manualmente a criterio del operador en turno y debido a que las plantas (desde su origen) han operado las 24 horas del día, el operador encargado tenía que anotar durante su turno hasta 280 datos por cada planta. Con esto, los resultados del proceso se prestaban a no ser anotados ó a ser corregidos por el operador, lo cual provocaba la pérdida de información para una evaluación posterior del proceso.

En los últimos años al incrementarse el número de experimentos, la Subdirección de Tecnología de Transformación Industrial inició los trabajos para automatizar las Plantas Piloto. Para poder realizar este proyecto, se integró un grupo de ingenieros especializados en las áreas de control, instrumentación, procesos y computación, quienes realizaron el estudio técnico-económico correspondiente, elaboraron las especificaciones para la compra de material y equipo de control, configuraron, instalaron y pusieron en operación los sistemas de control. Logrando tener hasta principios de 1993 30 Plantas Piloto; las cuales se encuentran distribuidas en tres áreas, ocupando una superficie total de 3600 m<sup>2</sup>.

Con la instalación de los sistemas de control de procesos y adquisición automática de datos por computadora se ha logrado:

- a) Obtener mayor información de la Plantas Piloto, en forma más precisa, confiable e inmediata.
- b) Facilitar la elaboración de reportes típicos de los proyectos que se desarrollan a escala piloto.
- c) Desarrollar estrategias de control que permitan optimizar el uso de los recursos inherentes a los procesos en cuestión.
- d) Capturar información de los diferentes procesos experimentales que hagan viable su análisis estadístico y el desarrollo de modelos matemáticos de simulación tendientes a facilitar la investigación de procesos.
- e) Controlar mejor las variables al aceptar desviaciones máximas de 0.1%.
- f) Reducir acciones manuales por parte del operador.
- g) Simplificar las operaciones de puesta en operación y paro de las Plantas Piloto.
- h) Adquisición automática de datos con periodos de muestreo del orden de ms.
- i) Graficar las variables de control en tiempo real.
- j) Reconfigurar el equipo para utilizarlo en nuevas aplicaciones.

Es necesario hacer notar que cada Planta Piloto opera sobre una aplicación específica, lo cual implica la instalación de uno ó más equipos de control por cada una, y la atención de un operador que se encargue de vigilar el correcto funcionamiento de la misma, basándose en las gráficas y los desplegados del equipo de control para modificar la operación de algunos instrumentos de la planta.

A pesar de que Plantas Piloto ha alcanzado un grado de automatización considerable, aún existen problemas en el manejo de la información generada por cada planta. Debido a esto, surgió la idea de implementar una red para monitorear y supervisar el correcto funcionamiento de todas las Plantas Piloto desde un cuarto de control. Esta red es el motivo del presente trabajo y traerá consecuentemente los siguientes beneficios:

- a) Menor cantidad de personal en la operación de Plantas Piloto.
- b) Información más confiable de las Plantas Piloto.
- c) Manejo remoto de la información.
- d) Servicios de red.

#### 1.4 EXPLICACION GENERAL DEL TRABAJO

El objetivo del presente trabajo es realizar el análisis que permita implementar una red que integre a los diferentes equipos de control multivariable ubicados en las tres áreas que conforman Plantas Piloto.

El primer capítulo describe las actividades que se llevan a cabo en el Instituto Mexicano del Petróleo y específicamente en la División de Plantas Piloto. Así también se introduce el concepto de Planta Piloto y los objetivos que se persiguen al implementar un proceso a nivel de Planta Piloto. También plantea el hecho de porque se requiere de implementar una red con los sistemas de control multivariable actualmente instalados en las Plantas Piloto, para esto, se describe de que manera se operaban en un principio las plantas y a donde se pretende llegar.

En el segundo capítulo se dá una explicación breve del modelo de un sistema de control digital y se asocian sus elementos funcionales a los sistemas de control utilizados en Plantas Piloto. Posteriormente se da una descripción general de la arquitectura, configuración y puesta en operación de los equipos de control que integrarán a la red. Básicamente se describe al sistema de control distribuido Micro TDC-3000 (de Honeywell) y al sistema de control multivariable Micromax (de Leeds & Northrup), debido a que son los equipos de control que actualmente están instalados en las Plantas Piloto.

En el tercer capítulo se describen los conceptos de: protocolo de comunicaciones, así como sus características y también lo que es una arquitectura de comunicaciones entre computadoras. En este capítulo se describen además los siete niveles del modelo

estratificado de protocolos ISO/OSI y del modelo estratificado SNA. Finalmente se describen los protocolos que utilizan los sistemas de control multivariable y en que niveles se encuentran con respecto al modelo de referencia OSI.

Debido a que la integración de la red de sistemas de control multivariable se realizará a través de las estaciones supervisorias, en el capítulo cuatro se describen las recomendaciones IEEE las cuales permitirán tener un punto de partida para la selección del tipo de red que se desea tener (ethernet, token-bus ó token-ring). En este capítulo también se define lo que es un sistema operativo de red (NOS) y se describen tres sistemas operativos para LAN.

Finalmente en el capítulo cinco se describe el avance logrado hasta el momento de la elaboración del presente trabajo y se plantean los requerimientos y una serie de recomendaciones para la implementación de la red, para esto se muestra una lista de características ofrecidas por los sistemas operativos de red descritos en el capítulo cuatro. Todo esto con el fin de dejar las bases para que se termine de implementar la red, ya que por motivos de presupuesto, el proyecto se ha quedado rezagado. Este capítulo concluye con una explicación de los servicios que podría brindar la red de sistemas de control a la red científica recientemente implementada en el Instituto Mexicano del Petróleo.



# Capítulo 2

Descripción de los sistemas  
de control multivariable que  
se desean conectar en red

No

Existe

Página



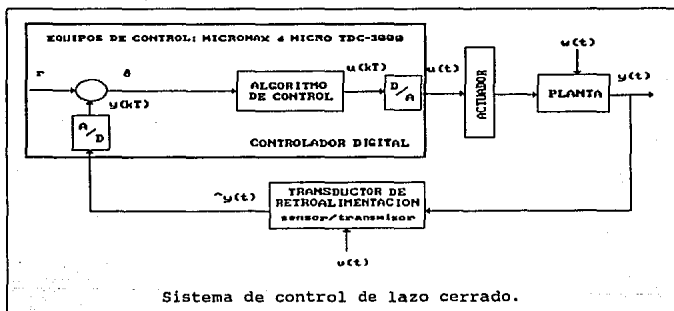
## 2.1 ANTECEDENTES

A partir de la segunda guerra mundial, el diseño de los sistemas de control avanzó de manera considerable, pasando de un simple lazo de control a sofisticados sistemas de control multivariable.

Actualmente, los algoritmos de control se basan cada vez más en la tecnología de sistemas expertos, ya que se fundamentan en el concepto de que un algoritmo de control pueda ser programado para imitar el proceso de pensamiento de un especialista humano. Esta es una de las características que presentan los sistemas de control que se describirán en el presente capítulo.

### 2.1.1 Topología general de un sistema de control digital

La figura es una representación en diagrama de bloques de un sistema de control digital de lazo cerrado.



Donde:

- $r$  = Referencia ó señal de entrada.
- $e$  = Señal de error.
- $u(kT)$  = Secuencia de salida del controlador.
- $u(t)$  = Señal de salida.
- $w(t)$  = Perturbación de la planta.
- $y(t)$  = Señal de salida.
- $v(t)$  = Ruido del sensor/transmisor.
- $\tilde{y}(t)$  = Salida del sensor/transmisor.
- A/D, D/A = Convertidores
- $y(kT)$  = Señal de instrumentación digitalizada.

A continuación se describe la ubicación funcional de los elementos que integran el diagrama, ejemplificándose con los dispositivos instalados en Plantas Piloto.

- a) La planta representa lo que se desea controlar y define el funcionamiento del lazo de control, por lo que el ingeniero de control deberá conocer los detalles con los que operará de manera óptima.

En el caso de Plantas Piloto, la planta es cada variable de proceso que se desea controlar, por ejemplo: temperatura, presión ó flujo.

- b) El transductor es un dispositivo capaz de convertir una señal de campo a una señal generalmente eléctrica y cuya magnitud es representativa de la magnitud de la señal de campo.

Los transductores que se usan en los procesos implementados en Plantas Piloto básicamente son transductores de temperatura y presión a señales eléctricas, por ejemplo termopares de varios tipos y transmisores de presión. Estos transductores son una parte integral de la instrumentación de campo de las Plantas Piloto y envían sus señales hacia las entradas de las estaciones de campo de los equipos de control LPU (Unidad Local de Proceso) de MICROMAX y PM (Manejador de Proceso) de micro TDC-3000, los cuales serán explicados más adelante.

- c) El algoritmo de control proporciona un valor de salida en base a la señal de error  $\hat{e}$ , la cual es la diferencia entre la señal de referencia  $r$  y la de retroalimentación  $y(kT)$  y representa una medida de la desviación entre el valor que se desea y el valor actual de la variable a controlar. Una señal de error igual a cero o tolerablemente pequeña representa un sistema de control eficiente, y cualquier desviación de esta condición representa un funcionamiento no deseado. El algoritmo de control está en función del tiempo y proporciona una compensación dinámica del lazo de control.

El controlador en las Plantas Piloto es propiamente un algoritmo de control, el cual es evaluado por el equipo de control ya sea MICROMAX ó micro TDC-3000. Su función inicia con la digitalización de las señales que le proporcionan los transductores, posteriormente evalúa el algoritmo de control y finaliza actualizando las señales de salida en los elementos finales de control.

- d) Por último, el actuador representa a los elementos finales de control capaces de ajustar la variable controlada.

Los actuadores ó elementos finales de control en las Plantas Piloto son diversos, por ejemplo se tienen cajas de potencia, las cuales reciben una señal desde los equipos de control y dejan pasar una cantidad de corriente (proporcional a la señal de entrada) por unas resistencias para ajustar el valor de la variable temperatura.

### 2.1.2 Criterios para utilizar un equipo micro TDC-3000 de Honeywell ó un sistema Micromax de Leeds & Northrup en la automatización de Plantas Piloto

Anteriormente, la solución más utilizada para aplicaciones pequeñas y medianas estaba basada en el uso de controladores individuales. Sin embargo se tenían limitantes en cuanto a expandibilidad en espacio y número de lazos de control, además el costo se incrementaba significativamente al expandir el sistema.

Por otro lado, los sistemas de control distribuido modernos son en general demasiado costosos y/o complicados para su utilización en aplicaciones pequeñas y a menudo rebasan el presupuesto asignado para ese proyecto.

Estos dos aspectos, junto con la tendencia de los fabricantes de sistemas de control que están cambiando su interés hacia sistemas de control distribuido o semidistribuidos pequeños que presentan una mejor oferta técnica y económica, marcaron la pauta para la adquisición de este tipo de equipos de control para Plantas Piloto.

Este tipo de sistemas están diseñados para ser configurados totalmente por el usuario mediante símbolos gráficos y el llenado interactivo de tablas, lo que permite que inclusive usuarios sin conocimientos de computación o del idioma inglés puedan efectuar la configuración del equipo en forma sencilla. Además un punto de gran importancia dentro de los sistemas de control es que también se enfocan más a la información como una parte importante para el manejo del proceso. Esto hace posible tener datos en tiempo real para transferirlos a computadoras personales ó para su análisis en laboratorio. También la graficación de tendencias en tiempo real de las variables de proceso permite un entendimiento global del proceso a diferentes niveles, desde el operador hasta el gerente.

Como podemos ver, los sistemas pequeños de control se han desarrollado de tal manera que ahora son capaces de manejar procesos de baja a media escala y representan una buena alternativa técnica y económicamente.

Las características técnicas que debe cumplir un sistema de control para su utilización dentro de Plantas Piloto son:

- \* Versatilidad en señales de entrada.
- \* Sistemas de control compuesto.
- \* Punto de ajuste programable.
- \* Control lógico programable.
- \* Desplegado de grupos.
- \* Desplegado de tendencias.
- \* Adquisición automática de datos.
- \* Almacenamiento masivo de información.
- \* Sistemas de autodiagnóstico.
- \* Redundancia.
- \* Modularidad.

Los sistemas de control que cumplieron con las características técnicas mencionadas y que se encuentran instalados actualmente en Plantas Piloto son los siguientes:

- a) Los sistemas de control multivariable Micromax de Leeds & Northrup manejan una red de comunicación multipunto de baja velocidad (19.2Kbauds) y su arquitectura y funcionamiento incluye algunas características de los sistemas de control distribuido. Este tipo de sistemas se aplica en las plantas piloto que durante el desarrollo de la experimentación requieren cambios frecuentes en el proceso y por lo tanto también en la configuración, incluyendo aquellas que tengan que ser trasladadas a otras zonas como es el caso de la Planta Piloto de polipropileno ubicada en el Complejo Petróquímico Morelos.

Características de los procesos a automatizar con un sistema de control multivariable Micromax:

- \* Aplicaciones pequeñas de hasta 16 lazos de control.
- \* Procesos que tienen cambios frecuentes.
- \* Que el proceso tenga la necesidad de transportarse.

Actualmente estos equipos están instalados en las plantas de hidrotratamiento, reformación, desproporcionadora de tolueno y polipropileno.

- b) Para plantas más complejas, que manejan más de 20 lazos de control y en el caso en que el proceso es potencialmente peligroso, como en el caso de la Planta Piloto FCC, se cuenta con un sistema de control distribuido micro TDC-3000 de Honeywell, cuya red de comunicación corre a 5 Mbauds.

Características de los procesos a automatizar con un sistema de control distribuido micro TDC-3000:

- \* Aplicaciones medianas y grandes, esto es, mayores de 16 lazos de control y mayor de 40 puntos de indicación.
- \* Para aquellas plantas en las cuales el proceso que se maneja es potencialmente peligroso.
- \* Cuando se requiera un desplegado rápido de la información.

Actualmente este equipo se encuentra instalado en la Planta Piloto FCC.

## 2.2 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO micro TDC-3000 DE HONEYWELL

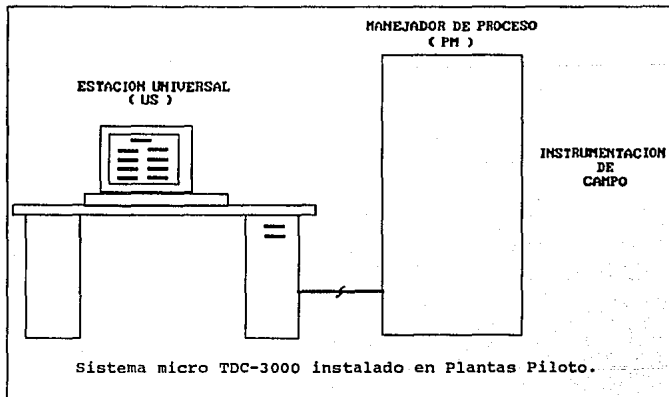
En el pasado, los sistemas de cómputo eran centralizados con todas sus funciones realizadas en una sola unidad central de procesamiento (sistemas de arquitectura centralizada).

Posteriormente con la disminución en el costo y tamaño de los microprocesadores se hizo posible dedicar el poder de cómputo a tareas específicas en sistemas de pequeña escala.

La tendencia en los últimos años es implementar una arquitectura distribuida, por lo que deben de considerarse las siguientes ventajas de esta arquitectura sobre una arquitectura centralizada:

- a) La adquisición de datos y funciones de control pueden ser distribuidas a través del proceso, utilizando una gran variedad de dispositivos de proceso.
- b) Todas las funciones son distribuidas, desde la adquisición de datos y control hasta la integración de datos experimentales.
- c) Todos los datos se encuentran accesibles a través de una estación de manejo.
- d) Cualquier módulo puede acceder los parámetros de cada punto, sin conocer su ubicación de campo.
- e) El sistema es altamente confiable y seguro.

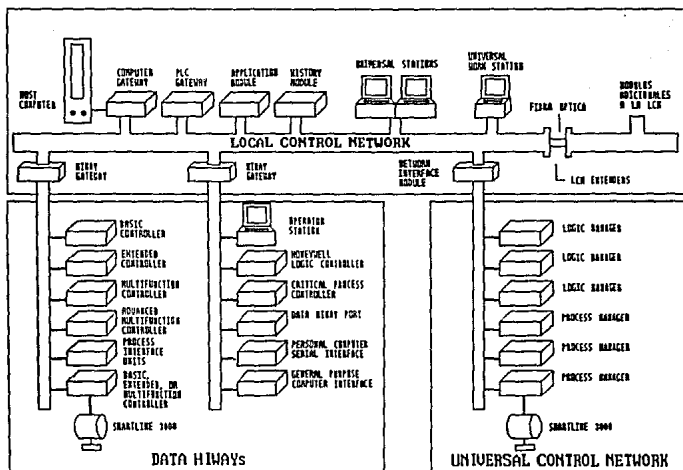
Tomando en cuenta tales ventajas, Honeywell introdujo el sistema TDC 2000 el cual consistía ya de una arquitectura distribuida para el control de procesos, así como de controladores basados en microprocesadores y conectados a través de una red llamada Data Hiway. Posteriormente Honeywell introdujo el TDC-3000, el cual además toma las ventajas de los poderosos microprocesadores de 16 y 32 bits desarrollados en los últimos años para distribuir tareas sofisticadas de procesamiento tales como control avanzado e historizaciones.



## 2.2.1 Arquitectura del sistema

La evolución del TDC 3000 ha dado como resultado una arquitectura que puede estar compuesta por tres distintas redes:

- Red Data Hiway (1975).
- Red de Control Local (1984).
- Red de Control Universal (1988).



Arquitectura del sistema.

La Red Data Hiway junto con la Red de Control Universal sirven primeramente como canales de comunicación para los dispositivos de proceso, adquisición de datos y control; en tanto que la Red de Control Local interconecta una serie de módulos cuya función es proveer estrategias de control avanzado y una gran flexibilidad en la colección y análisis de datos.

- Red de Alta Velocidad de Datos.- Esta consiste en un conjunto de "cajas", las cuales son módulos independientes que manejan una cantidad pequeña de lazos de control y concentran su información, vía esta red, a otros módulos. Los nodos que integran esta red son:

- \* Controladores básicos, extendidos y multifunciones.
- \* Controladores multifunciones avanzados.
- \* Unidades de interface de proceso.

Vale la pena mencionar que esta red Honeywell sólo la integró a la Red de Control Local para no dejarla completamente fuera de uso, debido a que todavía se utiliza en algunas empresas.

b) Red de Control Local.- Esta Red consiste de los siguientes módulos o nodos:

- \* Estación Universal.- Es la primera interfaz máquina-hombre del sistema TDC 3000, la cual provee una ventana de todo el sistema independientemente del lugar en donde se encuentren los datos.
- \* Módulo de Historia.- Este módulo consiste de un disco duro winchester y dos drives para floppys cartridge, con lo que se logra tener diferentes capacidades de almacenamiento; además hace posible el almacenamiento y acceso rápido de grandes bloques de datos tales como: alarmas, cambios del operador, errores del sistema, cargar pantallas graficas, información de mantenimiento y análisis en línea, así como también la historización continua de datos y tendencias.
- \* Módulo de Aplicación.- Este módulo permite la implementación de algoritmos complejos para aplicar estrategias de control avanzado, las cuales no son prácticas o posibles utilizando unicamente dispositivos de proceso. Además este módulo incluye un conjunto de algoritmos avanzados los cuales facilitan la elaboración de subrutinas con el Lenguaje de Control del sistema.
- \* Interfaces de Datos.- Existen las siguientes cuatro interfaces de red dentro del sistema:
  1. Network Interface Module (NIM).
  2. Hiway Gateway (HG).
  3. Programable Logic Control Gateway (PLCG).
  4. Computer Gateway (CG).

Las cuales tienen como tarea traducir el intercambio entre redes y dispositivos que funcionan utilizando diferentes técnicas y protocolos.

- 1) El Módulo de Interfaz de Red (NIM).- Este módulo interconecta la Red de Control Universal y la Red de Control Local haciendo la conversión desde la técnica de transmisión y protocolo de la Red de Control Local a la técnica de transmisión y protocolo de la Red de Control Universal.
- 2) Gateway de Alta Velocidad.- Este módulo interconecta la Red de alta Velocidad de Datos a la Red de Control Local haciendo la conversión entre ambas redes.

- 3) El Gateway para Controladores Lógicos Programables.- Provee una interfaz entre la Red de Control Local y controladores programables basados en protocolos de la Allen-Bradley y Modbus.
- 4) El Gateway de Computadora.- Este provee el enlace de comunicación entre una computadora y el micro TDC-3000, tal computadora permite al usuario desarrollar, depurar y ejecutar programas para realizar funciones de: optimización de proceso, generación de reportes avanzados, almacenamiento de datos, esquematización y manejo del proceso. El Gateway de computadora también puede ser enlazado hasta otras computadoras para habilitar el intercambio de datos colectados.
- c) Red de Control Universal.- Dentro de esta red, existen básicamente dos tipos de elementos o nodos que la integran:
- \* Manejadores de Proceso.
  - \* Manejadores Lógicos.
- \* **Manejador de Proceso (PM).**- Es un dispositivo de gran flexibilidad en la realización de control y adquisición de datos. Este consiste de hasta 40 procesadores de E/S seleccionables acoplados por un poderoso procesador que regula la lógica y funciones de secuencia, también se tienen por separado procesadores de comunicación y de E/S que aseguran un flujo de información a gran velocidad tanto interna como externa al PM. Además el PM tiene un lenguaje de programación para la implementación de procesos batch y aplicaciones híbridas así como capacidad de cómputo para algunas tareas de control.
- \* **Manejador Lógico (LM).**- Es un dispositivo que integra funciones lógicas a gran velocidad dentro de la Red de Control Universal. Su procesador de control es programado usando lógica secuencial. También el LM provee una variedad en tipo de puntos y tiene sistemas de E/S serie y paralelo, cada uno para colocar una gran variedad de módulos.

### 2.2.2 Estación universal

Una Estación Universal simple puede ser usada por un operador (modo operación), por un ingeniero de proceso (modo ingeniería) ó por un técnico de mantenimiento (modo mantenimiento), es por eso que las tareas se dividen de la siguiente manera:

- a) **Funciones del modo de Operación:**
- \* Reconocimiento y atención de alarmas.
  - \* Despliegue e impresión de tendencias y reportes.
  - \* Monitoreo y control del estatus del sistema.

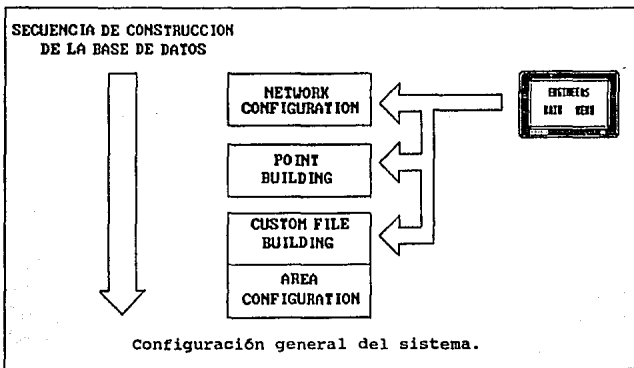


- b) Funciones del modo de Ingeniería:
- \* Configuración de la red.
  - \* Construcción de la base de datos del proceso.
  - \* Construcción de gráficos.
  - \* Diseño de reportes.
  - \* Realización de programas en Lenguaje de Control.
- c) Funciones del modo de Mantenimiento:
- \* Diagnóstico de problemas del sistema.
  - \* Despliegue e impresión de información requerida durante la presencia de problemas en el sistema.

### 2.2.2.1 Configuración del sistema

La configuración del sistema se realiza dentro del modo de ingeniería y para facilitar la manera de hacerlo se recomienda el uso de los formatos proporcionados junto con el sistema, de los cuales existen básicamente 4 tipos:

- a) Los de configuración de red, en los cuales se definen las áreas de red, unidades, consolas y dispositivos de proceso que se tienen instalados.
- b) Los de construcción de puntos, donde se definen las etiquetas y los parámetros de los puntos.



- c) Los de construcción de archivos, en los cuales se definen los elementos funcionales del proceso para diseñar gráficos, reportes, funciones del teclado y grupos de historización, entre otros.
- d) Los de configuración de área, en estos se definen las áreas y sus parámetros.

Usando los 4 formatos anteriores, el ingeniero de proceso introducirá la siguiente información:

- \* Definición de las unidades por su nombre, nombres de área y consolas; así como definición de todos los módulos tales como la Red de Control Universal, HIWAYS y Dispositivos de Proceso.
- \* Establecimiento de los tipos y tamaños de los archivos que serán almacenados en el Módulo de Historia.
- \* Construcción de la estructura de archivos de usuario para tener organizada la información en gráficos, reportes, grupos historizados, configuración asignada a teclas, librerías de descripciones y programas.
- \* Definición y asignación de cada punto con su respectiva unidad.
- \* Construcción de las bases de datos de área seleccionando unidades, puntos y las rutas donde se encuentran.
- \* Introducción de las bases de datos de área en las consolas y la puesta en operación del sistema.

Para poder realizar las tareas de configuración se debe de acceder al menú principal de ingeniería y conocer los grupos de actividades que contiene, los cuales se listan a continuación:

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>TAREAS DE CONFIGURACION</u>
Configuración de Red.	Definición de áreas, unidades y nombres de consolas; asignación de módulos y periféricos asociados.
UCN, Hiway y asignación de dispositivos/slot.	Asignación de dispositivos de proceso conectados a la Red de Control Universal y Hiways, así también las especificaciones de slots.
Construcción de Puntos.	Definición de parámetros y asignación de puntos a las unidades.
Funciones.	Construcción de gráficos, reportes, etc. Asociar un área de datos con un operador.
Funciones de soporte y Programas de utilería.	Rutinas para acceder y cambiar detalles en la información.

				08 Jan 93 11:00:22	
ENGINEERING PERSONALITY MAIN MENU: SELECT DESIRED ACTIVITY					
UNIT NAMES		MEMORY GATEWAY		PICTURE EDITOR	
AREA NAMES		LOGIC BLOCKS		FREE FORMAT LOGS	
CONSOLE NAMES		APPLICATION MODULE		BUTTON CONFIGURATION	
LCN NODES		COMPUTING MODULE		HM HISTORY GROUPS	
SYSTEM WIDE VALUES		NETWORK INTERFACE MODULE			
VOLUME CONFIGURATION					
		BUILDER COMMANDS		AREA DATABASE	
Support Functions and Utility Programs					
COMMAND PROCESSOR	SYSTEM MENU	SYSTEM STATUS	CONSOLE STATUS		
SUPPORT UTILITIES	SMCC/ MAINTENANCE				

Menú principal de ingeniería.

#### CONFIGURACION DE LA RED.

La configuración de la Red del micro TDC-3000 permite al ingeniero de proceso establecer el ambiente dentro del cual será implementado el manejo del proceso. Este ambiente incluye los nombres de unidades, áreas y consolas; los nodos de la Red de Control Local, los defaults del sistema y los volúmenes de almacenamiento de datos que existirán en la red.

#### Actividad

UNIT NAMES

AREA NAMES

CONSOLE NAMES

LCN NODES

SYSTEM WIDE VALUES

#### Configuración Introducida

Identificadores/Descriptoros de unidades y los puntos que se les asignarán.

Descriptoros para las áreas así como las unidades que se les asignarán.

Descriptoros de consolas que manejarán las áreas.

Descriptoros de cada nodo de red y sus periféricos.

Cambios en los defaults del sistema tales como opciones de software y configuración del sistema.

# VOLUME CONFIGURATION

Si se tiene el HM presente se configura el tamaño de cada volumen de almacenamiento.

				08 Jan 93 11:38:02	
ENGINEERING PERSONALITY MAIN MENU: SELECT DESIRED ACTIVITY					
UNIT NAMES	HIWAY GATEWAY	PICTURE EDITOR			
AREA NAMES	LOGIC BLOCKS	FREE FORMAT LOGS			
CONSOLE NAMES	APPLICATION MODULE	BUTTON CONFIGURATION			
LCH MODES	COMPUTING MODULE	HM HISTORY GROUPS			
SYSTEM WIDE VALUES	NETWORK INTERFACE MODULE				
VOLUME CONFIGURATION					
	BUILDER COMMANDS	AREA DATABASE			
Support Functions and Utility Programs					
COMMAND PROCESSOR	SYSTEM MENU	SYSTEM STATUS	CONSOLE STATUS		
SUPPORT UTILITIES	SMCC/MAINTENANCE				

Opciones del menú principal que permiten configurar la red.

## CONFIGURACION DE LOS DISPOSITIVOS DE PROCESO, SUS REDES DE COMUNICACION Y CONSTRUCCION DE PUNTOS.

Aquí es donde el ingeniero de proceso asigna las Redes de Control Universal y/o Data Hiways y los dispositivos presentes, además especifica el hardware contenido por cada dispositivo. Esto se hace para todos los dispositivos de proceso y se considera que ya se han definido previamente los módulos de la Red de Control Local. Hecho esto, el ingeniero de proceso puede ahora definir en el sistema el conjunto de puntos que estarán disponibles para el manejo del proceso. Además le permite definir las unidades de proceso para cada punto y el módulo de la Red de Control Local ó dispositivo de proceso en el cual reside el punto.

### Actividad

HIWAY CONFIGURATION

### Configuración introducida

Los atributos del Hiway tales como tipos de "cajas", asignaciones de tarjeta para cada "caja" y sus algoritmos.

Descripción de los sistemas de control multivariable que se desean conectar en red

**LOGIC BLOCKS**

Si hay manejadores lógicos presentes, se introducen los identificadores de los bloques lógicos.

**APPLICATION MODULE**

Si existe AM, se introducen los puntos y sus parámetros.

**COMPUTING MODULE**

Si existe un host de computadora, se definen los puntos y los nombres de los programas.

**NETWORK INTERFACE MODULE**

Los atributos de la Red UCN, tales como, tipos de dispositivos y asignaciones de slots para los mismos. Además los puntos de la Red de Control Local, sus algoritmos, parámetros y rutas.

				08 Jan 93 11:38:82	
ENGINEERING PERSONALITY MAIN MENU: SELECT DESIRED ACTIVITY					
UNIT NAMES	.. HIGH CATEGORY ..	PICTURE EDITOR			
AREA NAMES	.. LOGIC BLOCKS ..	FREE FORMAT LOGS			
CONSOLE NAMES	APPLICATION MODULE	BUTTON CONFIGURATION			
LCN NODES	.. COMPUTING MODULE ..	HM HISTORY GROUPS			
SYSTEM WIDE VALUES	NETWORK-INTERFACE MODULE				
VOLUME CONFIGURATION					
	BUILDER COMMANDS	AREA DATABASE			
Support Functions and Utility Programs					
COMMAND PROCESSOR	SYSTEM MENU	SYSTEM STATUS	CONSOLE STATUS		
SUPPORT UTILITIES	SMCC/ MAINTENANCE				

Opciones del menú principal que permiten configurar los dispositivos de proceso y las redes de comunicación así como construcción de puntos.

**CONSTRUCCION DE LA BASE DE DATOS DE AREA.**

Para construir la base de datos de área se selecciona **Area Database** del menú principal de ingeniería, pero antes de construirla deberán estar creadas las unidades y los puntos, además de haber sido asignados a las diferentes unidades de proceso; también se deberán tener contruidos los gráficos, las funciones del teclado y los formatos de reportes.

USO DE LAS FUNCIONES DEL SISTEMA PARA CONSTRUIR ARCHIVOS.

La construcción de archivos permite al ingeniero de proceso seleccionar de manera sencilla funciones del sistema para la construcción de esquemáticos, reportes, grupos de historización y acciones del teclado.

Cabe mencionar que los puntos deberán ser construidos antes de realizar la construcción de archivos, debido a que éstos verifican la existencia de los puntos para poder accederlos por sus parámetros o por sus nombres.

Actividad

Configuración introducida

PICTURE EDITOR

Comandos para realizar gráficos.

FREE FORMAT LOGS

Formateo de reportes y selección de los puntos que serán impresos.

BUTTON CONFIGURATION

Permite implementar acciones específicas de las teclas que pueden ser configuradas.

HM HISTORY GROUPS

Parámetros de los puntos que serán historizados.

		08 Jan 93 11:38:32	
ENGINEERING PERSONALITY MAIN MENU: SELECT DESIRED ACTIVITY			
UNIT NAMES	HIMW GATEWAY	PICTURE EDITOR	
AREA NAMES	LOGIC BLOCKS	FREE FORMAT LOGS	
CONSOLE NAMES	APPLICATION MODULE	BUTTON CONFIGURATION	
LCH NODES	COMPUTING MODULE	HM HISTORY GROUPS	
SYSTEM WIDE VALUES	NETWORK INTERFACE MODULE		
VOLUME CONFIGURATION			
	BUILDER COMMANDS	AREA DATABASE	
Support Functions and Utility Programs			
COMMAND PROCESSOR	SYSTEM MENU	SYSTEM STATUS	CONSOLE STATUS
SUPPORT UTILITIES	EMCC/ MAINTENANCE		

Opciones del menú principal para construir archivos.

**FUNCIONES DE SOPORTE Y PROGRAMAS DE UTILERIAS.**

Las funciones de soporte y utileria proveen de herramientas para el ingeniero de proceso y el técnico de mantenimiento. Tales funciones sirven para analizar y manipular los datos, checar el estatus del hardware, así también para crear y modificar los diferentes tipos de archivos que maneja el sistema.

Funciones de Soporte

Tareas de configuración que se soportan

COMMAND PROCESSOR

Creación de programas en CL, Pascal, y librerías de HG para la obtención de información y la manipulación de los archivos del sistema.

SYSTEM MENU

Chequeo de la distribución de puntos en los módulos y dispositivos de proceso.

SYSTEM STATUS

Módulo de chequeo del estatus de los dispositivos de proceso; instalación de esquemáticos dentro de los módulos y los dispositivos de proceso.

CONSOLE STATUS

Chequeo del estatus de la Estación Universal, Estaciones de Trabajo y periféricos.

				08 Jan 93 11:30:02	
<b>ENGINEERING PERSONALITY MAIN MENU: SELECT DESIRED ACTIVITY</b>					
UNIT NAMES		HIDAY GATEWAY		PICTURE EDITOR	
AREA NAMES		LOGIC BLOCKS		FREE FORMAT LOGS	
CONSOLE NAMES		APPLICATION MODULE		BUTTON CONFIGURATION	
LCH NODES		COMPUTING MODULE		HM HISTORY GROUPS	
SYSTEM WIDE VALUES		NETWORK INTERFACE MODULE			
VOLUME CONFIGURATION					
		BUILDER COMMANDS		AREA DATABASE	
<b>Support Functions and Utility Programs</b>					
COMMAND PROCESSOR	SYSTEM MENU	SYSTEM STATUS	CONSOLE STATUS		
SUPPORT UTILITIES	SMCC MAINTENANCE				

Las funciones de soporte en el menú principal de ingeniería.

**SUPPORT UTILITIES**

Permite modificaciones en los nombres de los volúmenes y caminos de los dispositivos de almacenamiento; también permite la actualización de software.

**SMCC/MAINTENANCE**

Permite analizar fallas del sistema y también da acceso a mantenimiento.

**2.2.2.2 Elaboración de Reportes**

Los formatos de salida que se pueden mandar a imprimir dentro del sistema son los siguientes:

- a) Journals.- Los tipos de eventos que pueden aparecer en los journals son: alarmas de proceso, cambios hechos por el operador, mensajes de operador, errores del sistema y recomendaciones de mantenimiento del sistema. Tales eventos pueden ser impresos en tiempo real periódicamente o por demanda.
- b) Logs.- Un log es una serie de valores historizados para un conjunto específico de parámetros. Los logs pueden ser incluidos en los reportes o individualmente. Si no se tiene HM los logs consistirán de un número limitado de valores disponibles. Finalmente, los logs pueden ser impresos o desplegados usando formatos horizontales o verticales.
- c) Reportes.- Un reporte consiste de una cabecera y un grupo de uno o más journals, logs y/o tendencias de impresión. El ingeniero de proceso configura todos los reportes para las áreas asignadas a cada consola.

**2.2.2.3 Seguridad**

El uso de niveles de seguridad garantiza la integridad de la información del sistema, ya que si usuarios no calificados en el manejo del sistema hicieran cambios inapropiados a la información del proceso podrían causar un daño a la planta ó alterar el proceso y no se tendría un responsable directo. Para prevenir estas situaciones el TDC 3000 provee de 4 niveles de acceso:

- 1) Nivel de solo consulta.- En este nivel no se permite ninguna entrada que pueda cambiar la base de datos del proceso.
- 2) Nivel del operador.- En este nivel se permiten ciertos cambios a la base de datos del proceso, por ejemplo, el operador podría cambiar setpoints pero no así los límites de alarmas o grupos de despliegue de puntos.
- 3) Nivel del supervisor.- Aquí se permite el acceso a las mismas modificaciones que hace un operador y además pueden cambiarse



límites de alarmas o grupos de despliegue pero no los parámetros de entonamiento o historización.

- 4) Nivel de ingeniería.- Dentro de este nivel todo tipo de cambios son permitidos.

Cada uno de los niveles de acceso antes mencionados tienen un password asociado.

### 2.2.3 Manejador de proceso (PM)

Es el más poderoso y flexible dispositivo (presentado por Honeywell) para adquisición y control en aplicaciones industriales de proceso, para esto utiliza una arquitectura de multiprocesamiento con un conjunto de procesadores dedicados a tareas tales como: la ejecución de las funciones de adquisición, control regulatorio, lógico y secuencial, así como comunicaciones peer-to-peer con otros elementos residentes en la UCN; también tiene la capacidad de comunicarse con la Estación Universal, Estaciones de trabajo y además soporta las estrategias de alto nivel disponibles en la LCN através del módulo de aplicación.

#### 2.2.3.1 Arquitectura

El PM consiste de dos módulos principales los cuales son.- El Módulo del Manejador de Proceso (PMM) y el Subsistema de Entrada/Salida.

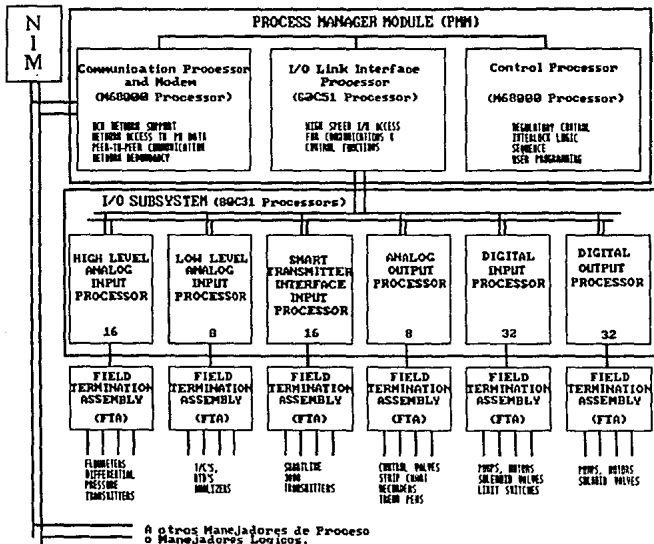
- a) Módulo del Manejador de Proceso.- Puesto que todas las operaciones de control son realizadas dentro de éste módulo, es de suma importancia revisar su arquitectura interna, la cual consiste de:

- \* Un procesador de comunicaciones y modem.
  - \* Un procesador de interfaz de enlace de E/S.
  - \* Un procesador de control.
- \* Procesador de comunicaciones y modem.- Este procesador provee una red funcional y realiza tareas tales como acceso de datos a la red y control de las comunicaciones peer-to-peer.
- \* Procesador de interfaz de enlace de E/S.- Es el elemento que permite que el PMM pueda comunicarse con el subsistema de E/S y además funciona como un controlador de tráfico entre ambos módulos.
- \* Procesador de control.- Es el recurso del PM que esta dedicado a ejecutar las funciones de control regulatorio, lógico y secuencial. Además puede ser programado por el usuario.

Debido a que la comunicación y el procesamiento de E/S son realizados por hardware dedicado y separado, el poder de este procesador puede ser aplicado a la implementación de estrategias avanzadas de control, teniendo con ésto un sistema de gran flexibilidad.

- b) Subsistema de E/S.- Este módulo contiene a los procesadores encargados de tomar todas las entradas y salidas de campo para realizar tanto la adquisición de datos como la ejecución de las funciones de control.

Los procesadores de E/S en conjunto con los terminadores de campo FTA (Field Termination Assemblies) realizan un escaneo y procesamiento de todas las E/S de campo. El procesamiento de las E/S es completamente independiente de la evaluación del algoritmo de control, procesamiento y alarmado, con lo que se tiene un uso más eficiente de la capacidad del procesador de control.

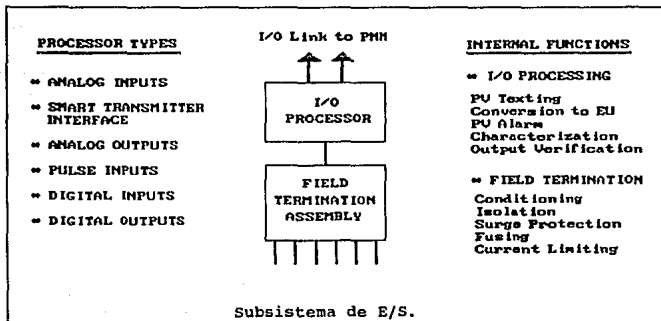


Arquitectura del PM.

Los procesadores de E/S que se tienen dentro del PM son para los siguientes tipos de señales:

- \* Entradas analógicas de nivel alto (4-20mA ó 1-5V).
  - \* Entradas analógicas de nivel bajo (del orden de mV).
  - \* Entradas analógicas multiplexadas de nivel bajo.
  - \* Interfaz para transmisores inteligentes.
  - \* Salidas analógicas.
  - \* Entradas por flanco.
  - \* Entradas digitales.
  - \* Salidas digitales.
- \* Entradas analógicas.- Tanto en las de nivel alto como en las de nivel bajo el procesador de entradas analógicas realiza la digitalización de la señal y deja disponible un valor en unidades de ingeniería. En cuanto al procesador de señales de bajo nivel, éste soporta una configuración por software de cada canal para cada termocoplador o RTD.
  - \* Interfaz para transmisores inteligentes.- Este procesador controla la comunicación con los transmisores inteligentes de la línea 3000 de Honeywell y utiliza un protocolo propio de Honeywell.
  - \* Salidas Analógicas.- Este procesador provee las siguientes funciones:
    - Un chequeo de la corriente actual en la salida.
    - Caracterización en la salida.
    - Acción por default en caso de una falla.
    - Calibración por software.

Además el procesador de salidas analógicas provee de convertidores D/A separados y una fuente de regulación por canal para una máxima seguridad en la salida.



- \* Entradas por Flanco.- Este procesador funciona detectando la transición de una señal y por software se puede definir si se registra el cambio de un nivel bajo a un nivel alto o viceversa o sólo cuando cambie sin importar como se presente la transición.
- \* Entradas Digitales.- Este procesador es capaz de indicar la presencia o ausencia de voltaje y no se restringe a señales de DC sino que también puede soportar señales de hasta 127 volts de AC.
- \* Salidas Digitales.- Este procesador tiene salidas acopladas por relevador por lo que no importa lo que se tenga conectado ya que solo cierra el circuito y es capaz de soportar señales de hasta 240 volts de AC.

Para las funciones de control el PMM puede ser visto como si fuera un conjunto de slots que proveen recursos de poder en procesamiento y memoria, los cuales son configurados y etiquetados por el usuario. Una vez que el usuario ha etiquetado algún slot, este es considerado automáticamente como un punto en el sistema micro TDC-3000 y esta soportado por grupos predefinidos y pantallas de detalles así como por los esquemáticos implementados por el usuario en la estación universal.

Cualquiera de los siguientes 8 tipos de puntos pueden ser configurados dentro de los slots del PMM:

- \* PV regulatorio.
- \* Control regulatorio.
- \* Compuestos digitales.
- \* Lógicos.
- \* Módulo de Proceso.
- \* Banderas.
- \* Numéricos.
- \* Timers.

La estructura de slots para compartir procesamiento y recursos de memoria garantizan la confiabilidad de las estrategias de control avanzado. Esto significa que una gran seguridad e integridad son mantenidos sobre un amplio rango de esquemas de control, desde el más simple hasta el más complejo.

### 2.2.3.2 Seguridad

El PM utiliza tecnología CMOS (operación a altas temperaturas, integración de gran escala, etc.) en elementos esenciales, de esta manera minimiza la presencia de fallas en la circuitería y su diseño es altamente confiable. También se utilizan circuitos individuales para funciones críticas tales como los convertidores D/A en las salidas, caminos de alimentación paralela para que las salidas de control puedan ser mantenidas en caso de

fallas en las fuentes y redundancia en los medios de comunicación tales como el enlace de E/S y la UCN. El sistema también incluye una serie de autodiagnósticos los cuales son empleados para evaluar el estatus del PM e identificar cualquier falla.

En cuanto a mantenimiento, reparar el PM puede ser hecho con facilidad ya que las tarjetas pueden ser reemplazadas aún estando éste en operación, ya que existen unidades manuales que permiten mantener las salidas de proceso. Por todo esto el PM provee una gran seguridad.

#### 2.2.4 Estación supervisoria

La información residente en la LCN puede ser accesada através de otros sistemas de cómputo tales como una micro VAX ó un equipo personal compatible y en ambos casos Honeywell presenta un conjunto de subrutinas que permiten monitorear, manipular y compartir la información con los diferentes módulos residentes en la LCN.

El módulo PCIM (Personal Computer Interface Module) es el sistema supervisorio instalado en el sistema micro TDC-3000 que se encuentra en Plantas Piloto, y éste consta de una computadora personal compatible conectada através de uno de los puertos serie (RS-232C) al gateway para computadora de la LCN.

Los módulos de software que utiliza el PCIM son los siguientes:

- a) BUILD.
- b) COLLECT.
- c) RTDB (Real Time Data Base).
- d) TERMINAL.

a) BUILD.- Este módulo permite construir archivos con los puntos de la LCN, tales archivos son referenciados como "archivos de definición de puntos" y son usados por los programas COLLECT y RTDB (los cuales serán descritos posteriormente). El menú que presenta es el siguiente:

B-Build	Create a new point definition file.
W-Write	Write the current file to disk.
R-Read	Read an existing point definition file for editing.
E-Edit	Edit the current file.
Q-Quit	Terminate the file builder.

B-Build.- Esta opción permite crear por primera vez un archivo de definición de puntos el cual instruye a los programas COLLECT y RTDB sobre cómo colectar y formatear el archivo de resultados.

W-Write.- Esta función es usada para escribir en disco el archivo con que se este trabajando.

- R-Read.- Esta función pregunta el nombre del archivo que se quiere leer de disco y lo carga en memoria.
- E-Edit.- Esta función permite modificar los archivos de definición de puntos.
- Q-Quit.- Esta función abandona el programa BUILD y retorna al sistema operativo.

- b) COLLECT.- Este programa se encarga de solicitar y desplegar los datos de la LCN; además puede hacer una colección de puntos múltiples de hasta 300 valores reales y ponerlos en un archivo ASCII. Este archivo puede ser usado posteriormente por LOTUS u otro paquete de hojas electrónicas. Al ejecutar este programa aparecerá el siguiente menú:

```

P Multiple point collection.
C Single point collection.
D Display an ASCII data file.
M Establish a modem connection.
T Display the current TDC-3000 LCN time.
Q Quit this program.

```

P - Esta función provee la habilidad para coleccionar y desplegar hasta 300 parámetros de puntos reales, al usarla solicita el nombre del archivo de definición de puntos (previamente creado con BUILD) y a partir de entonces colecciona los valores y los despliega en el monitor, actualizandolos cada que se presiona la barra espaciadora.

C - Esta función solicita al usuario el nombre del punto (sólo un punto a la vez) y el parámetro que se desea monitorear; el valor es desplegado y actualizado cada 5 segundos.

D - Esta función permite ver los archivos de definición de puntos.

M - Esta función establece una conexión telefónica entre un modem conectado a una PC y un modem de auto respuesta conectado al PCIM.

T - Esta función despliega el tiempo y la fecha de la LCN.

Q - Esta función permite regresar al sistema operativo.

- c) RTDB (Real Time Data Base).- Este programa colecciona más de 4 conjuntos de datos a intervalos de tiempo programados. Cada conjunto coleccionado puede contener hasta 300 valores reales.

Corriendo este programa en un ambiente multitarea se puede tener una base de datos en tiempo real de los valores de la LCN para ser compartidos por otros programas que actualmente se encuentren concurrentemente en memoria. Al correr RTDB se desplegará el siguiente menú:

R Run real time Data Base.  
M Call up and connect to a Modem.  
T Display TDC-3000 LCN time.  
Q Quit this program.

R - Cuando esta función es seleccionada, pregunta por el nombre del archivo de definición de puntos (previamente creado en el programa BUILD) y después se introduce información adicional para fijar el tiempo de recolección.

Después de que los conjuntos de colección han sido definidos, el programa RTDB construye la base de datos en el PCIM para cada uno de ellos y a partir de entonces se hace la colección de datos basándose en su propia definición de tiempo de recolección.

T - Función que despliega el reloj del TDC-3000.

M - Activa una conexión a MODEM.

Q - Abandona este programa y regresa al sistema operativo.

d) TERMINAL.- Este programa es una herramienta de depuración usado por personal de Honeywell para diagnosticar problemas en el PCIM.

## 2.3 SISTEMAS DE CONTROL MULTIVARIABLE MICROMAX DE LEEDS & NORTHROP

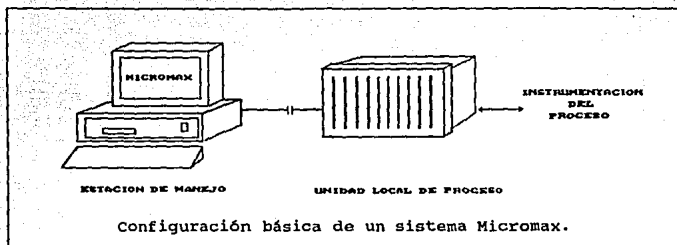
### 2.3.1 Arquitectura del sistema

El Centro de Manejo de Procesos Micromax es un sistema multifuncional para el monitoreo y control de procesos industriales, puede ser usado para adquisición de datos, control multilazo y control lógico programable. En su forma más simple consiste de una Estación de Manejo y una Estación de Campo, también llamada Unidad Local de Proceso (LPU).

Todas las actividades de un Centro de Manejo de Procesos son configuradas en la Estación de Manejo usando el teclado y los formatos de pantalla predefinidos.

La Estación de Manejo consiste de una unidad electrónica (CPU), monitor y teclado, y su función principal es monitorear datos y establecer ó revisar todas las funciones de configuración del sistema.

A la Estación de Manejo se le puede adicionar un dispositivo de almacenamiento magnético denominado Data Storage, una ó dos impresoras, una ó dos Estaciones Supervisorias y además puede tener conectadas hasta 16 Unidades Locales de Proceso (LPU's).

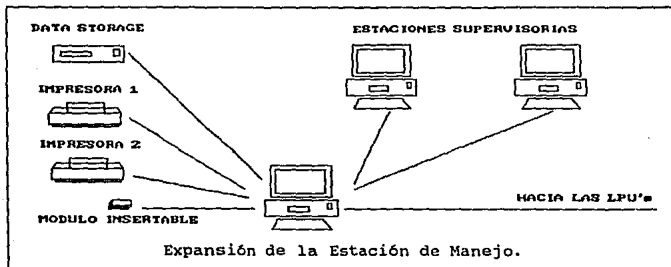


La Data Storage consiste de un disco duro y de una unidad de cinta y se configura de acuerdo a los eventos del proceso para realizar el almacenamiento de datos. A través de la Estación de Manejo pueden ser llamados los datos almacenados en la Data Storage y ser presentados en una gran variedad de despliegues y formatos de reportes.

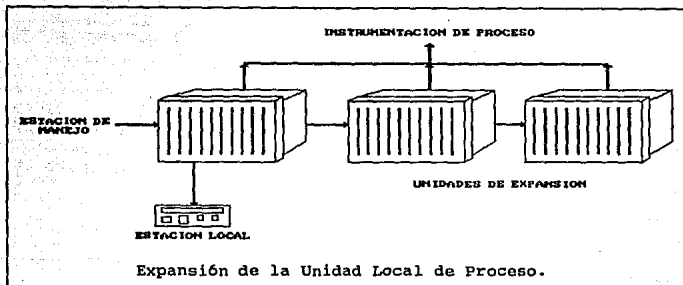
La Unidad Local de Proceso es un dispositivo diseñado para realizar funciones de control y adquisición de datos y es conectado a la Estación de Manejo a través de un puerto RS-422/485.

La Unidad Local de Proceso puede ser extendida adicionándole una o dos unidades de expansión, ó conectando nuevas Unidades Locales de Proceso a la misma Estación de Manejo.

Cada Unidad Local de Proceso puede tener una ó dos unidades de expansión y una ó dos Estaciones Locales. La Estación Local es un dispositivo que provee la interacción del operador con el proceso, al igual que la Estación de Manejo, pero limitándose a actividades como reconocimiento de alarmas, cambios de set-point y monitoreo de datos pero no es capaz de configurar, ya que ésta actividad sólo puede realizarla la Estación de Manejo.







### 2.3.2 Estación de manejo

Es la primera interfaz con el operador y es el medio por el cual se introduce la programación de datos e instrucciones. Esto incluye la programación de cada LPU y la programación del sistema completo para realizar las siguientes tareas :

- Adquisición de datos de proceso (provenientes de las LPU's).
- Manipulación de datos através de tablas ó de gráficas para que el operador los analice ó examine,
- Manipulación de los modos de operación de las LPU's de manera independiente (en línea, fuera de línea ó modo programación).
- Manipulación de los parámetros de entonamiento en los lazos de control tales como: salida de control, set-point, etc.
- Manejo de alarmas, almacenamiento de datos e impresión de reportes.

#### 2.3.2.1 Configuración del sistema

El potencial de cualquier sistema manejador de datos de proceso radica en la facilidad de ser configurado para realizar un trabajo específico y el sistema Micromax tiene ésta característica.

La configuración del sistema se realiza en la Estación de Manejo y consiste en identificar cada dispositivo instalado y habilitar ó deshabilitar funciones de operación. Esta configuración se realiza accediendo la pantalla donde la Estación de Manejo reporta el equipo que está conectado al arrancar el sistema. En esta pantalla se realizan las siguientes actividades:

- a) Se introduce una descripción por cada Unidad Local de Proceso.
- b) Se selecciona la descripción de accesorios en los puertos (por ejemplo: Aux Printer, Supervisory Station, Recorder/Emax V, PC/Lotus 1-2-3).
- c) Se visualiza la memoria instalada.
- d) Se modifica una lista de funciones generales de operación, las cuales están normalmente habilitadas (ON).
- e) Si tiene instalados algunos de los accesorios mencionados (Recorder/EMAX V ó otro) se puede introducir información adicional.
- f) Se activa el reloj y el calendario del sistema.

### 2.3.2.2 Configuración de datos

Una vez que se ha realizado la configuración del sistema, continúa el proceso de configuración realizando las siguientes actividades:

- a) Descripción de los puntos en el sistema.
  - b) Especificaciones de los puntos en el sistema.
  - c) Configuración de alarmas.
  - d) Adquisición de datos.
  - e) Realización de control.
- a) Descripción de los puntos en el sistema.- La configuración se inicia etiquetando cada punto. Estos puntos pueden ser manipulados por las pantallas de programación, para producir las operaciones de configuración deseadas. Además cualquier cálculo lógico ó matemático puede ser usado para combinar, comparar ó evaluar esos puntos y de esta manera producir las funciones de control, salidas y alarmas deseadas.
  - b) Especificaciones de los puntos en el sistema.- Una vez que se han etiquetado los puntos, es necesario poner especificaciones de datos, es decir, establecer para cada punto su función y la forma en que será procesado. Dentro de estas especificaciones se tiene la programación de rangos analógicos, entradas/salidas analógicas, entradas/salidas discretas, pseudo-puntos, lazos de control, niveles de alarma, constantes, etc.

Para realizar la programación anterior, el sistema cuenta con formatos de pantallas donde se introducen los parámetros requeridos, por ejemplo para realizar la programación de rangos analógicos se introduce: el número de rango analógico, límite superior, límite inferior y unidades.

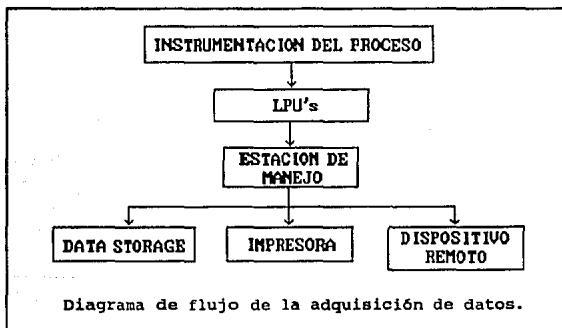
- c) Configuración de alarmas.- Las alarmas son configuradas en el modo de programación y son reportables sobre la pantalla de la Estación de Manejo en una franja roja parpadeante donde aparece información descriptiva que incluye el valor, límite de alarma y descripción del punto de referencia. Los eventos reportables, entradas abiertas y mensajes de diagnóstico son desplegadas de manera similar, pero en colores diferentes.

- d) **Adquisición de datos.**- Primeramente, para realizar esta actividad debe estar instalada en la LPU la tarjeta apropiada, ya que las señales de proceso son conectadas hacia este dispositivo.

Posteriormente, los datos de la LPU pueden ser monitoreados a través de la Estación de Manejo, la cual los despliega en varios formatos y permiten al operador modificar ó revisar algunos parámetros por ejemplo, las constantes de entonamiento de lazos de control ó funciones lógicas; y visualizar pantallas de tendencias con los valores del proceso en tiempo real.

Finalmente, los datos pueden mandarse a un dispositivo opcional como por ejemplo la Data Storage, una impresora ó a un destino remoto a través del puerto de comunicaciones.

En resumen los datos pueden ser desplegados, almacenados e impresos en una gran variedad de formatos de reportes, tales como listas tabulares, gráficas de barras y gráficas de tendencias.



- e) **Realización de control.**- Con las tarjetas apropiadas, la Unidad Local de Proceso puede ser configurada para contener hasta 8 lazos de control separados ó interrelacionados, los que pueden ser usados para proveer control PAT (Position Adjusting Type), CAT (Current Adjusting Type), VAT (Voltage Adjusting Type) ó DAT (Duration Adjusting Type).

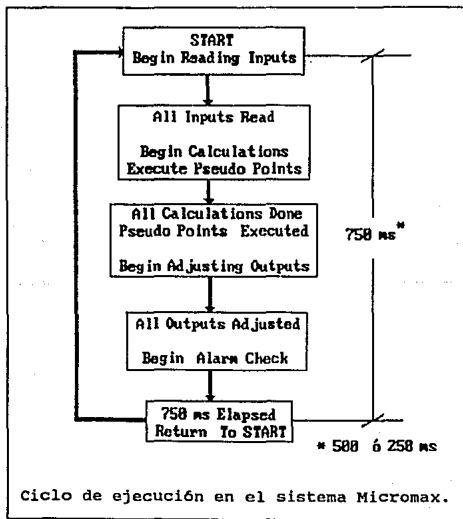
Para la realización del control es de vital importancia establecer el orden de ejecución de pseudo-puntos, lazos de control y programas de set-point; esta secuencia será realizada durante un ciclo de ejecución ó intervalo de actualización. Durante ese intervalo de tiempo, la CPU de la Unidad Local de

Proceso lee todas las entradas, realiza todos los cálculos y actualiza el valor de todas las salidas. En la LPU el ciclo de ejecución es configurado con switches a 750, 500 ó 250ms. y se debe de considerar que sea lo suficientemente largo para que la CPU realice la secuencia programada.

Las funciones de PLC (Control Lógico Programable) operan sobre un ciclo diferente. El diagrama secuencial del PLC es ejecutado cada 100 ms, lo cual significa que se ejecuta 7.5 veces durante un ciclo de ejecución de 750 ms.

Una LPU puede contener hasta dos programas de set-point activos en memoria. Estos programas también pueden ser almacenados en la Data Storage o en un módulo insertable en la Estación de Manejo o en la Estación Local y pueden ser transferidos a la LPU cuando sea necesario.

La programación lógica puede ser realizada gráficamente por diagramas secuenciales en La Estación de Manejo, usando símbolos lógicos estándar para compuertas, contadores, temporizadores, etc. A estos elementos se les pueden asignar nombres para describir funciones del proceso.



### 2.3.2.3 Elaboración de reportes

Para monitorear y analizar condiciones de proceso pueden ser producidos una amplia variedad de reportes. En general cualquier punto en el Centro de Manejo de Procesos Micromax puede ser desplegado o impreso en formato tabular, gráfica de barras o gráfica de líneas para visualizar la tendencia de la variable de control.

### 2.3.2.4 Seguridad

El Centro de Manejo de Procesos Micromax está provisto de 5 niveles de acceso. Cada nivel tiene asignado un código numérico de 4 dígitos el cual debe ser introducido por el teclado y permite el acceso a datos predeterminados y parámetros del sistema.

Los niveles 1,2 y 3 permiten visualizar sólo determinados grupos de parámetros y aceptan entradas específicas por el teclado. El nivel 4 permite el acceso a la pantalla de estado de operación, la cual despliega y controla el modo de operación de las LPU's (El estado de cada unidad individual puede especificarse como Modo de Programación, En Línea ó Fuera de Línea). Por último, el nivel 5 permite programar la información que estará disponible en cada uno de los anteriores niveles de acceso.

## 2.3.3 Unidad Local de Proceso (LPU)

La LPU es el corazón del Centro de Manejo de Procesos Micromax, ya que una vez instalada y configurada puede operar con el proceso sin la asistencia de la Estación de Manejo, ni de ningún otro dispositivo, debido a que puede manejar todas las señales provenientes del proceso, realizar cálculos, control y funciones lógicas; todo de acuerdo a la forma en que fue programada desde la Estación de Manejo.

### 2.3.3.1 Arquitectura

Cada Unidad Local de Proceso tiene seis slots de los cuales uno contiene la tarjeta de CPU y los otros cinco aceptan cualquier combinación de las siguientes tarjetas:

- a) Tarjeta de entradas analógicas.- Existen tarjetas de 8, 10 ó 15 puntos para su uso en aplicaciones de control ó registro de datos.

- b) Tarjeta de entradas discretas.- Cada tarjeta acepta 15 entradas de AC ó DC para su uso en Control Lógico Programable (PLC), control remoto de programas de set-point y funciones de lazos de control.
- c) Tarjeta de salidas de control.- Maneja hasta 6 puntos y provee diferentes tipos de señales de salida (CAT, PAT, DAT, VAT) para varios dispositivos finales de control. Cabe aclarar que sólo puede haber una tarjeta de salidas de control por LPU.
- d) Tarjeta de salidas discretas.- Cada tarjeta provee 10 relevadores para usarse en PLC, alarmas, control, programas de set-point y funciones de datos para señales de otros dispositivos con eventos dentro de la misma LPU.
- e) Tarjetas de entradas/salidas discretas.- Este tipo de tarjeta acepta 7 entradas y provee 8 salidas, con las características mencionadas anteriormente.
- f) Tarjetas de comunicaciones.- Provee 1 ó 2 puertos adicionales de comunicación RS-422/485 para conexión hacia Estaciones Locales, Estaciones Supervisorias, etc.

#### 2.3.4 Estación supervisoria

La Estación Supervisoria del sistema de control Micromax utiliza un software denominado DATAVUE que sirve de interfaz con las LPU's. El software está diseñado para obtener datos en línea a través de formatos de reportes diseñados por el usuario, presentaciones detalladas de tendencias y gráficos de proceso a color y alta resolución.

A continuación se mencionan algunas de las características más importantes del software DATAVUE:

- a) Tipos de datos a los que tiene acceso.- Esencialmente todos los datos del sistema Micromax están accesibles para lectura dentro de las pantallas que se diseñan. En cambio, los parámetros escribibles disponibles están limitados a entradas y salidas discretas; set-points para lazos locales/remotos, operación de instrumentos en modo automático/manual, activación de lazos en modo automático/manual, salidas de control, constantes de entonamiento y valores de constantes.
- b) Comunicación de datos.- RS-422/485 asíncrona de 300 a 19.2 Kbauds.
- c) Número de LPU's direccionables en la red.- 32.
- d) Distancia máxima entre la Estación Supervisoria y la LPU.- 2500 pies (asumiendo el uso de un cable adecuado).
- e) Número de parámetros/pantalla.- 75.

- f) Número de pantallas gráficas.- Esta limitado por la capacidad del disco (una pantalla ocupa de 5 a 15 Kb).
- g) Velocidad de actualización por dato.- Seleccionable, típico de 2 segundos.
- h) Hardware.- IBM PS/2 ó Computadoras compatibles AT 286 ó 386, con los siguientes requerimientos mínimos:

1 Mb de RAM
Disco duro de 20 Mb
1 ó más drives para floppy
Tarjeta de video EGA ó VGA
Monitor EGA ó VGA
Puerto serie RS-422
Sistema operativo MS-DOS 3.0, mínimo
Mouse

El software DATAVUE consta de los siguientes cuatro módulos, que trabajan juntos, pero cada uno con sus propias funciones:

- 1) The Graphics Editor.- Permite la creación de reportes, tendencias y gráficos de proceso. Los gráficos de proceso pueden ser diseñados para mostrar estados de válvulas, niveles de tanques, gráficas de barras, datos numéricos, cambios de set-point, control manual/automático, inicio/finalización y de programas de set-point.

El editor también permite definir qué datos serán leídos y/o escritos hacia los dispositivos remotos de hardware (LPU's).

- 2) Database File Manager.- Es usado para crear la base de datos que contiene los parámetros de las LPU's, los cuales permiten interactuar (en el modo de "On-line Operation") con los puntos residentes en éstas. También permite crear y modificar estructuras y bases de datos diseñadas por el usuario.
- 3) Configuration.- El módulo de configuración provee opciones para cambiar la forma en que funciona el software en general, ya que permite:

- \* Cambiar la configuración del editor gráfico.
- \* Crear un password para el editor gráfico.
- \* Seleccionar el color del fondo de las pantallas.

- \* Seleccionar como disponible la programación en FORTH en el menú matemático del editor gráfico.
- \* Cambiar la cantidad de memoria para el buffer de pantalla.
- \* Hacer cambios en la forma en que el sistema se comunica con dispositivos remotos (tales como cambio del número de puerto, baudaje, paridad, bits de stop, bits de datos).
- \* Activar el puerto de comunicación para touch-screen.

- 4) On-line Operation.- La operación en línea permite al usuario usar pantallas, tendencias y reportes que han sido creadas usando el editor gráfico.

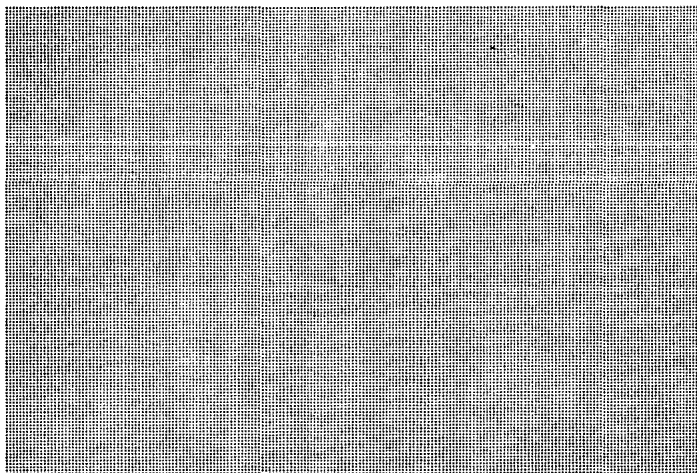
Gracias a este módulo las pantallas diseñadas en el editor gráfico interactúan en tiempo real con el proceso, ya que permite visualizar los gráficos de proceso trabajando de manera dinámica. Para hacer lo anterior, activa las referencias a las bases de datos para actualizar la interfaz con el hardware. Además, permite la edición en background del proceso en línea para crear reportes y tendencias de datos, con lo que se tiene una adquisición y actualización de datos en tiempo real de las bases.





## Capítulo 3

### Relación de la red de sistemas de control multivariable con el modelo ISO/OSI



NO

Exista

Pagina

### 3.1 ANTECEDENTES

Al discutir sobre comunicaciones y redes de computadoras se requiere del conocimiento de los siguientes conceptos: protocolo, funciones de los protocolos y arquitectura de comunicación entre computadoras, los cuales se describen a continuación.

#### 3.1.1 Protocolo

Un protocolo es un conjunto de reglas que gobiernan el intercambio de datos entre dos entidades, esto es, para que dos entidades se entiendan, deben "hablar" el mismo lenguaje, el cual deberá estar conformado de los siguientes elementos:

- a) Sintáxis.- Define los formatos de datos y niveles de señales.
- b) Semántica.- Incluye la información para el control, coordinación y manejo de errores.
- c) Temporización (timing).- Determina el apareo de velocidades y la secuencia de manejo de la información.

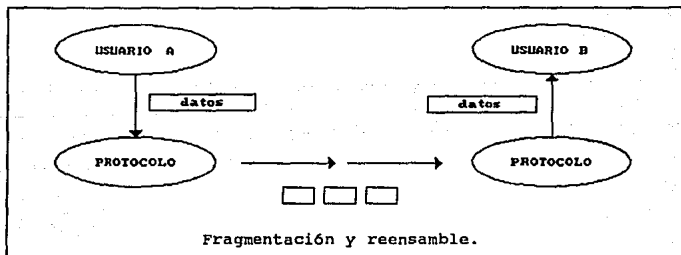
#### 3.1.2 Funciones de los protocolos

Existen funciones que son básicas en un protocolo, aunque esto no implica que todos los protocolos las tengan, tales funciones son:

- a) Fragmentación y reensamble.  
b) Encapsulado.  
c) Control de la conexión.  
d) Control de flujo.  
e) Control de error.  
f) Sincronización.  
g) Secuenciamiento.  
h) Direccionamiento.  
i) Servicios de transmisión.
- a) Fragmentación y Reensamble.- Se refiere al hecho de romper el mensaje (intercambiado entre dos entidades) en bloques más pequeños de datos, denominados PDU's (Protocol Data Units), esto se hace debido a lo siguiente:
- \* La red esta limitada para aceptar ciertos tamaños en los mensajes.
  - \* El control de errores se hace más eficiente.
  - \* El acceso al medio de comunicación es más equitativo al ser compartido con poco retardo.

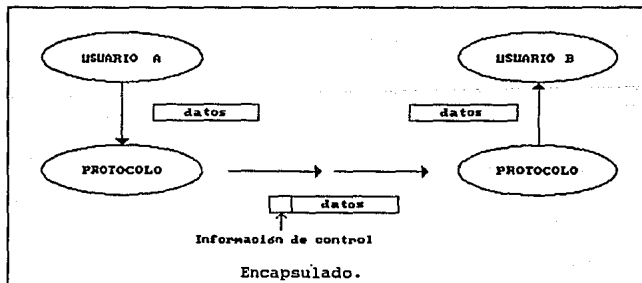
Existen a su vez las siguientes desventajas:

- \* Por cada PDU hay información de control y por lo tanto más información excedente (Overhead).
- \* Las PDU's pueden generar interrupciones.
- \* Se requiere más tiempo de proceso al aumentar el número de PDU's.



b) Encapsulado.- Es la adición de información de control a los datos, la cual puede ser:

- \* La dirección del que envía o recibe.
- \* El código de detección de error.
- \* El control del protocolo para realizar la verificación de las funciones antes mencionadas.



- c) Control de conexión.- Ocurren tres fases en el establecimiento de un enlace lógico ó conexión lógica, y estas son:

- \* Establecimiento de la conexión.
- \* Transferencia de datos.
- \* Terminación de la conexión.

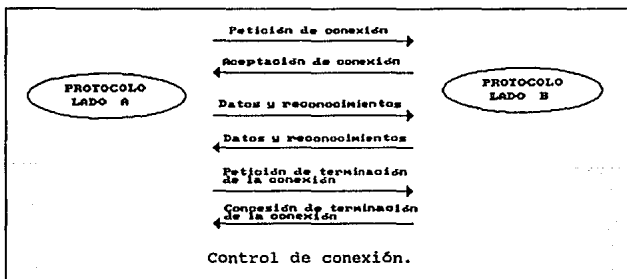
Durante la primera fase dos entidades acuerdan el intercambio de datos. Típicamente una entidad solicita la conexión y la entidad receptora acepta o rechaza la petición de llamada.

Una vez aceptada la conexión, la siguiente fase es la transferencia de datos la cual incluye datos e información de control.

Finalmente cuando uno u otro lado desean terminar la conexión se envía una petición de terminación.

- d) Control de flujo.- Es la función ejecutada por la entidad receptora, para limitar la cantidad de datos ó velocidad de datos que están siendo enviados por la entidad transmisora.

El método más simple es el de PARADA-ESPERA, en donde cada paquete o trama de información debe ser reconocido y autorizado antes de que se envíe el siguiente. Esta es una de las funciones que debe ejecutarse en protocolos de varios niveles.



- e) Control de error.- Esta función especifica el mecanismo de detección de error para tener un sistema confiable, dicho mecanismo puede ser desde un bit de paridad hasta sofisticados algoritmos de CRC.
- f) Sincronización.- Esta función permite conocer el estado actual en que se encuentran dos entidades, por ejemplo, inicialización, verificación de apuntadores, verificación de terminaciones, etc.

g) **Secuenciamiento.-** Es la función del protocolo que identifica (mediante una numeración consecutiva), el orden en el cual las PDU's fueron enviadas. Esta función esta orientada a operar bajo el contexto de la transferencia de datos orientada a conexión, mencionada en el inciso c anterior. El secuenciamiento sirve para tres propósitos principales:

- 1) Entrega ordenada.
- 2) Control de flujo.
- 3) Control de error.

h) **Direccionamiento.-** Es una función muy importante para que el enlace entre dos entidades, sobre una trayectoria de comunicación, pueda ser establecida en diferentes medios ambientes.

El direccionamiento debe de contener un nombre que especifique quién es, una dirección para especificar dónde está y una ruta que indique cómo llegar.

i) **Servicios de Transmisión.-** Son servicios ó funciones particulares de un protocolo que se pueden ofrecer como un "valor agregado" entre entidades, por ejemplo: prioridades, grados de servicios y seguridad, entre otros.

### 3.1.3 Arquitectura de comunicación entre computadoras

Cuando se tiene un conjunto estructurado de protocolos que realizan entre todos la función de la comunicación, en vez de usar uno solo, se dice que se tiene una arquitectura de comunicación entre computadoras.

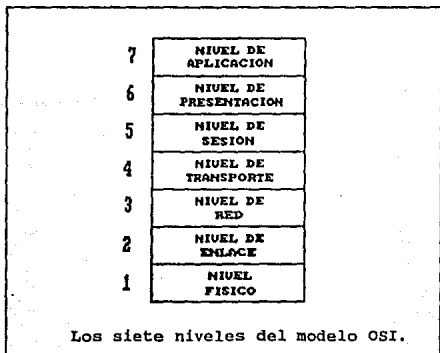
Existen diferentes maneras de estructurar a los elementos de un conjunto de protocolos, el modelo actual bajo el que se manejan la mayoría de los diseñadores y fabricantes en tecnología de comunicaciones de datos es el modelo jerárquico de Interconexión de Sistemas Abiertos OSI (Open Systems Interconnection), desarrollado por la Organización Internacional de Estándares ISO (International Standards Organization) en 1984.

## 3.2 EL MODELO DE INTERCONEXION DE SISTEMAS ABIERTOS (OSI)

El modelo OSI tiene siete niveles y los principios aplicados para el establecimiento de los mismos fueron los siguientes:

- a) Cada nivel deberá efectuar una función bien definida.
- b) La función que realizará cada nivel deberá seleccionarse con la intención de definir protocolos normalizados internacionalmente.

- c) Los límites de los niveles deberán seleccionarse tomando en cuenta la minimización del flujo de información a través de las interfaces.
- d) El número de niveles deberá ser lo suficientemente grande para que funciones diferentes no tengan que ponerse juntas en el mismo nivel y, por otra parte, también deberá ser lo suficientemente pequeño para que su arquitectura no llegue a ser difícil de manejar.
- e) No crear muchos niveles, ya que esto haría más difíciles las tareas de ingeniería, tales como la descripción e integración de los niveles.
- f) Crear un límite donde la descripción de servicios (de cada nivel) pueda ser pequeña y el número de interacciones entre los límites sea minimizado.
- g) Crear niveles separados para realizar funciones que sean notoriamente diferentes, ya sea en el proceso realizado o la tecnología involucrada.
- h) Crear un nivel con funciones fácilmente localizadas de tal manera que pueda ser totalmente rediseñado y sus protocolos cambiados para que tomen las ventajas de los nuevos avances en tecnología de arquitectura, hardware o software sin cambiar los servicios esperados y provistos a los niveles adyacentes.
- i) Crear para cada nivel límites con su nivel superior e inferior solamente.



### Objetivos del modelo OSI:

- 1) Proporcionar una base común para el desarrollo de estándares cuyo propósito sea la interconexión de sistemas.
- 2) Eliminar todos los impedimentos técnicos que pudieran existir para la comunicación entre sistemas.
- 3) Abstractar el funcionamiento interno de los sistemas individuales.
- 4) Definir los puntos de interconexión para el intercambio de información entre los sistemas.
- 5) Limitar el número de opciones, para incrementar las posibilidades de comunicación sin necesidad de onerosas conversiones y traducciones entre diferentes productos.
- 6) Ofrecer un punto de partida válido desde el cual comenzar en caso de que las normas del estándar no satisfagan todas las necesidades.

### 3.2.1 Niveles del modelo OSI

Antes de empezar a describir los niveles del modelo OSI vale la pena describir los medios de transmisión ya que son una parte esencial dentro de todo sistema de comunicaciones.

- a) Medio magnético.- Una de las formas más comunes para el transporte de datos de un ordenador a otro, consiste en escribir dicha información sobre una cinta magnética o en discos flexibles, y transportar físicamente la cinta o los discos hasta la máquina destino, para que después ésta pueda leer la información. Este método, aunque no es tan sofisticado es bastante efectivo en costo, en especial en los casos en los que se necesitan anchos de banda grandes o en donde el costo por bit transportado representa un factor clave.
- b) Par trenzado.- Es uno de los medios más antiguos y todavía el más ampliamente utilizado. El par trenzado tiene las siguientes características:
  - \* Físicamente es un par de cables (de cobre) trenzados en espiral.
  - \* Típicamente se construye en un haz de varios pares.
  - \* Cada par es un solo enlace de comunicación.
  - \* Se utiliza en medios analógicos y digitales.
  - \* En señales analógicas se requieren repetidores cada 5 ó 6 Kms. y con señales digitales cada 2 ó 3 Kms.
  - \* Es limitado en distancia, ancho de banda (250 KHz.) y velocidad de datos.
  - \* Es fuertemente susceptible a la interferencia y ruido eléctrico.



- \* Es el principal soporte telefónico (voz).
- \* Actualmente se usa en redes locales de datos.

c) Cable coaxial.- Sus características son las siguientes:

- \* Es similar al par trenzado ya que consiste en dos conductores, pero está construido en diferente modo lo que le permite operar sobre un mayor rango de frecuencias.
- \* Físicamente consiste de dos conductores cilíndricos concéntricos separados por un dieléctrico sólido.
- \* Tiene un ancho de banda de 350 MHz.
- \* Es mucho menos sensible que el par trenzado a las interferencias y crosstalk.
- \* Sus principales problemas son la atenuación, el ruido térmico y el ruido por intermodulación (si se usa FDM).
- \* Es el más versátil de los medios de transmisión ya que se utiliza en telefonía de larga distancia, transmisión y distribución de TV, LAN's y enlaces de corta distancia.
- \* Usando FDM puede llevar hasta 10,000 canales de voz simultáneos.
- \* Utilizado en la técnica "Community Antenna Television" (CATV) puede manejar docenas de canales de TV en un área de pocos kilómetros.

d) Fibras ópticas.- Los desarrollos recientes en el campo de la tecnología óptica han hecho posible la transmisión de información mediante pulsos de luz. Un pulso de luz puede utilizarse para indicar un bit de valor 1 mientras que su ausencia indicará la existencia de un bit de valor 0, además, el ancho de banda de un sistema de transmisión óptica representa un potencial enorme.

Un sistema de transmisión óptica tiene tres componentes: el medio de transmisión, la fuente de luz y el detector. El medio de transmisión es una fibra ultradelgada de vidrio o silicio. La fuente de luz puede ser un LED o un diodo láser, en tanto que el detector es un fotodiodo que genera un pulso eléctrico en el momento en que recibe un rayo de luz. Las características de las fibras ópticas se muestran a continuación:

- \* Físicamente pueden ser de vidrio ó plástico.
- \* Tienen un tamaño pequeño y su peso es ligero.
- \* Tienen un ancho de banda del orden de GHz. y una baja atenuación.
- \* Requieren de un menor número de repetidores.
- \* Son inmunes al ruido eléctrico.
- \* Solo pueden transmitir señales analógicas.
- \* Se utilizan en telefonía, redes locales y proyectos militares.

e) Microondas.- Aunque muchos de los sistemas de comunicación utilizan cables de cobre o fibras ópticas para realizar la transmisión de datos, algunos simplemente emplean el aire; tal es el caso de la transmisión de datos por microondas, rayos infrarojos, rayos láser o radio.

La transmisión mediante microondas se lleva a cabo en una escala de frecuencias que va desde 2 a 40 GHz. y es muy común que éstos sistemas utilicen antenas parabólicas. Durante la etapa de instalación de dichas antenas debe de considerarse su ubicación, ya que requieren de una "línea de vista" y por tal motivo se deben de montar en torres de diversas alturas para evitar obstáculos.

Los sistemas de microondas también se pueden implementar en el espacio, por ejemplo los sistemas vía satélite.

- f) Radio.- La diferencia principal con las microondas es que el radio es omnidireccional y las microondas son enfocadas, además el radio no requiere antenas parabólicas, ni antenas rígidamente alineadas.

El radio se aplica a las bandas de VHF y UHF desde los 30MHz. hasta 1GHz. y es utilizado en sistemas como el packet radio, el servicio celular y el teletexto.

### 3.2.1.1 Nivel Físico

El nivel físico se ocupa de la transmisión de bits a lo largo de un canal de comunicación. Su diseño debe asegurar que cuando un extremo envía un bit con valor "uno", éste se reciba exactamente como un bit con ese valor en el otro extremo, y no como un bit de valor "cero". Los protocolos que pertenecen al nivel físico se definen por las siguientes características:

- a) Mecánicas.
- b) Eléctricas.
- c) Funcionales.
- d) De procedimiento.

- a) Características mecánicas.- Se refieren a la conexión física entre un DTE y un DCE. Esto consiste en la definición de las medidas que tendrá el conector, distancia y posición de los pines, tipo de conector que usará el DTE y el DCE.
- b) Características eléctricas.- Tienen que ver con los niveles de voltaje y el tiempo de cambio entre voltajes. Estas características determinan los rangos de velocidades en transmisión y la distancia que maneja el protocolo.
- c) Características funcionales.- Especifican las funciones que son realizadas, asignando un significado a los diferentes circuitos de intercambio. Estas funciones pueden ser clasificadas en categorías de transmisión de datos, control, timing y tierra.
- d) Características de procedimiento.- Especifica la secuencia de eventos para la transmisión de datos basándose en las características funcionales de la interfaz.

## 3.2.1.2 Nivel de Enlace

La tarea primordial del nivel de enlace es convertir un medio de transmisión común y corriente, en una línea libre de errores de transmisión para el nivel de red. Esta tarea la cumple al hacer que el emisor trocee la entrada de datos en tramas y las transmita en forma secuencial; además también debe de procesar las tramas de asentimiento devueltas por el receptor. Como el nivel físico básicamente acepta y transmite un flujo de bits sin tener en cuenta su significado o estructura, recae sobre el nivel de enlace la creación o reconocimiento de los límites de la trama lo cual se lleva a cabo mediante la inclusión de un patrón especial de bits al inicio y al término de la trama.

Si la trama se destruye, el software del nivel de enlace perteneciente a la máquina emisora, deberá retransmitir la trama. Sin embargo, múltiples transmisiones de la misma trama aumentarán la probabilidad de duplicarla y corresponderá a esta capa resolver los problemas causados por duplicidad, daño, o pérdida de las tramas.

Otra de las funciones del nivel de enlace consiste en proporcionar servicios de transferencia de datos entre niveles de red, como se muestra en la figura a, aunque la transmisión real sigue la trayectoria que se muestra en la figura b.

Otro de los problemas que debe resolver el nivel de enlace es evitar que un transmisor rápido sature a un receptor lento, por lo que deberá emplear un mecanismo de regulación de tráfico que permita al transmisor conocer el espacio de memoria que en ese momento tenga el receptor.

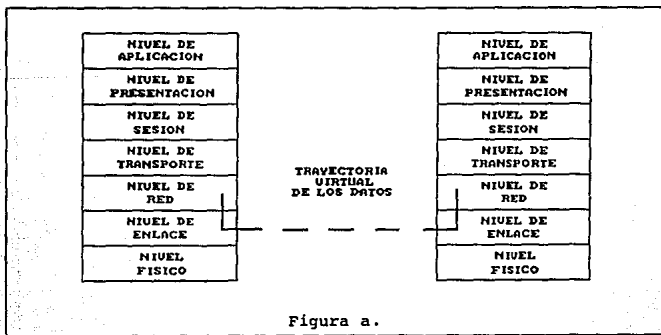


Figura a.

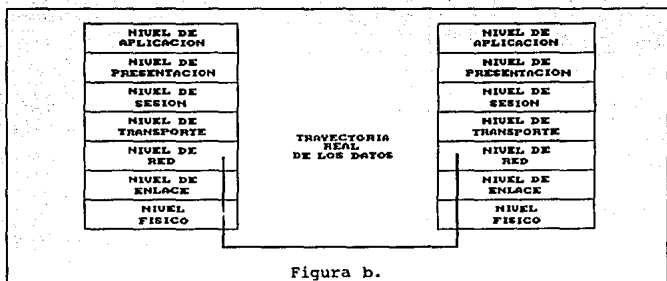
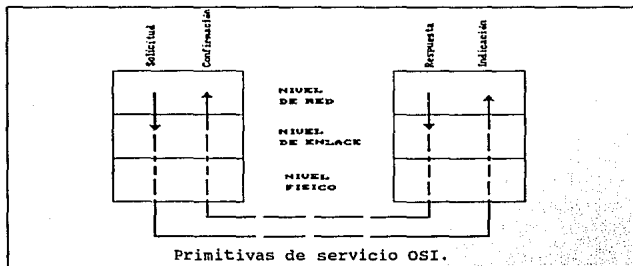


Figura b.

Este nivel también debe de considerar el caso en que la línea tiene la capacidad de utilizarse para transmitir datos bidireccionalmente (full duplex), ya que se tiene el problema de que los asentimientos para el tráfico de A a B compiten por el uso de la línea con las tramas de datos del tráfico que va de B hacia A.

La comunicación entre el nivel de red y el nivel de enlace utiliza las primitivas de servicio (OSI) de solicitud, indicación, respuesta y confirmación. El nivel de red utiliza las primitivas solicitud para pedirle al nivel de enlace que haga algo, como por ejemplo, establecer o liberar una conexión, o transmitir una trama. Se utilizan las primitivas de indicación para avisarle al nivel de red que se ha producido un evento, por ejemplo, el hecho de que otra máquina desee establecer o liberar una conexión, o bien, avisar de la llegada de una trama. El nivel de red utiliza las primitivas de respuesta, en el extremo receptor, para contestar a una indicación anterior. Las primitivas de confirmación proporcionan una manera de saber en el extremo solicitante, si la petición fué realizada con éxito y si no, la razón por la cual no se llevó a cabo.



Primitivas de servicio OSI.

Un aspecto esencial del nivel de enlace es que maneja un "formato" de datos llamado trama y en forma genérica consta de los siguientes elementos:

- a) Banderas de inicio de la trama de datos.- Es el primer delimitador de la estructura y en algunos protocolos sirve para determinar si hay o no datos en la línea de comunicación.
- b) Campo de control.- Se utiliza para los números de secuencia, asentimientos y otros propósitos.
- c) Campo de Datos.- Contiene la información del nivel de red y puede ser arbitrariamente larga, aunque la eficiencia del código de detección de error decrecerá a medida que se aumenta la longitud de la trama, debido a la mayor probabilidad de tener múltiples errores de grupo.
- d) Campo de fin de trama.- Es una secuencia de control que indica si el medio de transmisión está en proceso de liberación o de pasar el control a otra trama.

INICIO	CONTROL	DATOS	VERIFICACION DE ERROR	FIN
--------	---------	-------	-----------------------------	-----

Estructura general de una trama de datos.

En resumen la tarea del nivel de enlace consiste en convertir las líneas ruidosas, en canales de comunicación libres de errores de transmisión, para utilizarlos en la capa de red. Para cumplir con este objetivo, los datos se dividen en tramas, cada una de las cuales se transmite, tantas veces como sea necesario, hasta que se garantice una correcta recepción. Finalmente para evitar que un emisor rápido llegue a rebasar la capacidad de un receptor lento, el protocolo de enlace siempre proporciona ayuda para el control del flujo.

#### SUBNIVELES LLC Y MAC

Control de Enlace Lógico (LLC).- Define el establecimiento, conservación y terminación del enlace lógico entre dispositivos. En particular, las responsabilidades asignadas a un LLC incluyen:

- a) Iniciación del intercambio de señales de control.
- b) Organización del flujo de datos.
- c) Funciones de control y recuperación de errores.
- d) Interpretación de las PDU's recibidas y generación de las PDU's de respuesta.
- e) Servicios sin conexión y servicios orientados a conexión.

**Control de Acceso a los Medios (MAC).**- El acceso al cable en una red es una cuestión de gran importancia, ya que en cualquier topología (bus o anillo), un sólo cable ó dos (uno para las señales de ida y otro para las de regreso), transportan todos los mensajes. Debido a lo anterior surgen los estándares del subnivel MAC, los cuales establecen métodos para regular el acceso al medio cuando muchos dispositivos lo comparten. En las LAN por ejemplo, se emplean dos métodos principales para controlar el acceso: CSMA/CD (Acceso Múltiple con Detección del Portador/Detección de Colisión) y la transmisión de señales codificadas.

### 3.2.1.3 Nivel de Red

El nivel de red se ocupa del control de la operación de la subred y un punto de suma importancia en su diseño, es el encaminamiento de los paquetes del origen al destino. Para que el nivel de red pueda alcanzar sus objetivos deberá conocer la topología de la subred de comunicación y seleccionar la trayectoria apropiada a través de ella. También, deberá tener cuidado al seleccionar las rutas para evitar la sobrecarga en algunas de las líneas de comunicación, mientras deja a otras inactivas. Por último, cuando la fuente y el destino se encuentren en redes diferentes, dependerá de la capa de red ocuparse de esas diferencias y resolver los problemas que resulten de ellas. Esto es, la responsabilidad, para resolver problemas de interconexión de redes heterogéneas recaerá, también en el nivel de red.

El software de este nivel deberá saber, cuántos paquetes, caracteres o bits se enviaron a cada cliente, con objeto de producir información de facturación.

Los servicios de la capa de red se han diseñado con los siguientes objetivos en mente.

- a) Los servicios deberán ser independientes de la tecnología de la subred.
- b) El nivel de transporte debe de tener oculto el número, tipo y topología de las subredes que se encuentren presentes.
- c) Las direcciones de la red que se ponen a disposición del nivel de transporte utilizarán un plan de numeración uniforme, a través de las redes ya sean tipo LAN ó WAN.

Existen dos filosofías diferentes para la organización de la subred, una de ellas consiste en el uso de conexiones, en tanto que la otra trabaja sin conexiones. En el contexto de operación interna de la subred, a una conexión se le conoce con el nombre de circuito virtual (como una analogía con los circuitos físicos establecidos por el sistema telefónico) y a los paquetes independientes dentro de la organización sin conexión, se les conoce como datagramas, por una analogía con los telegramas.

La idea que respalda a los circuitos virtuales es la de evitar que tengan que hacer decisiones de encaminamiento para cada paquete transmitido. Para esto, cuando se establece una conexión, se selecciona una ruta que va desde la máquina origen hasta la máquina destino como parte del proceso de conexión. Esta ruta se utiliza para todo el tráfico que circule por la conexión y cuando se libera, se desecha el circuito virtual.

En contraste con una subred datagrama, ninguna ruta se determina en forma anticipada, aún cuando el servicio esté orientado a conexión, ya que cada paquete enviado se encamina de manera independiente y los paquetes sucesivos pueden seguir rutas diferentes. Al tiempo que las subredes datagrama tienen que hacer un mayor trabajo, también son más robustas y se adaptan con mayor facilidad a los fallos y a la congestión, que las subredes de circuitos virtuales.

Asunto	Subred datagrama	Subred de circuito virtual
ESTABLECIMIENTO DEL CIRCUITO	NO ES POSIBLE	REQUERIDO
DIRECCIONAMIENTO	CADA PAQUETE CONTIENE LA DIRECCION COMPLETA DE LA FUENTE Y DEL DESTINO	CADA PAQUETE CONTIENE UN NUMERO CERTO DE CV
INFORMACION DEL ESTADO	LA SUBRED NO TIENE LA INFORMACION DEL ESTADO	CADA CV ESTABLECIDO NECESITA UN ESPACIO EN LA TABLA DE LA SUBRED
ENCAMINAMIENTO	CADA PAQUETE SE ENCAMINA INDEPENDIENTEMENTE	DETA SELECCIONADO CUALQUIER CV SE ESTABLECE, TODOS LOS PAQUETES SIGUEN ESTA RUTA
EFFECTO DE LOS FALLOS DEL NODO	NINGUNO, CON EXCEPCION DE LOS PAQUETES QUE SE PERDIERON DURANTE LA CALESTION	TODOS LOS CV QUE PASAN A TRAVES DEL EQUIPO QUE FALLO SE TERMINAN
CONTROL DE LA CONGESTION	DIFFICIL	FACIL SI UN NUMERO SUFICIENTE DE TIEMPOS PUEEN ASIGNARSE ANTICIPADAMENTE PARA CADA CV ESTABLECIDO
COMPLEJIDAD	EN LA CAPA DE TRANSPORTE	EN LA CAPA DE RED
RECURSOS PARA	SERVICIO ORIENTADO A CONEXION Y SIN CONEXION	SERVICIO ORIENTADO A CONEXION

Comparación entre los datagramas y circuitos virtuales.

## ENCAMINAMIENTO

Debido a que la función real del nivel de red consiste en el encaminamiento de paquetes, los algoritmos que seleccionan las rutas y las estructuras de datos a utilizar, representan una de las áreas principales en el diseño del nivel de red.

Un algoritmo de encaminamiento es aquella parte del software correspondiente al nivel de red el cual es el responsable de decidir sobre qué línea de salida se deberá transmitir un paquete que llega. A este caso se le conoce a veces como encaminamiento de sesión, debido a que una ruta permanece durante una sesión

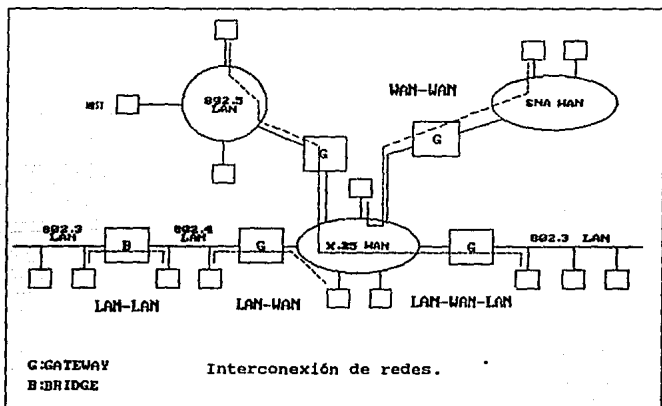
entera de usuario (por ejemplo, el caso de una sesión en un terminal o una transferencia de archivos).

Independientemente de que las rutas puedan ser seleccionadas para cada paquete o sólo cuando se establecen nuevas conexiones, existen ciertas propiedades que resulta deseable tener en un algoritmo de encaminamiento, estas son:

- a) Corrección.
- b) Simplicidad.
- c) Robustez.
- d) Estabilidad.
- e) Equidad.
- f) Optimalidad.

#### INTERCONEXION DE REDES

Cuando las máquinas de origen y destino se encuentran localizadas en redes diferentes y no están conectadas directamente, el algoritmo de encaminamiento tendrá que determinar trayectorias a través de una o más redes intermedias. Otro problema radica en que no todas las redes utilizan los mismos protocolos, lo cual implica tener diferentes formatos para los paquetes, cabeceras, procedimientos de control de flujo, reglas de asentimiento y algunos otros parámetros. Como consecuencia de esto, es necesario realizar conversiones las cuales a veces son directas, pero con frecuencia no.





Para realizar la interconexión de redes se requieren de un conjunto de dispositivos, a los que genéricamente se les conoce con el término de retransmisores, los cuales pueden ser bilaterales cuando sólo conectan dos redes, ó multilaterales cuando pueden conectar varias redes. Los cuatro tipos de retransmisores y los niveles en los que se ubican dentro del modelo OSI son los siguientes:

- Nivel 1: Repeaters, copian los bits individuales, entre segmentos de cable.
- Nivel 2: Bridges, almacenan y reexpiden tramas entre redes tipo LAN.
- Nivel 3: Routers, almacenan y reexpiden paquetes entre redes que no son similares.
- Nivel 4: Gateways, proporcionan interconexión en niveles superiores.

Como ejemplos de protocolos del nivel de red tenemos al X.25 y el IP. El X.25 está orientado a conexión y se utiliza en redes de datos públicos, en tanto que el protocolo IP, es sin conexión y se utiliza en la interconexión de redes ARPA, en universidades y en la mayoría de las instalaciones UNIX.

En resumen el nivel de red es el encargado de que dos entidades puedan comunicarse resolviendo los problemas de encaminamiento e interconexión dentro de la red, no importando que tan grande e incompatible sea.

#### 3.2.1.4 Nivel de Transporte

En tanto que los protocolos, de los niveles inferiores, son entre máquina y su vecino inmediato, el nivel de transporte es un nivel del tipo origen-destino ó extremo a extremo, es decir, un programa en la máquina origen lleva a cabo una conversación con un programa parecido que se encuentra en la máquina destino.

El objetivo fundamental del nivel de transporte consiste en proporcionar un servicio eficiente, fiable y económico a sus usuarios, normalmente entidades (por ejemplo, procesos) del nivel de sesión. Para alcanzar este objetivo, el nivel de transporte utiliza los servicios que proporciona el nivel de red. Al hardware y/o software que hacen este trabajo dentro del nivel de transporte se les conoce como entidades de transporte.

De la misma manera como hay dos tipos de servicio de red, también hay dos tipos de servicio de transporte: es decir, orientado a conexión y sin conexión. En los dos casos, las conexiones tienen tres fases: la de establecimiento, de transferencia de datos y la de liberación. Ante las circunstancias anteriores, surge la pregunta obvia: "Si el servicio del nivel de transporte es tan similar al servicio del nivel de red, ¿ cuál es la razón de tener dos niveles diferentes ? ¿ Por qué razón un sólo nivel es inadecuado ?" esto se explica de la siguiente manera.

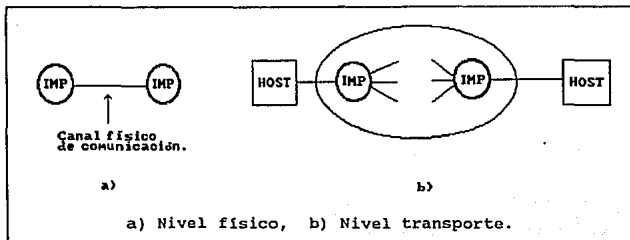
Dado que los usuarios no ejercen ningún control sobre la subred, no pueden resolver el problema relacionado con un servicio deficiente mediante el empleo de mejores IMP's, o bien, incrementando el tratamiento de errores en el nivel de enlace. La única posibilidad que se vislumbra consiste en colocar otro nivel arriba del nivel de red, que mejore la calidad del servicio. Por ejemplo, en el caso de que a una entidad de transporte se le avisa, a la mitad de una larga transmisión, que se ha interrumpido súbitamente su conexión de red, puede establecer una nueva conexión de red con la entidad de transporte remota. Utilizando esta nueva conexión, la entidad de transporte puede enviar una pregunta a su corresponsal, para averiguar qué datos llegaron y cuáles no, y después reiniciar la transmisión a partir del momento en el cual se perdieron.

Básicamente, se puede decir que la existencia del nivel de transporte hace posible que el servicio de transporte sea más fiable que el proporcionado por la capa de red subyacente. Los paquetes extraviados, los datos dañados, e incluso los n-reset de la red pueden ser detectados y compensados por la capa de transporte.

Gracias al nivel de transporte, es posible que los programas de aplicación puedan escribirse utilizando un conjunto normalizado de primitivas, y hacer que dichos programas funcionen en una gran variedad de redes.

#### PROTOCOLOS DE TRANSPORTE

El servicio de transporte se realiza por medio de un protocolo de transporte el cual se parece al protocolo de enlace de datos, ya que tiene que ver con el control de errores, secuenciamiento y control de flujo. Sin embargo, también existen diferencias significativas entre los dos, las cuales son debidas fundamentalmente a los diferentes medios con los cuales opera cada protocolo, como se muestra en la figura, en la cual se puede ver que en el nivel de enlace, hay dos IMP's, que se comunican directamente a través de un canal físico, en tanto que en el nivel de transporte, el canal físico se sustituye por la subred completa



Esta diferencia tiene muchas implicaciones importantes para los protocolos, debido a que por un lado, en el nivel de enlace no es necesario que un IMP especifique con que IMP desea comunicarse, en tanto que en el nivel de transporte se necesita un direccionamiento explícito de los destinos.

En el nivel de transporte la unidad de datos o "paquete de transporte" (definido por la OSI) se denomina unidad de datos del protocolo de transporte (TPDU).

En resumen, el propósito del nivel de transporte es el de llenar el hueco que existe entre lo que ofrece el nivel de red y lo que desea el usuario de transporte. También sirve para aislar los niveles superiores de la tecnología de la red, al proporcionar la definición de un servicio normalizado. De este modo, los cambios en la tecnología de la red no requerirán de cambios en el software de los niveles superiores.

### 3.2.1.5 Nivel de Sesión

Los niveles de sesión, presentación y aplicación constituyen la parte superior en el modelo OSI y a diferencia de los cuatro niveles inferiores, los cuales están fundamentalmente involucrados en proporcionar una comunicación fiable de extremo a extremo, el objetivo de los niveles superiores consiste en proporcionar una serie de servicios orientados al usuario.

Básicamente el nivel de sesión es un invento de la ISO, debido a que antes de la aparición del modelo OSI, ninguna de las redes existentes tenía un nivel de sesión.

La función principal del nivel de sesión consiste en proporcionar la manera por medio de la cual sus usuarios establezcan conexiones; por ejemplo dos procesos de usuario (sesiones) puedan transferir datos entre ellos de manera ordenada. Una sesión también podría utilizarse para un acceso remoto desde un terminal a un ordenador, para una transferencia de archivos ó para cualquier otro propósito.

La característica más importante del nivel de sesión es el intercambio de datos, pero al igual que una conexión de transporte, sigue un proceso de tres fases: establecimiento, utilización y liberación. A pesar de estas similitudes, existen importantes diferencias entre una sesión y una conexión de transporte. La principal entre éstas es la forma como se liberan las sesiones y las conexiones de transporte. Las conexiones de transporte se terminan de manera abrupta y pueden traer como resultado la pérdida de los datos que se encuentran en el momento de la liberación. En cambio las sesiones se terminan de una manera ordenada, por lo que se requiere que los dos protocolos estén satisfechos y además ambos deseen terminar la comunicación.

Finalmente el nivel de sesión incluye la administración de

diálogos y actividades, entre otros, los cuales se consideran como servicios con "valor agregado" colocados encima de una conexión de transporte desnuda.

### 3.2.1.6 Nivel de Presentación

El nivel de presentación se ocupa de los aspectos de sintáxis y semántica de la información que se transmite. Un ejemplo típico de servicio de éste nivel es el relacionado con la codificación de datos. Por lo que para facilitar la comunicación de ordenadores con diferentes representaciones (por ejemplo ASCII ó EBCDIC), la estructura de los datos que se va a intercambiar puede definirse en forma abstracta, junto con un código de línea.

El nivel de presentación está relacionado también con otros aspectos de representación de la información. Por ejemplo, la compresión de datos se puede utilizar aquí para reducir el número de bits que tienen que transmitirse, y el concepto de criptografía se necesita utilizar frecuentemente por razones de privacidad y autenticación.

A diferencia de las cinco capas inferiores, que solamente se ocupan del movimiento ordenado de bits desde la fuente al destino, el nivel de presentación se encarga de la preservación del significado de la información transportada. Cada ordenador puede tener su propia forma de representar los datos, por lo que es necesario tener acuerdos y conversiones para poder asegurar el entendimiento entre ordenadores diferentes. El trabajo del nivel de presentación consiste precisamente en codificar los datos con el formato interno utilizado en la máquina transmisora, a un flujo de bits adecuado para la transmisión y después decodificarlos para representarlos en el formato del extremo destinatario.

Tal vez resulte irónico percatarse de que los niveles 1 a 5 han tenido una enorme cantidad de problemas para asegurar que los mensajes se transmitan bit por bit en forma exacta, del transmisor al receptor, sólo para llegar a descubrir, en el nivel 6, que para la mayoría de las aplicaciones, la transmisión exacta de copias de datos es completamente errónea. Lo que uno realmente quiere es que el significado de dichos datos se preserve, más no el patrón de bits. Finalmente, este nivel proporciona cuatro servicios de seguridad:

- 1) Proteger los datos para que no puedan ser leídos por personas no autorizadas.
- 2) Impedir que las personas sin autorización inserten o borren mensajes.
- 3) Verificar el emisor de cada uno de los mensajes.
- 4) Hacer posible la transmisión de documentos, firmados electrónicamente .

Estos servicios sugieren la creación de diferentes códigos enfocados a garantizar la integridad de los datos.

### 3.2.1.7 Nivel de Aplicación

La función del nivel de aplicación es la transferencia de archivos; por ejemplo el correo electrónico, la entrada de trabajos remotos, el servicio de directorio, etc.

El nivel de aplicación contiene los programas del usuario (aplicaciones), estos programas utilizan los servicios que ofrece el nivel de presentación para sus necesidades de comunicación. Sin embargo, aplicaciones como la de transferencia de archivos, son tan comunes que precisamente se han desarrollado normas para eliminar la necesidad de que cada compañía desarrolle la suya propia y asegurar que todos utilicen el mismo protocolo.

Puesto que las personas que están trabajando conjuntamente en un proyecto, normalmente necesitan compartir archivos, una manera de lograrlo es teniendo una máquina en donde se conserve el original de cada archivo, mientras se transfieren copias a otras máquinas según se necesite. Otra manera sería la de conservar cada archivo en la máquina donde se creó y hacer que los usuarios de otras máquinas soliciten copias cuando las necesiten. Aspectos como estos son manejados con los servicios de directorio propios de éste nivel.

Este nivel también maneja ampliamente el concepto de terminal virtual, la cual es una estructura de datos abstracta que representa el estado de la terminal real. Dicha estructura puede ser manipulada por el teclado y por el ordenador, reflejando en la pantalla su estado actual.

Otro aspecto importante de este nivel son los servidores de archivos. Un servidor de archivos (o un almacén de archivos virtual) puede ser caracterizado por las siguientes tres propiedades:

- 1) Estructura de los archivos.
- 2) Atributos de los archivos.
- 3) Operaciones sobre los archivos.

Finalmente las aplicaciones que permiten los protocolos de este nivel son las de almacenamiento y transferencia de imágenes, el videotexto y el teletexto.

### 3.2.2 Otros modelos de protocolos estructurados (SNA)

Debido a que IBM dominó por mucho tiempo el mercado de las computadoras, en la actualidad tiene un gran número de sistemas de cómputo instalados en todo el mundo; por tal motivo, el estudio sobre redes no podría considerarse completo si no se mencionara, por lo menos, algo sobre la arquitectura de redes de IBM, denominada SNA (Arquitectura de redes de sistemas).

Antes de la aparición de SNA, IBM ya tenía varios cientos de productos de comunicación, los cuales utilizaban diferentes métodos de acceso, y diferentes protocolos de enlace. La idea de crear SNA, era para eliminar este caos y proporcionar una infraestructura coherente para el proceso distribuido el cual se encontraba débilmente acoplado.

Otro factor importante para IBM fué el hecho de mantener la compatibilidad de todos los programas y protocolos que tenía, y además querer ofrecer servicios propios; por lo que la arquitectura SNA resultó ser más complicada de lo que debiera haber sido.

Una red SNA está constituida por una colección de máquinas denominadas nodos, de los cuales hay cuatro tipos y se caracterizan de la siguiente manera:

Nodos tipo 1.- Son las terminales.

Nodos tipo 2.- Son los controladores, que supervisan el funcionamiento de las terminales y otros periféricos.

Nodos tipo 3.- No están definidos.

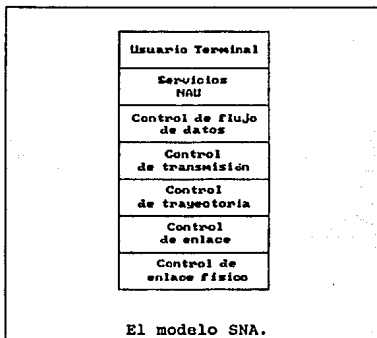
Nodos tipo 4.- Son los procesadores frontales los cuales tienen como función reducir la carga de la CPU principal y realizar el manejo de interrupciones asociadas con la comunicación de datos.

Nodos tipo 5.- Son los host principales.

Aunque es posible llevar a cabo una correspondencia aproximada de los niveles del modelo SNA con los niveles del modelo OSI, se puede apreciar que los dos modelos no tienen una correspondencia mutua, especialmente en los niveles 3, 4 y 5. A continuación se presenta un resumen de los niveles SNA.

- a) Control de enlace físico.- El nivel SNA localizado en la parte más baja de la arquitectura, tiene a su cargo el transporte físico de los bits de una máquina a otra.
- b) Control de enlace.- Este nivel construye las tramas a partir del flujo original de bits, y tiene a su cargo la detección y recuperación de errores de transmisión de una manera transparente para los niveles superiores.
- c) Control de trayectoria.- El objetivo del nivel 3, consiste en establecer una trayectoria lógica de la unidad direccionable de red NAU (Network Addressable Unit) fuente a la unidad direccionable de red destino.
- d) Control de transmisión.- Es el nivel que está localizado encima del nivel de control de trayectoria y tiene bajo su responsabilidad la creación, el manejo y la liberación de las conexiones de transporte (sesiones). Este nivel es de suma importancia, ya que todas las comunicaciones en SNA utilizan sesiones y no soportan comunicaciones sin conexión. El propósito de la existencia de una sesión en SNA, como en el caso del modelo OSI, consiste en proveer a los niveles superiores un canal libre de error y que sea independiente de la tecnología del hardware de los niveles inferiores.

- e) **Control de flujo de datos.**- Este nivel tiene como objetivo el controlar a qué extremo de la sesión le corresponde hablar a continuación. También este nivel está muy relacionado con la recuperación de errores y una característica que resulta poco común pero que es propia del nivel de control de flujo de datos, es la ausencia de una cabecera específica para comunicarse con el software correspondiente del otro extremo. En lugar de dicha cabecera la información, que normalmente se comunicará a través de ella, se pasa al nivel de control de transmisión como parámetro.



- f) **Servicios NAU (Unidad Direccional de Red).**- El sexto nivel dentro de SNA, provee dos clases de servicios a los procesos de usuarios. El primero se refiere a los servicios de presentación, como por ejemplo la compresión de textos; en tanto que el segundo se refiere a los servicios de sesión para el establecimiento de conexiones.
- g) **Usuario Terminal.**- Finalmente éste nivel proporciona todos los servicios que están relacionados con la operación de la red como un todo.

Como se puede ver el modelo SNA sólo está orientado a la estandarización de los protocolos de comunicación que manejan los sistemas de cómputo de IBM; aunque vale la pena hacer notar que el modelo OSI se configuró tomando como base al modelo SNA, incluyendo desde el concepto de estratificación, el número de niveles seleccionados y hasta algunas de sus funciones.

Actualmente muchos fabricantes de equipo de cómputo o redes están creando sus modelos estratificados, pero siempre tomando como referencia al modelo OSI.

### 3.3 PROTOCOLOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL MULTIVARIABLE

Todos los sistemas de control existentes en la industria caen dentro del término SCADA (Sistemas de Control Supervisorio y Adquisición de Datos) también conocidos como Redes de Supervisión y Monitoreo; los cuales comprenden las funciones de adquisición de datos, monitoreo, control, procesamiento y presentación de la información.

Los sistemas SCADA constan de una computadora maestra que está en comunicación permanente con un grupo de Unidades Terminales Remotas (UTR's) teniendo entre si un lenguaje en común y utilizando un esquema de comunicación Maestro-Esclavo. El conjunto de estas unidades forman un sistema de redes en operación automática, el cual se encarga de mantener el sistema en un punto de operación óptimo, requiriendo para ello, datos de toda la red.

Los sistemas SCADA presentan las siguientes características:

- a) Los controladores están ubicados a lo largo del proceso.
- b) Las comunicaciones se realizan através de un medio que permite transmisiones a grandes distancias.
- c) Un computador supervisor central (Host computer) se encarga de manejar y coordinar toda la información del sistema.
- d) Las Unidades Terminales Remotas, son la parte esencial de los sistemas de control.
- e) Cuentan con un sistema de codificación para la transmisión de información en forma segura y confiable dentro de la red.

Del inciso e anterior se deduce que, un sistema de control puede especificar un protocolo estándar, y en su implementación adecuarlo a sus necesidades ó a las características de sus sistemas, tal es el caso de los sistemas instalados en Plantas Piloto y como ejemplo daremos las especificaciones del EIA RS-422/485 utilizado tanto en el sistema micro TDC-3000 (en la red de control local LCN) como en el sistema Micromax.

El estándar EIA-RS422/485 oficialmente se define con las siguientes características:

Descripción:	Enlace serial síncrono.
Propone:	CCITT alrededor de 1978.
Estándar:	CCITT, ISO.
Formato de Datos:	8 bits seriales, alfabeto número 5 del CCITT (ASCII).
Tipo de transferencia:	Síncrona.
Timing:	Razón de bit predefinido.
Recuperación de error:	Bit de paridad opcional.
Conector:	15-pines conector hembra en el DCE. 15-pines conector macho en el DTE.
Longitud del Bus RS-422:	15mts. @ 10 Mb/s. 1200mts @ 100 Kb/s.
Driver:	Drivers RS-422.



**Definición de señales de hembra a macho:**

- |                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| 1. Shield.             | 9. Transmit T(-).       |
| 2. Transmit T(+).      | 10. Control C(-).       |
| 3. Control C(+).       | 11. Receive R(-).       |
| 4. Receive R(+).       | 12. Indicator I(-).     |
| 5. Indicator I(+).     | 13. Signal timing S(-). |
| 6. Signal timing S(+). | 14. Byte timing B(-).   |
| 7. Byte timing B(+).   | 15. Reserved.           |
| 8. GND.                |                         |

**Velocidad:**

De acuerdo a la distancia.

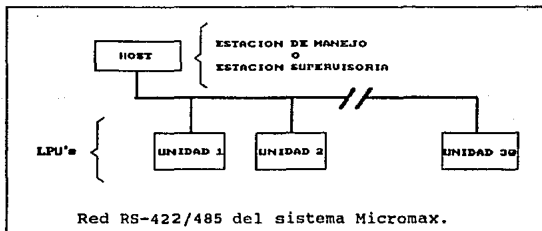
**Notas:**

Es ideal para modems, pero no es tan soportado por proveedores de microcomputadoras.

El estándar RS-485 es muy similar al RS-422, sólo que sus especificaciones permiten conexiones multipunto con hasta 32 estaciones.

**3.3.1 El estándar RS-422/485 en el sistema Micromax**

Dentro del sistema Micromax, la interface de comunicación serie está diseñada para un simple host y es del tipo maestro-esclavo dedicado. La LPU es el esclavo y la Estación de Manejo o la Estación Supervisoría es el maestro. Además no existe comunicación peer-to-peer entre LPU's ya que las LPU's solamente escuchan al host.



Un sistema Micromax desde el punto de vista del modelo ISO/OSI solo tiene componentes en el nivel físico, de enlace y de presentación. El nivel físico está soportado por el RS-422/485; el nivel de enlace está respaldado por el ANSI X3.28 y es el responsable de mantener un intercambio entre el Host y la LPU; en cuanto al nivel de presentación, se utiliza el código ASCII para la representación de datos.

### 3.3.1.1 Características mecánicas

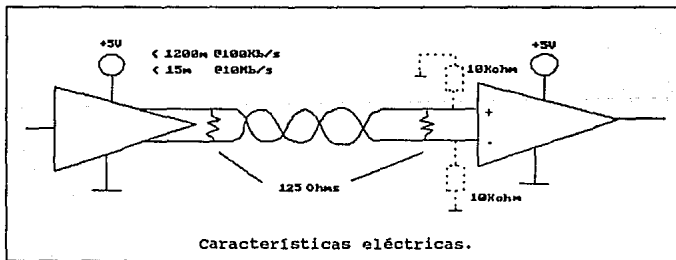
Los cables del host y la LPU aceptan conductores calibre 22, aunque se recomienda cable de par trenzado y con una longitud máxima de 1,000 pies. En lo referente al cable, éste llega a un terminal para sujetarse con tornillos, tanto en el DTE como en el DCE. Finalmente, el puerto receptor esta provisto de un terminador y deberá ser usado solamente si ésta unidad es la última del enlace de comunicación.

CONEXIONES DEL TERMINAL		FUNCION
1	_____	TX(+)
2	_____	TX(-)
3	_____	Tierra
4	_____	RX(-)
5	_____	RX(+)

Asignación de pines.

### 3.3.1.2 Características eléctricas

Las especificaciones eléctricas del RS-422 se dan en la siguiente figura.



Una de las ventajas del RS-422, (además de su mejor funcionamiento con respecto al RS-232) es que trabaja con una fuente de 5 VDC.

Las 2 resistencias de 10Kohms que se aprecian en la figura no son parte del estándar, ya que sólo son requeridas en caso de querer implementar una transmisión asíncrona.

### 3.3.1.3 Características de procedimiento

**Dirección de las unidades (LPUS).**- Cada unidad en el enlace requiere una dirección única, la cual se asigna por medio de un dip-switch de 8 elementos. Las direcciones que pueden ser asignadas van desde la 1 hasta la 254 ya que las direcciones 0 y 255 tienen un significado diferente.

**Selección de paridad.**- Esta opción depende de los requerimientos del host y se selecciona por medio de un dip-switch de 2 elementos, la cual puede ser:

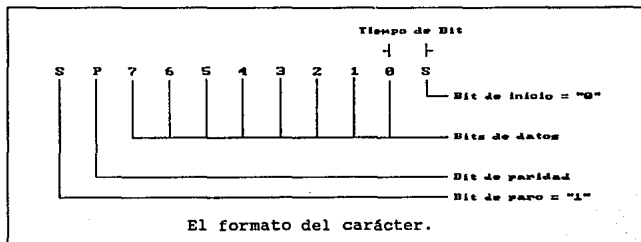
- a) No paridad.
- b) Impar.
- c) Par.
- d) No usada.

**Selección de baudaje.**- La selección del baudaje se realiza con un dip-switch de 2 elementos y los baudajes posibles pueden ser:

- a) 300 Bauds.
- b) 1200 Bauds.
- c) 9600 Bauds.
- d) 19200 Bauds.

**Convenciones de comunicación.**- La transferencia de datos es half-duplex, usando una conexión de 4 hilos para datos y un quinto hilo como común, además la transmisión es asíncrona y el código de línea que se utiliza es el NRZ (Non-Return-to-Zero).

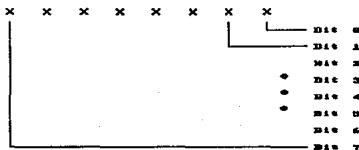
Antes de estudiar más a fondo la trama de datos del nivel de enlace se describirán las componentes del formato de carácter y los formatos de datos.



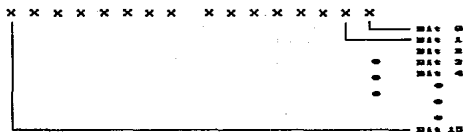
El orden en que se realiza la transmisión es de derecha a izquierda y al tiempo entre bits es de: 0.05208 mseg a 19200 Bauds, 0.10417 mseg a 9600 Bauds ó 0.83333 mseg a 1200 Bauds.

El bit de paridad puede ser omitido en el caso de una selección de "no paridad". Además los formatos de datos pueden ser de cuatro tipos:

a) Formato binario de 8 bits:



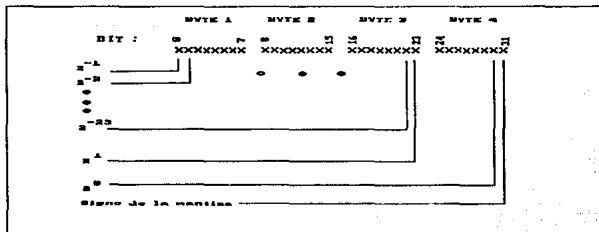
b) Formato binario de 16 bits:



c) El formato ASCII para mensajes de texto solo se diferencia del formato de 8 bits en que el bit 7 es puesto a cero. El código ASCII utilizado es el definido por la ANSI X3.4.

d) Los datos de punto flotante se conforman de 4 bytes y se utiliza el formato propuesto por la IEEE para aritmética binaria con punto (TASK P754) el cual consta de los siguientes elementos:

$$+/- . \text{mantiza} * 2^{+/-\text{exp}}$$



Y su orden de transmisión es del byte 1 al 4.

## CONTROL DE LA COMUNICACION

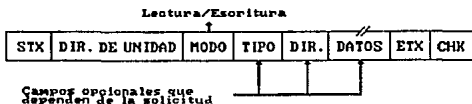
Para poder tener un buen control de la comunicación, es necesario distinguir los caracteres de control de comunicación de los datos de transmisión para evitar la confusión de los mismos. El método de codificación que utiliza el sistema Micromax es el de enlace por secuencias escape DLE (Data Link Escape). El cual consiste en la inserción de caracteres, por ejemplo los caracteres de control de comunicación que deberán estar precedidos por un carácter DLE, son los siguientes:

Carácter    Función

STX	Inicio de texto.
ETX	Fin de texto.
DC1	Transmisión activa.
ENQ	Comunicación abortada.
ACK	Reconocimiento.
NAK	No reconocido.

Una vez estudiados los elementos de la trama de datos ahora se conformará de acuerdo al sentido de la comunicación, ya sea de Maestro a Esclavo o viceversa.

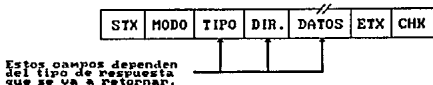
Trama maestro a esclavo:



En el caso de accesos multiples la trama queda:

stx/u/m/t/a/(datos)/m/t/a/(datos)/.../m/t/a/(datos)/etx/chk

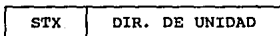
Trama esclavo a maestro:



En el caso de accesos multiples la trama queda:

stx/m/t/a/(datos)/m/t/a/(datos)/.../m/t/a/(datos)/etx/chk

**DEFINICION DE LOS CAMPOS STX Y DIRECCION DE UNIDAD**

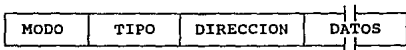


STX: Indica el inicio de una trama ó inicio de texto.

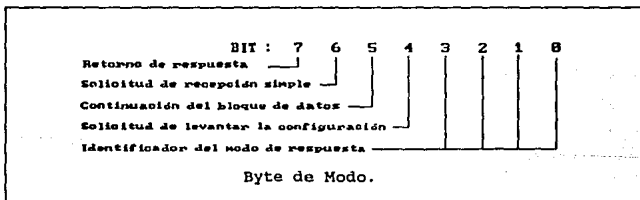
DIRECCION DE LA UNIDAD: Las direcciones disponibles son de la 1 a la 254, ya que la dirección 0 es una dirección inactiva y la dirección 255 indica una transmisión de datos a todas las unidades.

Si una unidad tiene la dirección 0, la unidad no tomará en cuenta al puerto de comunicaciones, esto es, si el host envía esta dirección, ninguna unidad responderá. En tanto que si se usa la dirección 255, todas las unidades escucharán el código de difusión o mensaje del maestro.

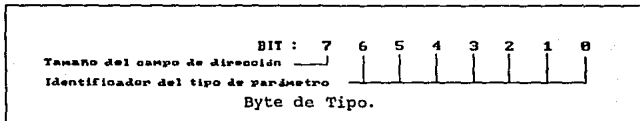
**DEFINICION DE LOS CAMPOS DE MODO, TIPO, DIRECCION Y DATOS**



MODO: Cuando hay una solicitud de datos, el host (maestro) envía el byte de "modo" al esclavo y en este byte se decide el tipo de respuesta de retorno y la condición de continuación de datos (si se requiere). Además en este byte se encuentra el identificador actual el cual especifica en que modo se pondrá la unidad, por ejemplo lectura ó escritura. Como respuesta, la unidad regresa un identificador del modo en que se encuentra.



TIPO: Este campo tiene los siguientes parámetros:



**DIRECCION:** Este campo es un índice específico que categoriza los parámetros y se tiene un byte para su representación.

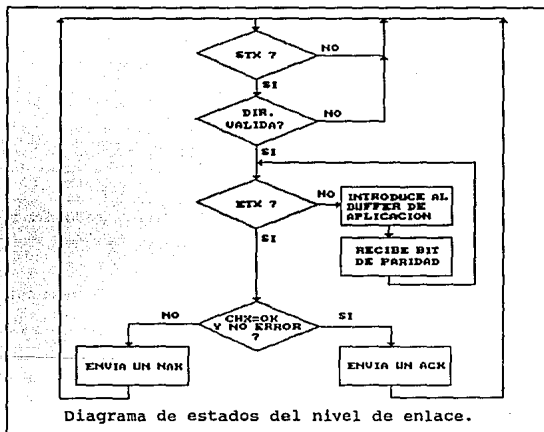
**DATOS:** Este campo contiene la información que se desea transferir entre los elementos de la red.

**DEFINICION DE LOS CAMPOS ETX Y CHK**

ETX	CHK
-----	-----

**ETX:** Carácter que indica el fin de texto.

**CHK:** El carácter de chequeo ó checksum proveerá una detección de error de bloques de datos. Este es una adición al bit de paridad el cual es generado en cada carácter.



### 3.3.2 El estándar RS-422/485 en la LCN del sistema micro TDC-3000

En esta parte veremos solo algunas de las características que a simple vista hacen notar que el estándar RS-422/485 de la LCN es completamente diferente al del sistema Micromax.

- a) En la LCN todos los nodos en ambas torres se comunican a través de la red de comunicación TPLCN (Twisted Pair Local Control Network) usando el estándar RS-422/485 y no existe un esquema Maestro-Esclavo como en Micromax.

- b) Un punto y quizá sea el único en que coinciden el sistema Micromax y la LCN es que utilizan par trenzado.
- c) En cuanto al control de acceso al medio, un sistema Micromax no lo requiere, ya que existe una comunicación punto a punto; en tanto que la LCN requiere del protocolo token-bus.
- d) Otro aspecto de suma importancia es la velocidad, mientras que el sistema Micromax maneja velocidades de entre los 1200 hasta 19200 Bauds, la LCN maneja una velocidad de 5 Megabauds.

En conclusión, el estándar RS-422/485 es utilizado de manera diferente por el sistema Micromax y la LCN del sistema micro TDC-3000, inclusive parecieran ser dos estándares diferentes.

### 3.3.3 El estándar IEEE 802.4 en la UCN del sistema micro TDC-3000

La Red de Control Universal utiliza el estándar IEEE 802.4 del cual se hablará más a fondo en el siguiente capítulo, en éste solo se dará la relación que guarda con el modelo OSI y algunas de sus especificaciones:

Tipo de Red: Canal simple con banda portadora de fase coherente FSK. Red de Area Local (ISO 8802/4).

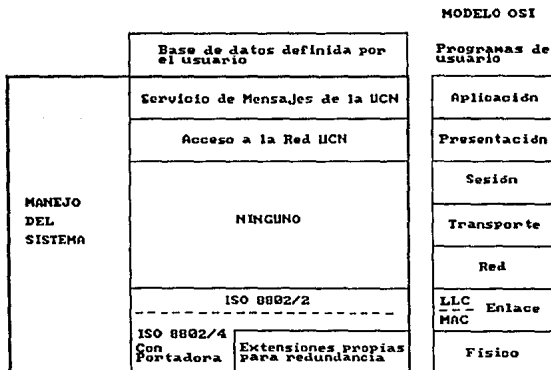
Velocidad: 5 Mbits/segundo.

Dispositivos por UCN: Hasta 32 dispositivos redundantes.

Tipo de cables: RG-11.

Longitud del cable: Hasta 50 metros.

La UCN y el modelo de referencia OSI:







# Capítulo 4

Análisis para la  
implementación  
de la red

No

Exista

Pagina

## 4.1 ANTECEDENTES

Las redes pueden dividirse en dos categorías principales:

- a) WAN (Red de área extensa).
  - b) LAN (Red de área local).
- a) WAN.- Operan sobre áreas extensas, generalmente manejan una velocidad de datos de acuerdo a las redes públicas telefónicas y enlazan redes pequeñas de varias organizaciones.
- b) LAN.- Tienen un campo de acción no mayor de unos cuantos kilómetros, su velocidad total de datos es de varios Mbps. y son propiedad de una sola organización.

Independientemente del tipo de red (WAN ó LAN), para su implementación es necesario especificar dos elementos básicos: hardware y software de los cuales se presenta un análisis en el presente capítulo. Vale la pena aclarar que éste análisis será realizado sobre LAN's, debido a que la solución que se propone a la implementación de la red de sistemas de control multivariable es una LAN.

Como las LAN son redes de difusión donde lo más importante es determinar quién tiene derecho de utilizar el canal cuando varias estaciones pretenden hacerlo, primeramente se describirán los protocolos que trabajan en el subnivel MAC (Control de Acceso al Medio), tales como el CSMA/CD y los algoritmos de paso de téstigo; y posteriormente se analizarán algunos sistemas operativos para red.

### 4.1.1 Protocolo Aloha

El protocolo Aloha, también llamado Aloha puro, fué desarrollado en la década de 1970, para resolver el problema de la asignación de canal. Aloha se caracteriza por ser un protocolo de contienda, esto es, los usuarios compiten por acceder el canal (el cual es común a todos). El hecho de que todos puedan acceder el canal suele generar conflictos (colisiones), esto sucede porque los usuarios pueden transmitir información siempre que la tengan. Sin embargo, debido a la retroalimentación de la comunicación, el transmisor siempre podrá averiguar si su trama se destruyó, si fué así, tendrá que esperar un tiempo aleatorio antes de transmitir de nuevo. Este tiempo se definió que fuera aleatorio, ya que de otra manera las tramas sufrirían colisiones una y otra vez.

En el Aloha, ninguna estación escucha el canal antes de transmitir y no tiene manera de saber si otra trama se está transmitiendo. Además su tiempo de espera (aleatorio), hace que tenga una utilización del 18%.

En 1972, se publicó un método que permitió duplicar la capacidad de un sistema Aloha, el cual consistió en tener intervalos discretos de tiempo ó ranuras del tamaño de un tiempo de trama (definiendo el tiempo de trama como el tiempo necesario para transmitir una trama normal de longitud fija); de esta manera si una trama se esta transmitiendo no sufrirá colisión, ya que no se enviarán otras tramas durante su tiempo de trama. Debido a lo anterior a este protocolo se le llamó Aloha ranurado, el cual permite que cualquier terminal transmita sólo al comienzo de una ranura. Sin embargo, al igual que el Aloha puro, el Aloha ranurado no escucha el canal para saber si está ocupado y su rendimiento se reduce drásticamente al incrementarse la carga en el canal, ya que aumenta la probabilidad de que varias estaciones empleen su transmisión al inicio de la misma ranura.

#### 4.1.2 Protocolo CSMA/CD

Debido al bajo rendimiento de los sistemas Aloha, se buscó la manera de detectar cuándo el canal estaba ocupado. Esto dió lugar a protocolos en los que las estaciones escuchan una portadora (es decir una transmisión), motivo por el cual se les denominó de detección de portadora y fueron analizadas en 1975.

El primer protocolo de detección de portadora es el CSMA (Acceso múltiple por detección de portadora) 1\_PERSISTENTE, en el cual una estación antes de enviar información escucha el canal para saber si alguien está transmitiendo; si es así, la estación espera a que quede libre para empezar a transmitir. Si llega a ocurrir una colisión, la estación espera durante un periodo de tiempo aleatorio, para después reintentar transmitir nuevamente. A este protocolo se le llama 1\_PERSISTENTE porque 1 es la probabilidad de transmitir cuando el canal está desocupado y persistente porque pregunta continuamente por el estado del canal.

En el comportamiento del protocolo tiene un efecto importante el retardo de propagación, ya que existe la posibilidad de que, justo después de que una estación empiece a transmitir, otra estación llegue a estar lista para hacerlo. Ambas escucharan el canal, si la señal correspondiente a la primera estación todavía no ha alcanzado a la segunda, está última detectará el canal desocupado, y también empezará a transmitir, dando como resultado una colisión. Por lo tanto, cuanto mayor sea el retardo de propagación, más importante llegará a ser éste efecto y por consiguiente el protocolo tendrá un rendimiento más bajo.

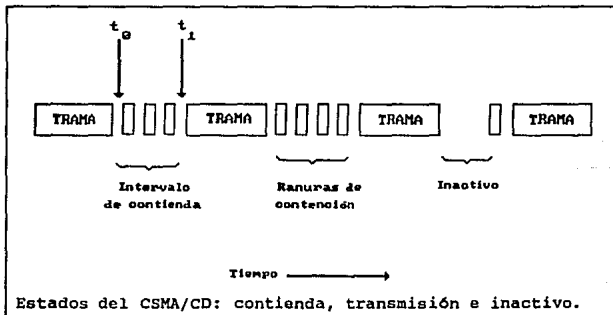
Aún cuando el retardo de propagación sea cero, todavía se tendrán algunas colisiones, ya que si dos estaciones llegaran a estar listas cuando una tercera estuviera transmitiendo, las dos estarán esperando hasta que termine la transmisión, y entonces ambas transmitirán al mismo tiempo provocando una colisión. Aún así este protocolo es bastante mejor que el Aloha puro, ya que el resto de las estaciones renuncian a interferir con la trama que se esta transmitiendo.

# ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Análisis para la implementación de la red

Otro de los protocolos con detección de portadora es el CSMA NO PERSISTENTE, en el cual la estación escucha el canal antes de empezar a transmitir; si nadie está transmitiendo, la estación empieza a hacerlo. Sin embargo, si el canal ya está en uso, la estación deja de escucharlo durante un intervalo de tiempo aleatorio, para después preguntar nuevamente y reintentar su transmisión. Esto conduce a una mejor utilización del canal, pero a una mayor cantidad de retardos que los encontrados en el CSMA 1\_PERSISTENTE.

Los protocolos CSMA hasta ahora mencionados presentan mejoras con respecto al Aloha, ya que aseguran que ninguna estación comience a transmitir cuando el canal esta ocupado. Sin embargo, se le adicionó una mejora más, la de abortar inmediatamente la transmisión en el momento en que las estaciones detectan una colisión. Este protocolo se utiliza mucho en la redes tipo LAN y se le conoce como CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora / con Detección de Colisión), el cual emplea el siguiente modelo conceptual.



En el tiempo  $t_0$ , una vez que se termina de transmitir una trama, si dos ó más estaciones intentan una transmisión de manera simultánea provocarán una colisión. Esto dará inicio a un intervalo de contienda, ya que las estaciones al detectar dicha colisión, abortarán su transmisión y esperarán un intervalo de tiempo aleatorio. Cuando termine el tiempo de espera de una de las estaciones, transmitirá su trama, mientras las demás se encontrarán en un intervalo de contención hasta que termine su tiempo (aleatorio) de espera y el canal este desocupado. En consecuencia, el modelo para el protocolo CSMA/CD consistirá de periodos alternados de contienda y transmisión, con algunos periodos de inactividad, los cuales ocurren cuando ninguna de las estaciones transmite.

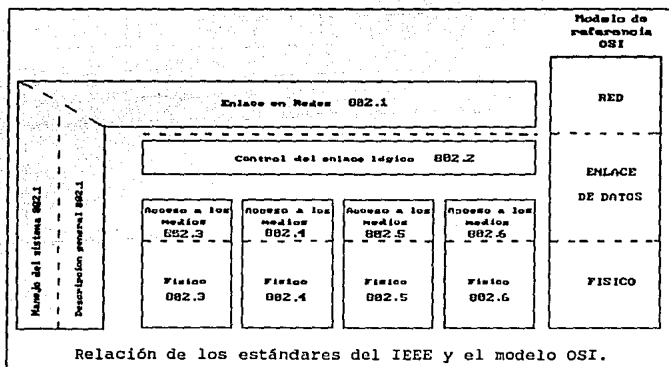
Es importante entender que la detección de colisión es un proceso analógico, el cual se detecta de la siguiente manera: el hardware de la estación deberá escuchar lo que haya en el cable (mientras éste transmite), si la información que está leyendo es diferente a la que está introduciendo, entonces determinará que ha existido una colisión. Esto implica que la codificación de la señal deberá facilitar la detección de colisiones (es decir una colisión entre dos señales de cero volts, sería casi imposible de detectar). Por esta razón es común utilizar el código de línea Manchester.

En resumen varios de estos protocolos fueron la base para la creación de otros, los cuales mejoraron los algoritmos para la selección de la estación que toma posesión del canal, además de manejar más eficientemente las colisiones.

## 4.2 NORMAS 802 PARA LAN

Alrededor de los 70's el comité IEEE tuvo tres propuestas para la norma 802:

- a) 802.3.
- b) 802.4.
- c) 802.5.



- a) La 802.3.- Surge en la compañía Xerox donde Robert Metcalfe, junto con David Boggs y otras personas desarrollaron la LAN Ethernet (se le llamó así, por el éter luminífero, a través del cual se pensó alguna vez que se propagaban las ondas electromagnéticas).

- b) La 802.4.- Es presentada por la General Motors y otras compañías interesadas en la automatización de fábricas.
- c) La 802.5.- Fué propuesta por la IBM en conjunto con compañías interesadas en la automatización de oficinas.

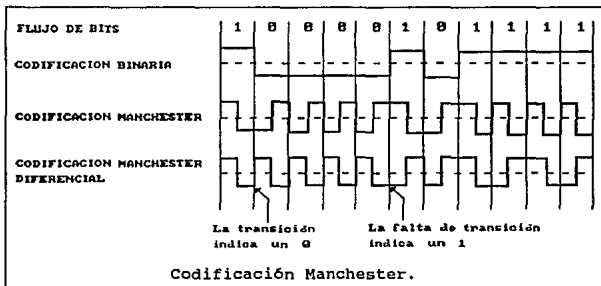
Como fué imposible conseguir la mayoría necesaria para aprobar una norma, el comité tuvo que aprobar las tres, las cuales son conocidas actualmente como IEEE 802.3 (CSMA/CD, basada en la Ethernet), la IEEE 802.4 (token-bus) y el IEEE 802.5 (token-ring). Estas normas se ubican dentro de los protocolos del nivel físico y el subnivel MAC, y aunque difieren entre sí, resultan compatibles en el nivel de enlace.

Además, las normas IEEE 802 han sido adoptadas por el ANSI (Instituto Nacional Americano de Normalización) como una norma nacional americana, por la NBS (Oficina Nacional de Normas) como una norma gubernamental y por la ISO como una norma internacional conocida como ISO 8802.

#### 4.2.1 Norma 802.3 (Ethernet)

La norma que se publicó como 802.3 describe una familia completa de sistemas CSMA/CD 1 PERSISTENTE, operando a velocidades que van desde 1 a 10 Mbps en varios medios físicos. Aunque el nombre de Ethernet generalmente es usado para referirse a todos los protocolos CSMA/CD, Ethernet sólo se refiere a un producto específico que desarrolló el 802.3. A continuación se describen las características de ethernet en el nivel físico:

- a) Medio de transmisión.- Ethernet utiliza varios medios de transmisión, pero el más extendido es el cable coaxial, del cual se especifican dos tipos: Ethernet grueso y Ethernet delgado. El Ethernet grueso es ligeramente rígido y esta marcado cada 2.5 metros para indicar dónde van los conectores.

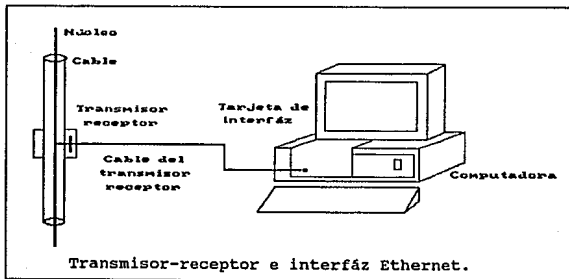


En tanto que el Ethernet delgado es más flexible y utiliza conectores BNC para formar uniones en T, y aunque es más económico, sólo puede utilizarse para distancias cortas, además los dos tipos de cable son compatibles.

- b) Código de línea.- Todos los desarrollos hechos con la 802.3, incluyendo a Ethernet, utilizan directamente la codificación Manchester, donde la presencia de una transición en la parte media de cada bit permite que el receptor se sincronice con el emisor. En cualquier instante, el cable puede estar en alguno de los siguientes estados: transmitiendo un bit 0 (señal baja seguida por una alta), transmitiendo un 1 (señal alta seguida de una baja), o bien, en un estado inactivo (0 volts). La señal alta es de +0.85 volts y la baja de -0.85 volts.
- c) Elementos de una configuración básica Ethernet.- Los elementos básicos que conforman una configuración Ethernet, son: el transmisor-receptor y la interfaz Ethernet.
- \* El transmisor-receptor.- Este elemento esta sujeto al cable de manera que su conector haga contacto con el núcleo interior, además contiene la electrónica necesaria para el manejo de la portadora y de las colisiones; por ejemplo, cuando detecta una colisión coloca una señal de invalidación en el cable para asegurar que todos los demás transmisores-receptores tengan conocimiento de la misma.

Algunos transmisores-receptores son capaces de tener hasta ocho ordenadores periféricos conectados.

- \* La interfaz Ethernet.- Contiene un circuito controlador que transmite las tramas, las ensambla en el formato apropiado, calcula los códigos de redundancia de las tramas de salida y los verifica en las tramas de entrada. Algunos controladores manejan un conjunto de memorias temporales para las tramas de entrada; colas de tramas por transmitirse; transferencias DMA con algunos HOST y otros aspectos relacionados con la administración de la red.





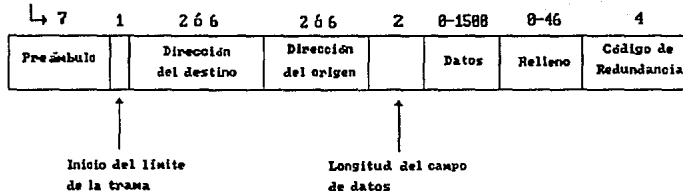
La longitud máxima permitida para una red 802.3 es de 500 metros. Para que la red se extienda sobre una distancia mayor, se utilizan múltiples cables conectados mediante repetidores que se encargan de recibir, amplificar y transmitir señales en ambas direcciones. Un sistema puede estar constituido por varios segmentos de cable y varios repetidores.

El cableado de la red también puede utilizar repetidores selectivos también llamados puentes, los cuales examinan cada trama y sólo reexpiden aquellas que necesitan llegar a un elemento lejano, por tal motivo los puentes deben conocer la ubicación de todas las estaciones.

#### 4.2.1.1 Estructura de la trama

La figura muestra la estructura de la trama para un IEEE 802.3 (1985).

Octetos



Formato de la trama para el 802.3

- Preámbulo.- Es un conjunto de 7 octetos con el patrón de bits 10101010 cada uno. La codificación Manchester de este patrón genera una onda cuadrada de 10 MHz durante 5.6 microsegundos para permitir que el reloj del receptor se sincronice con el del transmisor.
- Inicio de trama.- Consiste de un octeto con el siguiente patrón de bits 10101011.
- Campos de direcciones.- Se tiene un campo para el destino y otro para el origen. La norma permite tener direcciones de 2 y 6 octetos.

El bit de mayor orden en la dirección del destino, es 0 en las direcciones ordinarias y 1 en las direcciones de grupo. Una trama con direcciones ordinarias se envía a todas las estaciones de la red y se propaga por todos los puentes, tal efecto se denomina difusión. Al contrario, cuando se envía

una trama con una dirección grupal, sólo las estaciones del grupo la reciben y se lleva a cabo una difusión restringida.

El bit adyacente al bit de mayor orden del campo de direccionamiento se utiliza para distinguir las direcciones locales de las globales. Las direcciones locales son asignadas por el administrador de la red y no tienen significado fuera del ámbito de la red local; en cambio las direcciones globales, son asignadas por la IEEE para descartar la posibilidad de que 2 estaciones en el mundo tengan la misma dirección y establecer que cada estación sea capaz de dirigirse, en forma única, a cualquier otra.

- d) Campo de longitud.- Indica cuantos octetos están presentes en el campo de datos, aceptando un mínimo de 0 y un máximo de 1500.

El 802.3 establece que las tramas válidas deberán tener por lo menos una longitud de 64 octetos.

- e) Campo de datos.- Contiene la información a transmitir.
- f) Campo de relleno.- Se utiliza para llenar la trama al tamaño mínimo requerido, cuando la parte de datos correspondiente a la trama es menor de 46 octetos.
- g) Campo de código de redundancia.- El 802.3 utiliza un código de redundancia cíclica de 32 bits para verificación de errores.

#### 4.2.2.2 Manejo de colisiones

El manejo de colisiones es un aspecto de suma importancia en el protocolo 802.3, ya que a diferencia del 802.4 y 802.5 que no tienen colisiones, en éste representan un problema que disminuye su eficiencia de manera drástica si no se manejan adecuadamente.

Para llevar a cabo el manejo de colisiones se considera principalmente el tiempo de propagación, ya que si tiene lugar una colisión, cada una de las estaciones involucradas será capaz de detectarla, pero es necesario saber que el tiempo mínimo para hacerlo es precisamente el tiempo que tomará la señal al propagarse desde una estación a la otra.

Según lo anterior, una estación que no escuche la colisión después del tiempo de propagación de la transmisión, es porque no se produjo colisión. Sin embargo, esto es falso considerando el caso peor, que es cuando la comunicación se lleva a cabo entre las dos estaciones más alejadas. Para este caso, si suponemos que en el tiempo  $t_0$  una de las estaciones empieza a transmitir y un instante antes de que la señal alcance la estación destino ( $T-\epsilon$ ), ésta también empieza a transmitir, entonces detectará la colisión de inmediato, pero la colisión no es detectada por la estación origen, hasta después de un tiempo  $2T-\epsilon$ . Dicho de otra

manera, en el caso peor, una estación no puede asegurar que ha tomado posesión del canal hasta que haya transmitido durante un intervalo de  $2T$ , sin haber escuchado ninguna colisión.

Considerando el análisis anterior, se diseñó un algoritmo llamado *disminución exponencial binaria*, el cual se adapta dinámicamente al número de estaciones que intentan transmitir ya que asegura un retardo bajo si sólo algunas estaciones sufren colisiones, pero también asegura que las colisiones se resuelvan en un intervalo de tiempo razonable cuando muchas estaciones lleguen a sufrir colisiones. Por otra parte, como la ausencia de colisiones no garantiza la ausencia de error, el extremo destinatario deberá verificar el código de redundancia, y si es correcto enviar una trama de asentimiento al extremo fuente. Si éste asentimiento fuera otra trama normal para el protocolo, tendría que competir por el tiempo de canal, sin embargo, el algoritmo reserva la siguiente transmisión para el destinatario, después de que se haya efectuado una transmisión con éxito.

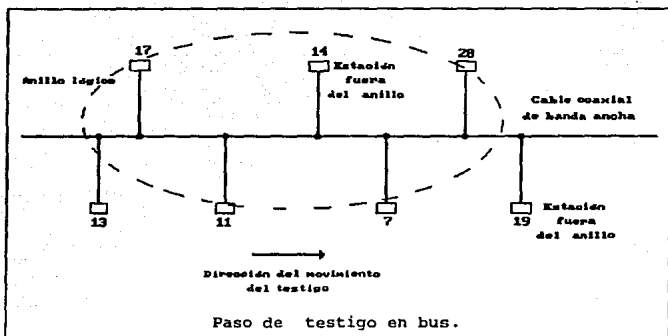
#### 4.2.2 Norma 802.4 (Token-Bus)

La norma IEEE-802.4 surge considerando los siguientes aspectos de las normas 802.3 y 802.5:

- \* De la 802.3 (CSMA/CD).- Las tramas no gozan de prioridad, por lo que son inadecuadas para sistemas en tiempo real, en los cuales las tramas importantes no pueden retenerse por las que no lo son. Además, la característica probabilística del protocolo MAC del CSMA/CD, en el caso peor provocaría que una estación esperara mucho tiempo de manera arbitraria.
- \* De la 802.5 (Token-Ring).- El anillo es un sistema sencillo, aunque con un caso peor conocido, ya que las estaciones envían sus tramas por turnos. Esto es, si hay  $n$  estaciones y la transmisión de una trama se lleva  $T$  segundos, ninguna trama tendrá que esperar más de  $nT$  segundos para llegar a tener una transmisión. Además, por las características físicas del anillo, una ruptura en el cable ocasionaría que la red completa se desactivara y también sería inadecuado para la topología lineal de casi todas las líneas de ensamblado industriales.

Finalmente la nueva norma se realizó, con la robustez del cable de difusión 802.3, pero con el comportamiento conocido del caso peor del anillo; a esta norma se le clasifica como 802.4 y se le conoce como *paso de testigo en bus*, el cual tiene las siguientes características.

- a) Topología.- Las estaciones están organizadas lógicamente en un anillo, en el que cada una conoce la dirección de la estación ubicada a su "izquierda" y a su "derecha". Dicho de otra manera, el orden físico en que se encuentran conectadas las estaciones al cable no importa, ya que cada estación recibe las tramas y descarta las que no le están dirigidas.



b) Medio de transmisión.- Para el nivel físico, el paso de testigo en bus utiliza el cable coaxial de banda ancha de 75 Ohms (empleado para televisión por cable) y el sistema de cable sencillo ó dual. Además tiene autorizados tres tipos de modulación analógica:

- \* Modulación por desplazamiento de frecuencia de fase continua.
- \* Modulación por desplazamiento de frecuencia de fase coherente.
- \* Modulación por desplazamiento de fase modulada con amplitud multinivel duobinaria.

Con la posibilidad de tener velocidades de 1, 5 y 10 Mbps.

En general, el nivel físico del 802.4 es incompatible con el 802.3 y más complejo.

c) Funcionamiento.- Cuando se inicia el anillo, las estaciones se introducen en forma ordenada según su dirección, desde la más alta hasta la más baja. La estación con el número mayor puede enviar la primera trama, después de que ésta lo hizo, pasa la "autorización" a su vecino inmediato a través de la trama de control llamada testigo. El testigo se propaga en el anillo en el orden establecido, pero sólo su poseedor está autorizado para transmitir y como solamente una estación puede tener el testigo a la vez, no hay posibilidad de colisiones. En el caso de que una estación no tenga información que transmitir pasará el testigo inmediatamente después de recibirlo.

En el paso de testigo en bus se definen cuatro clases de prioridades internas de tráfico (dependiendo de la importancia de la información): 0, 2, 4 y 6; 0 para la prioridad más baja y 6 para la más alta, también llamadas subestaciones.

Cuando la información de entrada llega a la subcapa MAC, se comprueba la prioridad de los datos y se encamina a la subestación correspondiente. Así, cuando el testigo llega a una estación, pasa a la subestación de prioridad 6, la cual puede transmitir, siempre y cuando tenga información y no haya expirado su temporizador, después el testigo se pasa a las siguientes subestaciones hasta terminar con la subestación de prioridad cero, una vez hecho esto, el testigo se envía a la siguiente estación del anillo.

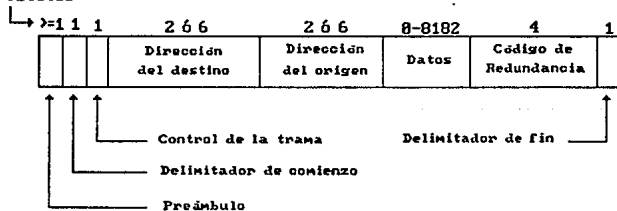
Con la configuración apropiada de los temporizadores, se puede asegurar que la mayor parte del tiempo total de posesión del testigo sea asignado al tráfico con prioridad 6. En caso de que las prioridades altas no utilicen su tiempo asignado, las prioridades bajas lo aprovecharán.

Con un esquema de prioridades como el anterior se garantiza al tráfico con prioridad 6 una parte considerable del ancho de banda de la red, que puede utilizarse para transmisión de voz o tráfico en tiempo real.

#### 4.2.2.1 Estructura de la trama

En la figura se muestra la estructura de la trama del paso de testigo en bus (802.4).

Octetos



Formato de la trama para el 802.4

- Preámbulo.- Se utiliza para sincronizar el reloj del receptor, como en el 802.3, pero su longitud puede ser de 1 octeto.
- Campos delimitador de comienzo y delimitador de fin.- Se utilizan para marcar los límites de la trama. Estos dos campos contienen una codificación analógica de símbolos diferentes al 0 y 1, por lo que no pueden aparecer en la información. Gracias a esto, no se necesita un campo para la longitud.

c) Campo de control de trama.- Se emplea para especificar tramas de datos ó tramas de control:

\* Para las tramas de datos, este campo transporta la prioridad de la trama y un "indicador" que le solicita a la estación destinataria asentir, sobre la recepción de la trama. Sin este "indicador" el destinatario no podría enviar información porque no tiene el testigo.

\* Para las tramas de control, el campo de control de trama especifica el tipo de trama. En los tipos autorizados estan las tramas de transferencia de testigo y varias tramas de mantenimiento del anillo, así como el mecanismo para dejar entrar y salir estaciones del anillo. A diferencia del 802.4, el 802.3 no maneja tramas de control.

d) Campos de dirección.- Existe uno para la estación destino y uno para la estación origen al igual que en el 802.3. Con respecto al tamaño, una red dada deberá utilizar direcciones de 2 ó 6 octetos, pero no ambos en el mismo cable.

El campo de datos puede tener una longitud de 8182 ó 8174 octetos dependiendo del número de octetos de direcciones que se hayan seleccionado. Esta longitud es más de cinco veces mayor que la trama máxima del 802.3, la cual se diseñó corta para evitar que una estación se posesionara del canal por mucho tiempo. Esto, en el 802.4 se puede controlar con los temporizadores, como una medida antimonopolizadora, aunque es más conveniente poder enviar tramas largas cuando no se persigue tráfico en tiempo real.

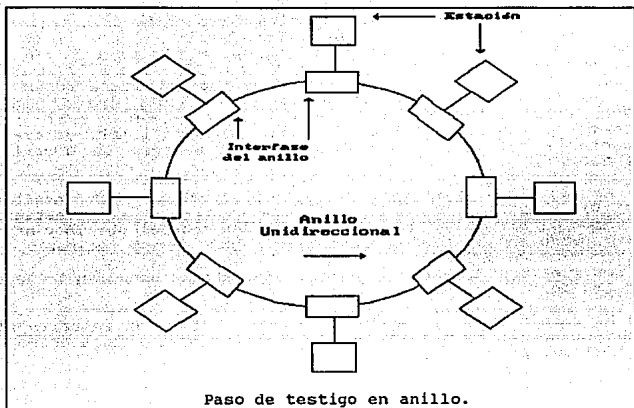
e) Código de redundancia.- Se utiliza para detectar errores de transmisión, empleando un algoritmo CRC de 32 bits, al igual que el 802.3.

#### 4.2.3 Norma 802.5 (Token-Ring)

El anillo a sido seleccionado por la IBM como su LAN y la IEEE ha incluido una norma en el 802.5 denominada paso de testigo en anillo, compatible con la de IBM. En general, las redes tipo anillo han tenido un empleo significativo tanto en redes de área local, como en redes de área extendida. A continuación se mencionan las características del paso de testigo en anillo en el medio físico:

a) Topología.- Un anillo está constituido por una colección de interfaces de anillo conectadas por medio de líneas punto a punto. Además, a diferencia del 802.4, el anillo está conectado físicamente.

b) Medio de transmisión.- Utiliza pares trenzados y opera a 1 ó 4 Mbps. Aunque por manejar enlaces punto a punto funciona también en medios como cable coaxial y fibra óptica.



- c) Código de línea.- Las señales se codifican mediante el código de línea Manchester, con los estados bajo (-4.5 VDC) y alto (+3.0 VDC). También utiliza los estados alto-alto y bajo-bajo en algunos octetos de control que se presentan en pares consecutivos para no introducir componente de DC en el anillo.
- d) Funcionamiento.- En el anillo se tiene un patrón especial de bits llamado testigo, que circula alrededor del anillo mientras las estaciones se encuentran inactivas. Cuando una estación quiere transmitir captura el testigo y lo quita del anillo, antes de efectuar la transmisión. Debido a que solamente hay un testigo, sólo una estación puede transmitir, anulando la posibilidad de colisiones.

El testigo debe mantenerse completo circulando en el anillo cuando todas las estaciones estén inactivas, motivo por el cual el anillo deberá tener una cantidad suficiente de retardos. Esta cantidad considera los retardos de 1 bit introducidos por cada una de las estaciones y el retardo de propagación de la señal. Por lo anterior puede llegar a ser necesario insertar un retardo artificial cuando el anillo es corto.

Al estar circulando el testigo ó alguna trama cada uno de los bits que llega a una interfase se copia en una memoria temporal de 1 bit, para después copiarse de nuevo sobre el anillo. Mientras el bit se encuentre en la memoria temporal, puede inspeccionarse y modificarse antes de ser escrito nuevamente sobre el anillo. Este proceso de copiado introduce el retardo de estación mencionado anteriormente.

Las interfases de los anillos tienen dos modos de operación, uno para escuchar y otro para transmitir. En el modo de escucha, los bits de entrada se copian con un retardo de tiempo de 1 bit. En el modo de transmisión (que sólo ocurre cuando el testigo ha sido capturado), la interfase rompe la conexión existente entre la entrada y la salida, introduciendo sus datos al interior del anillo. Para conmutar entre los modos de escucha y transmite en el tiempo de 1 bit, generalmente la interfase requiere almacenar en memoria una ó varias tramas.

En el anillo, cuando una estación ha terminado de transmitir el último bit de su última trama, deberá regenerar el testigo. Cuando el bit de la trama haya recorrido todo el anillo y haya regresado a la estación transmisora, ésta deberá retirarlo, y la interfase deberá conmutarse al modo escucha para evitar perder el testigo en caso de que ninguna otra estación lo haya recogido.

La arquitectura de anillo no impone límite con respecto al tamaño de las tramas, ya que la trama completa nunca aparece en el anillo en un instante dado.

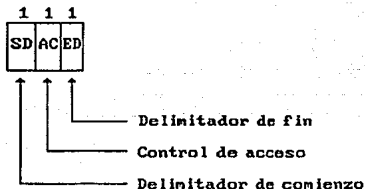
El formato de la trama sólo necesita incluir un campo de un bit para asentar, de manera inicial éste se encuentra a cero. Cuando la estación destino recibe una trama, invierte el estado del bit. Es importante mencionar que se deberá utilizar un mecanismo de asentimiento más sofisticado cuando se realiza la difusión de una trama a múltiples estaciones.

- e) Eficiencia.- Cuando el tráfico es moderado, el testigo estará circulando en el anillo, ocasionalmente será capturado por una estación que transmitirá una trama y después emitirá un testigo nuevo. En cambio si el tráfico es muy elevado a tal grado que exista una cola de espera en cada estación, tan pronto como una estación termine su transmisión y regenere el testigo, la siguiente estación en orden descendente usará el testigo; en estas condiciones la eficiencia de la red se aproxima al 100%.
- f) Seguridad.- Para evitar que una ruptura en el anillo genere problemas, se hace uso de una central de cables. Cada estación esta conectada a esta central mediante un cable que contiene (por lo menos) dos pares de hilos trenzados, uno para los datos que se dirigen hacia la estación y el otro para los datos que salen de la estación. En el interior de la estación de cables hay relés de paso que se alimentan por medio de corriente desde las estaciones. Si llegara a romperse el anillo, ó alguna estación se apagara, la pérdida de corriente de excitación libera al relé y puentea a la estación. Dichos relés también se pueden operar por software para permitir que los programas de diagnóstico puedan eliminar estaciones una por una para localizar estaciones ó segmentos del anillo que esten fallando.



#### 4.2.3.1 Estructura del testigo

El testigo esta compuesto de tres octetos y tiene el formato de la figura.



Formato del testigo

Cuando una estación captura el testigo pone a uno el primer bit del segundo octeto. Esta acción convierte a los dos primeros octetos en la secuencia de inicio de trama. Una vez hecho esto, la estación manda el resto de la trama normal de datos.

En condiciones normales, el primer bit de la trama irá alrededor del anillo y regresará al extremo que transmite, antes de que se haya transmitido la trama completa. Esto significa que los bits que hayan completado una vuelta moviéndose alrededor del anillo, regresan al extremo transmisor y son retirados por la estación transmisora mientras ésta continua transmitiendo.

Sin embargo, una estación puede mantener el testigo durante un tiempo de retención de testigo, que generalmente es de 10 ms.

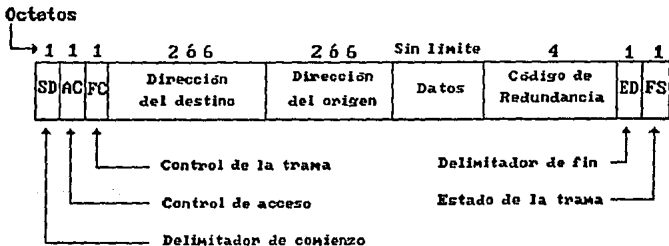
Si todavía hay tiempo, una vez que se transmitió la primera trama, pueden enviarse más tramas. Después de transmitirse todas las tramas pendientes, o bien, que la transmisión de otra trama exceda el tiempo de retención del testigo, la estación regenera la trama del testigo de 3 octetos y la coloca sobre el anillo.

#### MANEJO DE PRIORIDAD

En el protocolo 802.5, la trama del testigo contiene un campo en el octeto intermedio que establece la prioridad del testigo. Así, cuando una estación desee transmitir una trama con prioridad  $n$ , deberá esperar hasta el momento en que logre capturar un testigo cuya prioridad sea menor o igual a  $n$ . Una estación puede tratar de reservar el siguiente testigo al escribir la prioridad de la trama que desee transmitir en los bits de reserva de la trama, siempre y cuando la prioridad ahí reservada sea menor. El testigo que se genera, una vez que la trama se transmitió, es de la prioridad que había quedado reservada.

#### 4.2.3.2 Estructura de la trama

La figura muestra la estructura de la trama para el paso de testigo en bus (802.5).



Formato de la trama para el 802.5

- Delimitador de comienzo y delimitador de fin.- Marcan el inicio y final de la trama, cada uno tiene patrones inválidos en codificación Manchester (alto-alto y bajo-bajo) para distinguirlos de los octetos de datos. El delimitador de fin contiene además un bit E que se activa cuando alguna interfase detecta un error y un bit que se puede utilizar para marcar la última trama en una secuencia lógica, como si fuera un bit de fin de archivo.
- Control de acceso.- Contiene el bit del testigo, el bit de monitor, los bits de prioridad y los bits de reserva.
- Control de la trama.- Este octeto sirve para distinguir las tramas de datos de las tramas de control.
- Campos de direcciones.- Utiliza un campo para la dirección de la estación destino y otro para la estación origen, al igual que en las normas 802.3 y 802.4.
- Campo de datos.- La longitud de los datos puede ser tan grande como sea necesario, siempre y cuando se pueda llegar a transmitir dentro del tiempo de retención del testigo.
- Código de redundancia.- Se utiliza para detectar errores de transmisión, empleando un algoritmo CRC de 32 bits, al igual que el 802.3 y el 802.4.
- Estado de la trama.- Este octeto contiene dos bits de suma importancia: A y C. El bit A se pone a uno cuando una trama llega a la interfase de una estación con la dirección del des-

tino. El bit C se pone a uno cuando la interfase copia la trama en la estación. Cuando la estación emisora vacía el contenido de la trama procedente del anillo, revisa los bits A y C, los cuales pueden presentar las tres combinaciones siguientes:

A	C	
0	0	Destino no presente o no encendido.
1	0	Destino presente, trama no aceptada.
1	1	Destino presente, trama copiada.

Esto brinda un asentimiento automático para cada una de las tramas debido a que los bits A y C se encuentran doblemente presentes en el estado de la trama para aumentar la fiabilidad, ya que no están incluidos en el código de redundancia.

### 4.3 SISTEMAS OPERATIVOS PARA REDES DE AREA LOCAL

#### 4.3.1 Entorno operativo de la red (el software)

Una vez que se tienen todos los dispositivos cableados, para considerar realmente la existencia de la red, se requiere de un software que conforme el entorno operativo de la misma. Antes de describir en qué consiste dicho software, es necesario hacer notar que algunos paquetes de software son "propios" de algún fabricante, como por ejemplo el PC Local Area Network Program de IBM que se utiliza solo en redes de IBM; en tanto que otros, como Netware de Novell, funcionan en hardware diverso, por ejemplo Ethernet, banda ancha, Token Ring y otros, lo cual permite que en una organización que emplea más de una tecnología, se pueda establecer en forma óptima una interfase de usuario común y se simplifique el entorno operativo de los usuarios. Por otra parte, si hay estandarización con respecto a una sola tecnología, un software "propio" podría ser más adecuado.

Sin embargo, debe observarse que el software de la red afecta el nivel de desempeño de la misma y por tal motivo, los paquetes de software ofrecen diversas características de valor agregado y facilidad de uso, lo cual influye en su precio final.

El software de red, algunas veces llamado Sistema Operativo de Red (NOS), tiene características propias de un sistema operativo y además debe trabajar en conjunto con los sistemas operativos que ya estén funcionando en los diversos componentes de la red. Por lo tanto, parte del sistema operativo de la red es un "shell" que funciona en una estación de trabajo y examina la requisición de cada aplicación para ver si debe tener acceso a un servidor o si el sistema operativo local puede encargarse de ella.

### 4.3.2 El sistema operativo de red (NOS)

Un sistema operativo de red (NOS) es el software necesario para integrar los diversos componentes de una red en un sistema al cual pueda tener acceso un usuario final. Además maneja los servicios necesarios para asegurar que el usuario accese a los recursos de la red de manera transparente y libre de errores, esto es, el usuario ni siquiera debe saber que existe una red de por medio. Por ejemplo, si un usuario desea copiar un archivo de un lugar a otro, debe ser posible utilizar algo como el comando COPY del MS-DOS y simplemente ejecutarlo.

También el NOS debe respaldar varios servicios que justifiquen la instalación de una red. Estos servicios incluyen correo electrónico, transferencia de archivos, seguridad, mantenimiento de bases de datos centrales y un sinfín de utilerías colectivas, como por ejemplo calendarios, procesamiento de palabras y actividades similares. A fin de realizar estas actividades, los NOS generalmente utilizan uno o más servidores de archivos, dependiendo del tamaño (usuarios conectados) de la red. Tales servidores de archivos suelen ser computadoras con un gran nivel de desempeño y que operan bajo el mando del NOS para la realización de múltiples actividades en forma concurrente.

Cabe aclarar que cuando se habla del NOS se refiere sólo al entorno operativo que se ejecuta en los servidores, ya que las terminales y estaciones de trabajo conservan su sistema operativo. Esta es la razón por la que algunos NOS para LAN respaldan sistemas tan diversos como IBM PC, computadoras Macintosh, máquinas Unix, sistemas VAX o mainframes de IBM; además de ofrecer un medio para que terceros puedan trabajar con el NOS. Esto lo hacen a través de las interfaces para programas o programadores de aplicaciones API's (Application program(mer) Interfacer). Esta es una de las razones por la que la mayoría de los fabricantes de NOS para LAN ofrecen compatibilidad con NETBIOS, maximizando así el número de programas por parte de creadores de aplicaciones para poder usarlas con cualquier NOS.

El Sistema Básico de Entrada/Salida para Redes NETBIOS (Network Basic Input/Output System) fué presentado al mismo tiempo que IBM anunció la PC Network en 1984. Este microcódigo es la base para el control de programas de las LAN de IBM y en algunas versiones reside en ROM dentro de la tarjeta adaptadora o en un disquete; aunque actualmente se distribuye como un programa el cual se hace residente en RAM y se llama NETBEUI (NETBIOS Extended User Interface). La función del NETBIOS tiene cuatro facetas:

- 1) Ofrecer la posibilidad de crear una sesión e intercambiar información con otro usuario de la red.
- 2) Enviar y recibir información entre sistemas principales o de transmisión en la red.
- 3) Definir múltiples nombres de usuarios dentro de un código.
- 4) Determinar el estado y control de la tarjeta de red.

Finalmente otro aspecto que debe de considerarse en un NOS es la conectividad, ya que existen cuando menos tres arquitecturas de redes que deben poder enlazarse por cualquier NOS, y estas son:

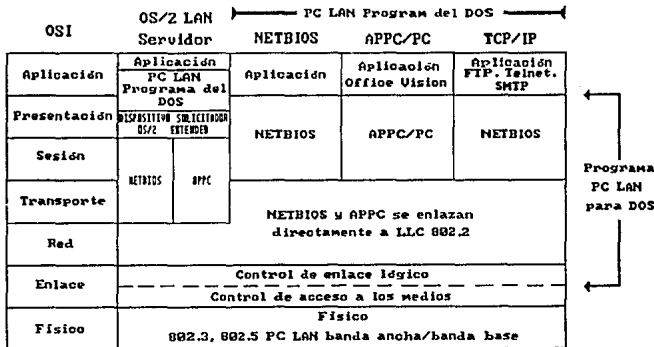
- SNA de IBM.
- TCP/IP.
- Sistemas Integrales OSI.

Esto significa que los fabricantes de NOS deben ofrecer múltiples metodologías de conexión a fin de interconectar sus LAN a la organización de mayor tamaño; o bien deben producir una arquitectura que pueda fungir como el NOS organizador de la red de toda la organización y el elemento de la red que es capaz de esto es el servidor de archivos, ya que a menudo se utiliza como un servidor de comunicaciones a fin de poderse enlazar a WAN's o a otras redes de área local.

Como podemos ver, aunque el hardware de una red de área local es fundamental para su operación, es sólo la mitad de lo que se necesita para conformarla. La otra mitad es el software el cual realmente organiza la red desde una perspectiva de sistema y del usuario.

#### 4.3.3 LAN de IBM

IBM respalda básicamente dos NOS: el PC LAN Program y el LAN Server (basado en OS/2). Aunque IBM respalda el PC LAN Program,



Opciones de configuración de LAN de IBM.

su dirección estratégica es claramente hacia el uso de "OS/2 Extended Edition" como plataforma para integrar redes de área local a su arquitectura SNA.

IBM respalda sólo a su conjunto aprobado de tarjetas de interfaz de red (NIC's), entre las que se cuenta a la IBM PC Network (banda ancha y banda base) y Token Ring.

A diferencia de Banyan y Novell, los cuales hacen esfuerzos para tener todo para todas las LAN, la estrategia de IBM es más estrecha y está orientada principalmente al respaldo de sus productos y servicios, aunque desea con claridad participar de manera decisiva en el mercado de las redes de área local.

#### **4.3.3.1 El PC LAN Program de IBM**

El Network Basic Input/Output System (NETBIOS) fué presentado al mismo tiempo que IBM anunció la PC Network de banda ancha original en 1984 y su objetivo era respaldar al PC Network Program, NOS basado en el DOS de IBM. Posteriormente IBM lanzó el PC LAN Program, un NOS que respalda servidores de archivos, comunicaciones y también toda la gama de tarjetas adaptadoras para redes que ahora vende IBM.

Entre los servicios extendidos que ofrece este NOS, tenemos los que permiten al usuario obtener transmisión de mensajes, comunicaciones entre sistemas principales, enlace telefónico distante o remoto, compartir recursos, emulación de terminales 3270, emulación de terminales asíncronas o relaciones de solicitante a servidor en un servidor DOS u OS/2. Cabe aclarar, que una relación de solicitante a servidor se refiere a transacciones entre servidores.

#### **4.3.3.2 El OS/2 LAN Server**

Aunque LAN Manager es la versión genérica del NOS basado en OS/2 (creado por Microsoft), IBM ha producido una versión específica de hardware llamada LAN Server. La versión de IBM requiere una computadora 80286, 80386 u 80486 (como servidor) de marca IBM para poder funcionar. En tanto que las PC's y estaciones de trabajo de la red pueden ser cualquier combinación de sistemas DOS u OS/2, sean IBM o no.

Por último es necesario aclarar que el OS/2 también ofrece los mismos servicios que el PC LAN Program pero con las ventajas de manejar un sistema OS/2.

#### 4.3.4 El NetWare de Novell

Novell introdujo el término "computación en redes". El cual reconoce que lo que las organizaciones desean y necesitan tener es un medio para integrar LAN y WAN en un entorno de fácil empleo. A esto se debe que NetWare sea en realidad una familia de productos tales como: el sistema a nivel de entrada ELS (Entry Level System), el cual ofrece un solo servidor para LAN's autónomas; el sistema tolerante a fallas SFT (System Fault Tolerant) diseñado para grupos de trabajo, el NetWare 386 y Portable NetWare, que son actualmente los productos estratégicos de Novell.

Otro aspecto de suma importancia es, que Novell ofrece la documentación de NetWare, para que los fabricantes de software puedan escribir aplicaciones que funcionen en redes Novell.

El objetivo de Novell es permitir a usuarios externos tener acceso a los servicios que Novell ofrece, sin quitarles sus servicios de directorio y protocolos locales, así como también de permitir a un usuario de una red de Novell tener acceso a un servicio de una red externa. Esto requiere claramente vías de acceso de directorio que hagan posible la conversión de protocolos y respaldo mutuo, por ejemplo X.500 el cual es un protocolo de directorios distribuidos que hace posible el acceso "transparente" a servicios de redes sin importar en dónde residan. Desde luego, dicho sistema de directorio debe ser utilizado junto con un protocolo adecuado de estrato de la red que haga posible el envío completo de información en toda la red. Un NOS para redes de una sola dirección de envío, como OS/2 LAN Server de IBM, y OS/2 LAN Manager de Microsoft, carecen de estos recursos.

Básicamente existen tres componentes en el sistema NetWare 386. NetWare Services (incluyendo los 386 NetWare Loadable Modules); el sistema NetWare 386 multitareas de tiempo real y el NetWare File System.

NetWare Services ha sido escrito en código C trasladable y es esta parte del sistema NetWare llamada "Portable NetWare". Por tal motivo, es posible llevar el NetWare a Unix, OS/2 y también a sistemas operativos de propietario.

En términos del modelo OSI, Novell ofrece servicios en los estratos de transporte y de red. Este enfoque se ilustra con mayor claridad en la figura siguiente. En el estrato de red, el Internet Packet Exchange (IPX) maneja los aspectos de direccionamiento y envío, en tanto que el Sequenced Packet Exchange (SPX) controla el establecimiento de circuitos virtuales.

Lo que Novell propone hacer para manejar la conexión entre redes es, en algunas circunstancias, reemplazar a SPX e IPX por TCP e IP, o protocolos de transporte y de red de OSI. Para todos los demás estratos superiores del modelo, Novell pretende utilizar sus protocolos; aunque en el estrato de aplicación espera respaldar aplicaciones estándar de TCP/IP y OSI.

		NetWare/386					
OSI	NetWare original	TCP/IP	Respaldo de OSI	Respaldo de IBM	Apple		
Aplicación	Aplicaciones TCP		Aplicaciones OSI		Aplicaciones IBM		
	Aplicaciones de NetWare						
		CNP	NFS	SMB	AFP		
Presentación	Netware	Caudales de transmisión de NetWare					
Sesión	Core Protocol (NCP)	NETBIOS		APPC	Unix TLI	Conductos	
Transporte	SECUENCIA PACKET EXCHANGE (SPE)	TCP	Transporte de OSI	IBM SNA	NETBEUI	ATP	
Red	INTERNET PACKET EXCHANGE (IPX)	IP	Red de OSI	IBM o XNS			
Enlace	Interfase abierta de enlace de datos						
Físico	Físico 802.3, 802.5, Otros						

Conjuntos de protocolos de NetWare de Novell.

En los estratos de enlace y físico, Novell ha adoptado un enfoque muy diferente de tecnologías físicas y respaldo de NIC de los de Banyan o IBM, especificando en coincidencia con Apple, su interfaz abierta de enlace de datos ODLI (Open Data Link Interface) para manejar las tareas de extraer información del enlace físico y enviarla a los protocolos superiores.

La comunicación entre el estrato de transporte y las aplicaciones se maneja en NetWare/386 a través del uso de flujos de información en NetWare (NetWare Streams).

En particular, el respaldo de AFP, SMB, NCP y NFS permite a estaciones de trabajo Macintosh, OS/2 EE con LAN Requester, clientes de NetWare y estaciones de trabajo NFS de Unix ser parte de una misma LAN NetWare/386.

El acceso a otras redes desde una LAN Novell se respalda a menudo a través de vías de acceso (tecnologías respaldadas por servidores de comunicaciones independientes). La proliferación de servidores en una LAN de Novell es resultado de la naturaleza especial del NOS propio de Novell el cual, a diferencia del sistema basado en Unix de Banyan o los sistemas basados en OS/2 de IBM y 3COM, puede dar cabida a múltiples tareas concurrentes que se despacharán en el servidor de archivos principal.



## 4.3.5 El 3+OPEN de 3COM

3+Open de 3COM es un NOS basado en OS/2 LAN Manager producido por Microsoft. Como tal, está muy relacionado con OS/2 LAN Server de IBM, por tal motivo, 3COM sustenta la compatibilidad con IBM en un grado mayor que Banyan o Novell.

Al igual que IBM, 3COM ha reestructurado su plataforma de sistemas operativos para sustentarla completamente en OS/2. Así también existen dos versiones de 3+Open: LAN Manager Advanced System y LAN Manager Entry System.

A diferencia de Banyan que ya ha implantado un servicio de directorio distribuido, y de Novell, que ha anunciado su intención de ofrecerlo, 3COM ofrece servicios de directorio para una red empresarial a través de un Network Control Server NCS (Servidor de control de redes).

La diferencia entre el enfoque de 3COM, por un lado, y el de Banyan y Novell, por el otro, es que el NCS ofrece un solo punto de falla para la red y si falla el NCS, la red extendida también fallará. Sin embargo, con servicios de directorio distribuidos, se asegura que no exista un punto de falla único (cuando menos en el caso de esta función).

OSI	OS/2 LAN Manager de				
	TCP/IP	Respaldo de OSI	3+OPEN	Respaldo de Apple	Respaldo de IBM
Aplicación	APLIC. TCP	APLIC. DE OSI			IBM APLIC.
	3+		3+OPEN		
	FTP	FTAM		AFP	SMB
Presentación	Conductos con nombres asignados de LAN Manager				APPC
Sesión	NETBIOS (RFC1002)	NETBIOS (TOP)			
Transporte	TCP	Transporte de OSI	NETBEUI	ATP	NETBEUI
Red	IP	Red de OSI			
Enlace	802.2 LLC			LocalTalk	802.2 LLC
	Interfases de enlaces de datos variadas			EtherTalk	
Físico	Protocolos de estrato físico Ethernet, Token Ring, Otros				

Arquitectura de Red 3+Open.

Al igual que Banyan y Novell, un objetivo de 3COM es respaldar a TCP/IP, protocolos de OSI, protocolos de IBM y también ofrecer respaldo a Macintosh de Apple. Salvo por el respaldo de Apple, todos los demás requieren el uso de NETBIOS o NETBEUI.

En el estrato de enlace, los protocolos que utiliza 3COM parecen no estar claramente definidos como los de Banyan, IBM o Novell. En tanto que Banyan e IBM parecen estar determinados a respaldar los subestratos LLC y MAC del IEEE, que cumplen con las especificaciones de OSI, 3COM utiliza diversas interfases de enlace de datos y parece no definirse acerca del uso que dará al LLC del 802.2.

Finalmente, volviéndose compatible con IBM, 3COM tiene las ventajas de estar al lado de un gigante de las computadoras, pero a su vez tiene un rival enorme con quién competir en la introducción de nuevos productos.

#### 4.3.6 El VINES de Banyan

Los fabricantes de NOS no sólo enfrentan la necesidad de ofrecer comunicaciones de gran calidad entre estaciones de trabajo y computadoras personales en una LAN, sino que también deben poder enlazar sus LAN a otras LAN, minicomputadoras y mainframes o macrocomputadoras conectadas en una red mucho más vasta. Banyan Systems Inc. ha desarrollado su Virtual Network System (VINES) para satisfacer estas exigencias.

Al igual que IBM, Banyan reconoció oportunamente la necesidad de ofrecer un sistema operativo multitareas que actuara como plataforma para su NOS y en vez de crear uno propio, como lo hizo Novell, o adoptar un sistema nuevo no probado como OS/2, Banyan adoptó a Unix V como su plataforma operativa, el cual funciona en una amplia variedad de computadoras personales con los microprocesadores 80286 y 80386 de Intel.

Las ventajas que tiene VINES al utilizar a UNIX como base para su NOS es su versatilidad y en general, la sencillez que representa agregar nuevas funcionalidades a un NOS cuando éste está basado en un sistema operativo completo que cuando ha sido diseñado según especificaciones muy estrictas. Además, la plataforma de hardware real es irrelevante, salvo en relación con los niveles de desempeño. Por lo que cualquier servidor puede tener múltiples tarjetas de red instaladas. Además con software adicional, los servidores de VINES pueden actuar como puentes TCP/IP.

Los servicios que ofrece VINES son numerosos, por ejemplo, servicios de directorio, impresión, emulación de NETBIOS y seguridad; otros servicios opcionales con que cuenta son: servicios de impresión basados en estaciones de trabajo; correo electrónico; manejo de redes y comunicaciones. Respecto a éste último servicio VINES ofrece:

- a) Enlace telefónico de PC con la red VINES.
- b) Emulación de terminales asíncronas y transferencia de archivos.
- c) Comunicaciones con la mainframe 3270 de IBM.
- d) Respaldo de TCP/IP.
- e) Comunicación entre servidores.
- f) Respaldo de OSI (incluyendo a X.25/X.29).
- g) Respaldo de puentes de enlace Token-Ring.

Así también para poder integrar una WAN que utilice a VINES como base, Banyan ofrece básicamente cuatro opciones de software para los servidores, y estas son:

- 1) LAN de usuario a usuario.- Es una alternativa que permite a múltiples personas comunicarse a través de una variedad de LAN's, incluyendo Ethernet, Token-Ring y ARCnet.
- 2) Servidores de TCP/IP.- Ofrece un medio para utilizar redes TCP/IP existentes para transmitir paquetes de VINES y por lo tanto actuar como enlace entre los servidores VINES. En este caso, el paquete VINES es encapsulado en un paquete IP y enviado a la red TCP/IP. En el extremo receptor, se eliminan los encabezados IP y TCP y el paquete VINES sigue su camino.
- 3) Servidores de WAN.- Respalda múltiples líneas de comunicación utilizando líneas rentadas que operan hasta a 64Kb/s mediante el uso de modems síncronos, o redes telefónicas públicas que emplean modems asíncronos.

OSI	VINES original	VINES TCP/IP	Respaldo de OSI de VINES		Respaldo de MAC
			APLICACIONES DE TOP	APLICACIONES DE OSI (ENCUADRAMIENTO X.25/X.29)	
Aplicación	Aplicaciones de VINES				Servicios y aplicaciones de Apple Talk
Presentación	Enlaces de VINES o interfase del estrato de transporte (TLI) de UNIX System V		Presentación de OSI	ENLACES TLI	AFF, PAP
Sesión			Sesión de OSI		ATP
Transporte	VINES	TCP	OSI 8072/8073		
Red		IP	OSI 8475 9542	X.25	
Enlace	Control de enlace lógico 802.2 ----- MAC 802.3, 802.5, Otros			LAPB	
Físico	Físico 802.3, 802.5, Otros			X.21	802.3 Apple Local Talk

Conjunto de protocolos de VINES de Banyan.

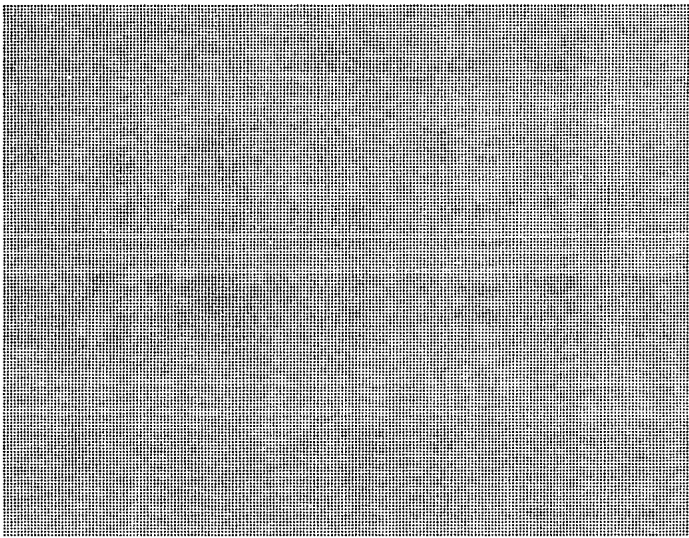
- 4) Servidores X.25.- Esta opción hace posible conectar diversos servidores VINES a través de redes de datos públicas o privadas. El software X.25 ofrece respaldo de hasta 128 circuitos virtuales y respalda líneas rentadas a la PDN (Public Data Network) con velocidades de hasta 64Kb/s utilizando los modems asíncronos estándar para X.25.

Por último hay que hacer notar que la tendencia de Banyan parece enfocarse (desde el punto de vista de redes OSI) del estrato de transporte hacia abajo.



# Capítulo 5

## Perspectivas de la red



No

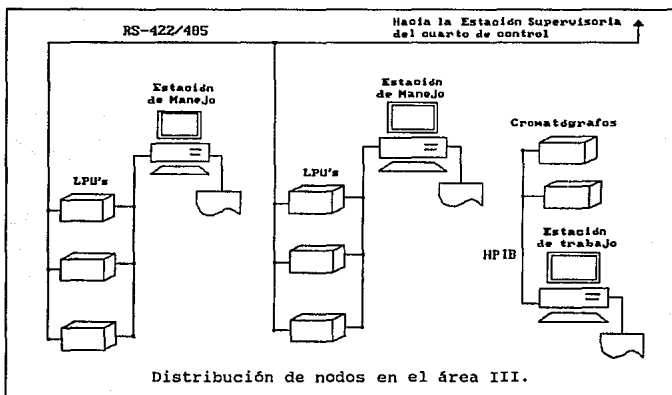
Exista

Pagina

## 5.1 AVANCE ALCANZADO

Hasta el primer semestre de 1993, en Plantas Piloto se ha llevado a cabo el alambrado de las LPU's del sistema Micromax que se encuentran instaladas en las áreas II y III. El alambrado consistió en tender la tubería, introducir el cable de comunicación e identificar cada uno de sus hilos. Este tendido se hizo desde las áreas II y III hasta el cuarto de control ubicado en el área I de Plantas Piloto. Previamente se hizo una distribución de nodos por cada área.

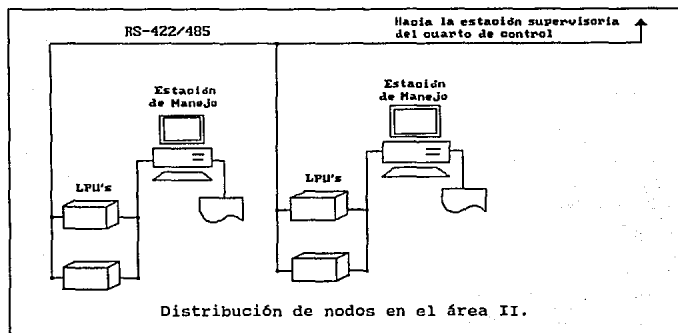
La manera en que se planteó integrar los sistemas del área III tiene la siguiente topología:



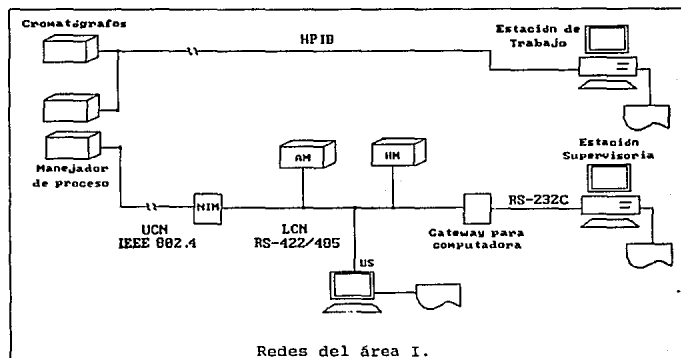
Como se puede ver, se tienen 2 Estaciones de Manejo, cada una con 3 LPU's conectadas. Además las 6 LPU's estarán conectadas a una Estación Supervisoria ubicada en el cuarto de control del área I. Esta Estación Supervisoria será nuestra interfaz de la red RS-422/485 hacia la red que integra los demás sistemas de control multivariable. También en la figura se muestra un sistema de cromatografía el cual consiste de 2 cromatógrafos conectados en una red HP-IB hacia una Estación de Trabajo la cual es una PC compatible, misma que será la interfaz entre la red HP-IB y la red de sistemas de control multivariable.

En el área II se cuenta con 4 LPU's, 2 de las cuales están conectadas a una Estación de Manejo y las otras 2 a la otra, las 4 están conectadas en red hacia una Estación Supervisoria, la

cual será la interfáz entre la red RS-422/485 y la red que integra los demás sistemas de control multivariable.



En cuanto al área I se tiene una gran diversidad de redes, las cuales se muestran en la figura:



La red UCN trabaja bajo el estándar IEEE 802.4 y enlaza el Manejador de Proceso hacia la red LCN pasando antes por la inter-

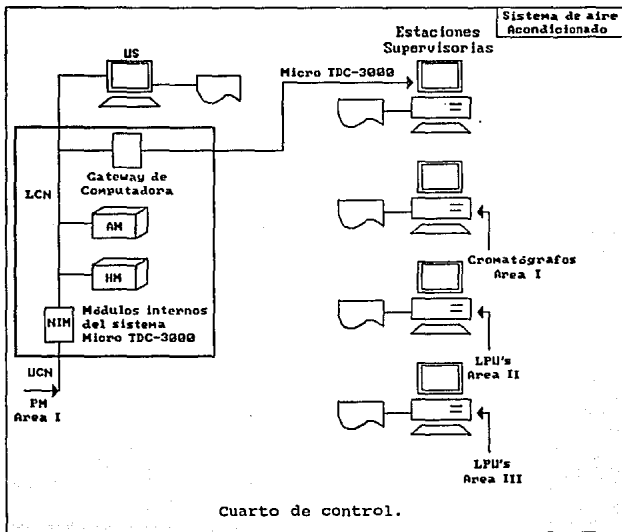


fáz de red (NIM), la cual se encarga de hacer la conversión desde la técnica de transmisión y protocolo de la UCN a la técnica de transmisión y protocolo de la LCN. La red LCN tiene los siguientes nodos: el AM, el HM, la US y un gateway para computadora, los cuales fueron descritos en el capítulo 2.

La LCN trabaja bajo el estándar RS-422/485 y a través del gateway para computadora puede conectarse a un puerto RS-232C. Por tanto este gateway hace posible la integración de las redes UCN y LCN hacia una Estación Supervisoría, la cual puede ser una PC compatible. Esta PC es la interfáz de las redes del sistema micro TDC-3000 hacia la red que integra los demás sistemas de control multivariable.

También en esta área estan ubicados dos cromatógrafos a través de una red HPIB hacia una Estación de Trabajo, la cual es una PC compatible y será la interfáz entre la red HPIB y la red de sistemas de control.

Cabe aclarar que en el área I también se encuentra el cuarto de control, en el cual estarán ubicadas las estaciones supervisorías con la siguiente distribución:



## 5.2 RECOMENDACIONES Y REQUERIMIENTOS PARA INTEGRAR LOS DIFERENTES SISTEMAS DE CONTROL

Antes de dar las recomendaciones para integrar los diferentes sistemas de control, es necesario hacer notar que la implementación de una red surge generalmente por la necesidad de conectar un conjunto de sistemas independientes. Sin embargo, en términos de procesamiento de información, primero se debe realizar un análisis del sistema, dando como resultado una clara definición de los objetivos a cumplir mediante el uso de la red. Una vez definidos los objetivos, estos se convierten en un conjunto de especificaciones de hardware y software que permitirán proponer ó comprar la red.

Hasta este momento el presente trabajo ha planteado la necesidad de integrar un conjunto de sistemas independientes, y procesar la información que se genera en los mismos a través de dispositivos ubicados en lugares remotos, lo cual da la idea de una red, que por su extensión será una LAN. Para proponer dicha red, se especificará primeramente el software y en base a este se definirá el tipo de hardware a utilizar en la misma.

### 5.2.1 Criterios para la selección de un NOS para LAN

Existen cuatro aspectos de gran importancia que deben ser considerados al momento de seleccionar un sistema operativo de red; estos son: tolerancia a fallos, capacidad de administración, costo y rendimiento.

- a) Tolerancia a fallos.- Entre un sin fin de características de seguridad que actualmente ofrecen los NOS, la tolerancia a fallos es un aspecto de suma importancia la cual va desde la reflexión de discos duros hasta la duplicación de controladores de discos y la duplicación de servidores.
- b) Capacidad de administración.- Con las redes creciendo en tamaño y complejidad, los administradores de redes necesitan de herramientas que les permitan controlar y supervisar la red. Actualmente los NOS ofrecen un conjunto de herramientas que están haciendo más fácil la instalación y el mantenimiento de las redes, y lo que antes requería de mucho tiempo hoy se logra más rápido y de una manera más eficiente.
- c) Costo.- Existen un sinfín de LAN's de bajo costo, pero sus características de rendimiento son muy pobres, además de que no son aptas para ejecutar aplicaciones de cliente/servidor sofisticadas, ni cuentan con programas de administración de la red. Por tal motivo, el criterio que se llegue a tomar con respecto al costo/beneficio del sistema que sea seleccionado, deberá tomar en cuenta además las características de funcionamiento y rendimiento de la red.

- d) **Rendimiento.**- El NOS seleccionado deberá ofrecer una velocidad adecuada para la mayoría de las aplicaciones de manejo de información. Además de no verse tan afectado por factores tales como los manejadores de la red, las técnicas de caching y la cantidad de memoria.

El sistema operativo seleccionado deberá ser capaz de manipular datos de diferentes adaptadores para LAN en el servidor. Esta característica permitirá dividir el tráfico de la red en diferentes sistemas físicos de alambrado para aumentar el rendimiento y evitar las congestiones en una sola trayectoria.

Otra característica que deberá tener el producto seleccionado, será, el de ofrecer los servicios necesarios para enlazarse a otros entornos tales como mainframes y anfitriones de IBM, VMS y Unix.

#### 5.2.1.1 Criterio de evaluación

A continuación se presenta la evaluación de un conjunto de sistemas operativos de red, los cuales usan software exclusivo de manipulación de archivos en servidores dedicados. Estos NOS ofrecen un gran nivel de desempeño y capacidad de administración de la red para su operación con múltiples servidores.

Los NOS que se evaluaron fueron: Microsoft LAN Manager versión 2.1; NetWare de Novell, versión 3.11; y VINES de Banyan Systems, versión 4.11. Cada producto es excelente en diferentes áreas, por ejemplo, LAN Manager en su precio y versatilidad, NetWare en lo completo de su entorno, y VINES en su capacidad de interconexión. Por lo tanto, cualquiera de los tres puede ser la solución correcta a la red que se propondrá.

#### 5.2.2 Microsoft Lan Manager

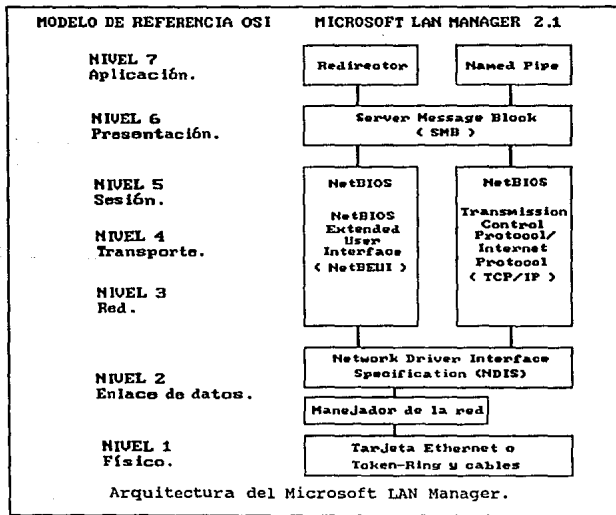
Microsoft LAN Manager, versión 2.1  
 Microsoft Corp., One Microsoft Way,  
 Redmond, WA 98052-6399, E.U.A.;  
 (206) 882-8080.

- a) **Tolerancia a fallos.**- Microsoft ofrece la reflexión y/o la duplicación de discos duros.
- b) **Capacidad de Administración.**- LAN Manager facilita la administración de la red con su servicio NETADMIN, el cual se encarga de las tareas de administración y se puede ejecutar desde el servidor o desde una estación cliente de OS/2; la administración desde los clientes de DOS está limitada a la interfaz de la línea de comandos. Además desde cualquier punto, se pueden administrar un servidor o múltiples servidores.

res en el dominio de la red y también ver y limpiar los registros de mensajes y errores.

- c) Costo.- Es el de menor costo dentro de los sistemas operativos evaluados.
- d) Rendimiento.- Ofrece una buena velocidad de ejecución de trabajos y transferencias dentro de una LAN sencilla, y en lo que se refiere a características de impresión, los usuarios pueden verificar el estado de sus trabajos de impresión, aunque el reporte de estado está limitado a si el trabajo está imprimiendo, esperando o bloqueado. LAN Manager también permite a algunos usuarios privilegiados cambiar la prioridad de sus trabajos de impresión, borrar trabajos de la cola de impresión, y recibir mensajes en la pantalla cuando su trabajo termina de imprimir.
- e) Requerimientos mínimos.- Para el servidor se requiere de: una PC basada en el 386 o superior; 5MB de RAM, aunque se recomiendan de 8 a 16MB; disco duro de 30MB, tarjeta de red compatible con NDIS.

Para el cliente se requiere de: 512K de RAM, disco duro de 20MB, tarjeta de red compatible con NDIS.



- f) **Comentarios.**- Por sus características de administración, tolerancia a fallos, servicios de impresión y el rendimiento de Microsoft LAN Manager 2.1 lo hacen un sólido sistema operativo de red. Hay muchas aplicaciones de cliente/servidor de otros fabricantes disponibles para LAN Manager, y el programa apoya a Apple Talk, TCP/IP, y una versión de OS/2 para el servidor. Sin embargo, a pesar de su apoyo a múltiples protocolos, la capacidad nativa de interconectividad de LAN Manager está limitada por la incertidumbre sobre el futuro de OS/2.

Otra de las mejoras más importantes en LAN Manager es la facilidad de instalación, la cual toma entre 45 minutos y una hora para configurar al servidor. La cantidad de tiempo exacta varía según el tamaño del disco duro, ya que el formato del disco duro demora de 5 a 10 minutos por cada 100 MB. Además una característica llamada autoafinado calibra automáticamente el sistema operativo de red (en el archivo LANMAN.INI) para personalizarlo a las necesidades específicas de la LAN. Los parámetros que fija dentro de LANMAN.INI son: el número de mensajes que se pueden procesar simultáneamente, la cantidad de caché en el disco, y el tamaño del bloque de los mensajes.

Finalmente el acceso a la red se ha facilitado gracias a la estrecha integración de LAN Manager con Windows. Los usuarios se pueden conectar y desconectar de la red, obtener acceso a recursos compartidos, y administrar toda la red desde Windows.

### 5.2.3 NetWare

NetWare, versión 3.11  
 Novell Inc., 122 E. 1700 South, Provo, UT  
 84606, E.U.A.; (800) 453-1267,  
 (801) 429-7900.

- a) **Tolerancia a fallos.**- Novell actualmente ofrece la reflexión y duplicación de discos duros. Además, con el módulo Novell SFT III, se pueden tener servidores duplicados.
- b) **Capacidad de Administración.**- El NetWare Management System es el programa que permite la supervisión de las redes Novell. Además, con la versión 3.11, Novell incluyó el NetWare Name Service el cual simplifica la administración de múltiples servidores. Cada dominio (conjunto de servidores) incluye un servidor de nombres para mantener las contraseñas de los usuarios y los privilegios individuales en la red, por ejemplo, si el administrador del sistema hace cambios a la información del usuario, el servidor de nombres de la red distribuye sus nuevas características.

A pesar de estas mejoras, NetWare carece de características críticas que limitan su efectividad en el entorno de múltiples servidores y a diferencia de LAN Manager y VINES, Netware no permite fijar los privilegios del usuario en un servidor para

toda la red. Novell anuncia corregir esta deficiencia con un servicio de directorio X.500.

- c) Costo.- Es el sistema operativo evaluado que tiene el costo más elevado. Aunque su costo varía en función de los módulos que se especifiquen.
- d) Rendimiento.- NetWare opera de manera efectiva con cargas de 16 y 24 clientes, pero a medida que se acerca a 32 clientes, el rendimiento decae y requiere de adicionarle memoria.

En cuanto a impresión, NetWare apoya hasta 16 impresoras por servidor permitiendo a los usuarios privilegiados iniciar, parar, y borrar trabajos de impresión de las colas. Su servicio Pconsole reporta el tamaño del archivo que se está imprimiendo, el dueño del archivo y el estado del trabajo.

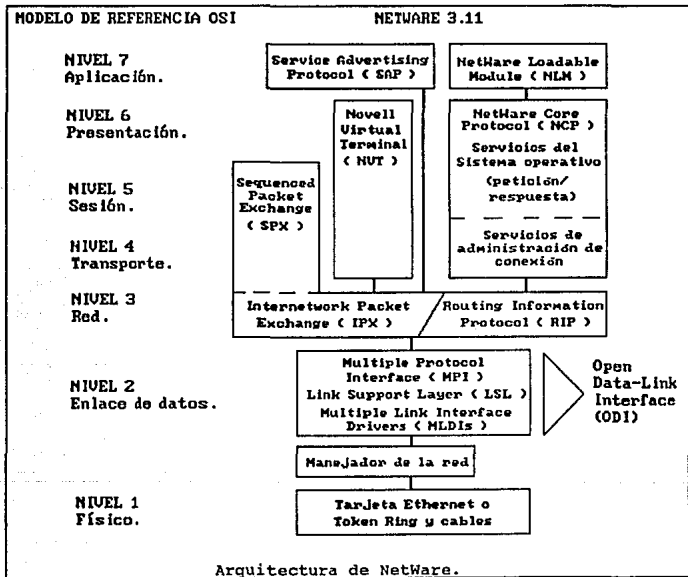
- e) Requerimientos mínimos.- Para el servidor requiere de una PC basada en 386 o superior; 4MB de RAM, aunque se recomienda una mayor cantidad; 50MB de espacio en disco; y tarjeta de red compatible con NetWare. Para los clientes únicamente requiere de 80K de RAM.
- f) Comentarios.- A pesar de su precio elevado, NetWare sigue siendo una buena opción para grupos de trabajo medianos y grandes. El producto ofrece una fuerte presencia en el mercado, comunicaciones rápidas de cliente a servidor, uso eficiente de los recursos del servidor y además cuenta con un gran apoyo por parte de otros fabricantes. Sin embargo, el débil rendimiento de servidor a servidor de NetWare y la limitada administración de múltiples servidores hacen a LAN Manager o a VINES mejores adaptados para construir y administrar grandes redes que abarquen toda una compañía.

Una de las características más importantes que ofrece NetWare es su arquitectura modular, la cual permite que el usuario inserte varios módulos de software en el servidor para aumentar la funcionalidad del sistema operativo básico. Estos módulos son conocidos como NetWare Loadable Modules (NLMS), los cuales pueden comunicarse con varios protocolos de transmisión, incluyendo TCP/IP, Apple Talk, TP4 de OSI y el IPX/SPX nativo de NetWare; consecuentemente, un mismo servidor de NetWare se puede integrar sin problemas a clientes de plataformas de DOS, OS/2, Mac y Unix.

Al igual que LAN Manager, la habilidad de NetWare para ejecutar múltiples protocolos depende de la especificación del manejador de red, en este caso de la interfaz ODI (Open Data-Link Interface).

Además, Novell ofrece varias herramientas de redes para Microsoft Windows y OS/2, permitiéndolo a sus usuarios conectarse a diferentes servidores, administrar la red, enviar mensajes y editar archivos. Así también, planea poner una interfaz gráfica para todos sus servicios basados en carácteres.

Finalmente, la instalación de NetWare 3.11 no es tan difícil como en sus versiones anteriores, siempre y cuando el servidor tenga el hardware necesario, la instalación solo toma cerca de 30 minutos. Aunque la instalación no es totalmente intuitiva ni está basada en menús, se pueden seguir fácilmente las instrucciones del manual. Además, el producto incluye manejadores para la mayoría de las tarjetas de red.



### 5.2.4 VINES

VINES, versión 4.11  
 Banyan Systems Inc. 120 Flanders Rd.,  
 Westboro, MA 01581, E.U.A.; (800) 222-6926,  
 (508) 898-1000.

- a) Tolerancia a fallos.- VINES tiene una buena reputación de confiabilidad, y aunque no apoya la duplicación de discos, sí permite la reflexión de estos. Por otra parte, con software de otros fabricantes, puede reflejar los servicios de archivo en un servidor duplicado; sin embargo, no permite reflejar las impresoras ni los servicios de nombres en un servidor diferente.

VINES también ofrece a VANGUARD, el cuál es un sistema de seguridad, que aparte de la verificación usual de la contraseña del usuario y de los derechos de acceso, provee varias características propias. Por ejemplo, el sistema verifica la autenticidad del usuario antes de realizar algún evento significativo, evitando con ésto que un intruso se haga pasar por un usuario legítimo.

- b) Capacidad de Administración.- El programa MNET de VINES usa una arquitectura de cliente/servidor para obtener estadísticas de cualquier servidor en la red. La presentación es sencilla, pero la información es rápida y práctica.
- c) Costo.- Es el que presenta un costo medio entre los sistemas evaluados. Aunque su costo también varía en función de los módulos que se especifiquen.
- d) Rendimiento.- Probablemente el logro más sobresaliente de Banyan es su servicio de nombres globales de StreetTalk. Este consiste de una base de datos mantenida en cada servidor, la cual detalla el nombre, la posición y los atributos de cada usuario y recurso de la red, incluyendo los volúmenes compartidos, impresoras, listas, enrutadores, anfitriones y productos integrados de otros fabricantes. Además, los servidores de VINES se encargan de actualizar periódicamente la base de datos de StreetTalk.

El servicio de nombres de Banyan trabaja bien cuando tiene una red que sólo usa VINES. Para redes mixtas, Banyan planea unir StreetTalk al estándar CCITT X.500. Además, también planea desarrollar un NetWare Loadable Module que provea los servicios StreetTalk necesarios para unir a los servidores VINES y NetWare en un mismo entorno.

En cuanto a impresión, el servicio de administración de trabajos de impresión muestra el estado de los trabajos y permite que un usuario cancele o mueva a una cola menos ocupada su trabajo. VINES típicamente mueve datos entre una PC y su servidor local a menos velocidad que NetWare o LAN Manager, principalmente por que el sistema operativo del servidor ejecuta sobre un sistema de archivos de UNIX. Sin embargo, un servidor de VINES es más eficiente moviendo peticiones de servicio entre servidores.

- e) Requerimientos mínimos.- En el servidor requiere de una PC basada en 386 o superior; 4MB de RAM, aunque se recomienda una mayor cantidad y 45MB de espacio en disco. En el cliente requiere de 110K de RAM.



- f) **Comentarios.**- VINES sobresale en redes de múltiples servidores, ya que hace un intercambio de datos más rápido entre éstos que entre PC's clientes y servidores locales. El software también ofrece una buena confiabilidad, multiprocesamiento simétrico y un precio competitivo.

En lo que se refiere al multiprocesamiento simétrico, VINES requiere de 16 MB de RAM o más y de su versión Symmetric Multiprocessing (SMP). Con SMP, VINES es el único sistema operativo de redes que aprovecha completamente a los servidores poderosos permitiendo que el sistema operativo distribuya las tareas dinámicamente entre varios procesadores.

El hecho de que VINES soporte múltiples servidores es debido a su interfaz denominada: RPC (llamada de procedimiento remoto), en la cual los datos transferidos mediante ésta interfaz se basan en un nivel de transporte exclusivo llamado VINES Interprocess Communications Protocol (VICP). Por otra parte, los servicios de archivos y de impresión de VINES típicamente usan la interfaz denominada: SMB (mensajes en bloques al servidor), por tal motivo, las aplicaciones que usan SMB se comunican por un nivel de transporte diferente, llamado Sequenced Packet Protocol (SPP).

Como estos dos protocolos (SPP y VICP) ejecutan sobre NDIS, los clientes de VINES puedan ejecutar simultáneamente protocolos tales como el TCP/IP simplemente utilizando el TCP/IP Routing, software que permite que un servidor VINES actúe como un distribuidor de IP. En cuanto a los clientes que ejecutan a DOS, éstos también tienen acceso al servidor de VINES gracias al software que se suministra junto con el sistema operativo.

VINES también permite una gran conectividad con otros sistemas, incluyendo plataformas para OS/2 y Macintosh.

Por último, la instalación de VINES solo demora 20 minutos una vez que se ha dado formato al disco duro.

## 5.2.5 Sumario de características

Microsoft LAN Manager, NetWare y VINES proveen servicios de seguridad, administración, auditoría y archivos. Además, todos ellos ofrecen múltiples niveles de contraseña y derechos de acceso y son capaces de registrar las conexiones del usuario.

En cuanto a las características de confiabilidad, LAN Manager, NetWare y VINES pueden resguardar los discos del servidor y sus directorios.

A continuación se muestra una tabla comparativa con las características de los sistemas operativos de red Microsoft LAN Manager, Netware y VINES.

√ - Si	x - No	Microsoft LAN Manager 2.1	Netware 3.11	VINES 4.11
--------	--------	------------------------------	--------------	------------

No. de usuarios apoyados		Ilimitado	100	Ilimitado
--------------------------	--	-----------	-----	-----------

**Configuraciones:**

Número máximo de usuarios simultáneos	1,000	100	Ilimitado
Número máximo de volúmenes en el servidor	500	64	12
Número máximo de archivos abiertos a la vez	8,000	100,000	200,00

**MANEJADORES APOYADOS:**

The Clarkson Packet Driver Collection	x	x	x
NDIS	√	√	√
ODI	x	√	x

**Servicio de directorio:**

Base de datos distribuida	√	x	√
Nombres globales	√	x	√
Nombres físicos asignados a nombres lógicos	√	x	√
Convenciones de nombres de acuerdo con X.500	x	x	√
Directorio de recursos	√	√	√
Cambios al directorio	√	x	√
Directorio de usuarios disponibles en toda la red	√	x	√

**Seguridad:**

Contraseñas a recursos	√	x	√
Leer/escribir/crear/borrar Bloquea conexiones simultáneas	√	x	√
	x	√	√

**Servicios administrativos:**

Puede crear un guión de conexión a nivel de sistema	√	x	√
Permite arreglos con el sistema activo	√	√	x
Actualiza automáticamente el entorno de la estación durante la conexión	x	x	√

**Sistemas de archivos apoyados:**

OSI/FTAM	x/x	x/x	x/x
Unix/NFS	x/x	√/√	√/x
OS/2 HPFS	√	√	√

**Conectividad de servidor a servidor:**

	✓	✓	✓
	Nativo	Nativo	Ambos
Apoya a TCP/IP	✓	✓	✓
Encapsulado o nativo	✓	✓	✓
Apoya a OSI	x	x	✓
Encapsulado o nativo	x	x	Nativo
Apoya a pasarelas SNA	x	✓	✓
El administrador puede realizar un arranque remoto	✓	✓	✓

**Puentes al servidor y acceso remoto:**

Número máximo de adaptadores por servidor	4	16	4
Puente HDLC/síncrono	x	✓	✓
Puente/director T1	x	x	x
Puente de punto a punto/director X.25	x	x	x
Director de multipuertos conmutado por paquetes X.25	x	x	x

**Impresión en la red:**

Limpiado automático	✓	✓	✓
Impresión diferida	✓	✓	✓
Administrador/usuario pueden ver la cola	✓/✓	✓/✓	✓/✓
Administrador/usuario pueden modificar cola	✓/✓	✓/✓	✓/✓
Administrador/usuario pueden borrar de cola	✓/✓	✓/✓	✓/✓
Múltiples colas p/impresora	✓	✓	✓
Múltiples impresoras p/cola	✓	✓	✓
Procesador de impresión	✓	x	✓

**Tolerancia a fallos:**

Divide las búsquedas en disco	x	✓	✓
Verificaciones de lectura	✓	✓	✓
Reflexión/duplicación de discos duros	✓/✓	✓/✓	✓/✓
Divide búsquedas en discos reflejados	x	✓	✓
Recuperación de sectores en discos reflejados	✓	✓	✓
Duplicación del servidor	x	x	x

**Funciones misceláneas:**

Recupera archivos borrados	x	✓	x
Elimina archivos borrados	✓	✓	✓

## 5.2.6 Red propuesta

Como se pudo ver através de todo éste trabajo, los sistemas de control multivariable Micromax de Leeds & Nortrup y micro TDC-3000 de Honeywell manejan un conjunto de redes incompatibles entre sí, por lo que la idea de integrarlos en una sola red considerando unicamente a las Estaciones de Manejo y a los Dispositivos de Proceso resultaba ser una idea que no podría llevarse a cabo. Más sin embargo, los sistemas presentaron una característica en común, y ésta es, que tienen Estaciones Supervisorias, las cuales son computadoras personales compatibles, a través de las cuales se pueden desplegar y manipular en tiempo real a las variables de proceso. Además, el software que presentan estas estaciones es programable y permite la generación de archivos ASCII, lo cual en ambientes multitareas permite trabajar concurrentemente con otras aplicaciones. Por tal motivo, los dispositivos que harán posible la integración de la red serán las Estaciones Supervisorias.

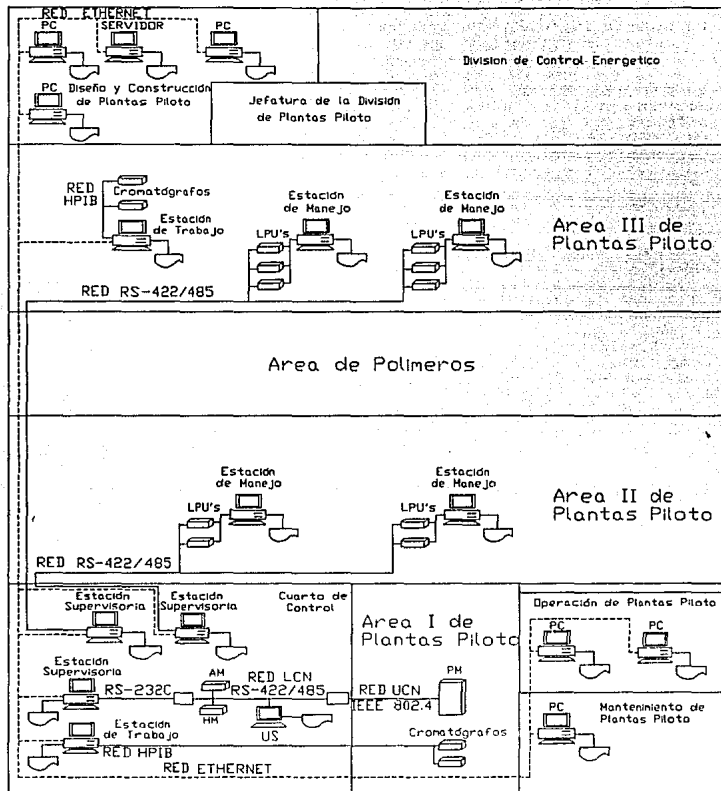
Una vez definidos los elementos de nuestra red, el siguiente paso será respaldar la red bajo una norma internacional, en éste caso de las normas IEEE para LAN.

Como se vió en el capítulo cuatro, la IEEE recomienda 3 normas para LAN, y aunque cualquiera de las 3 es capaz de cumplir con el objetivo planteado en este trabajo, la norma elegida será la IEEE 802.3 (Ethernet) y la razón es porque presenta una serie de ventajas con respecto a las otras normas en cuanto a costo, crecimiento a futuro, respaldo por la mayoría de los sistemas operativos de red, así como fabricantes de hardware y una gran facilidad de instalación, además de ser la norma más utilizada actualmente.

Una vez definida la norma bajo la cual trabajará la red, el siguiente paso será hacer utilizable la red a través de un software que conforme su entorno operativo, es decir seleccionar un sistema operativo de red, tomando en cuenta no solo su costo, sino también que de ésta selección dependerá su nivel de desempeño.

Para la selección del sistema operativo de red se deberá de reconsiderar parte del capítulo cuatro y los incisos anteriores del tema en cuestión, en donde de muestra una tabla que resume las características de los 3 sistemas operativos de red más fuertes en el mercado.

De las tablas mostradas, VINES ofrece las mejores características en todos los aspectos, pero su enfoque de manejo de información está orientado a comunicaciones rápidas entre servidores y no entre clientes y servidores; en cambio la LAN que se desea implementar debe resolver en primer término la comunicación entre un cliente y sus servidores. Por otra parte VINES tiene como plataforma a UNIX y actualmente la División de Plantas Piloto no cuenta con ningún equipo que trabaje bajo este sistema operativo. Por tal motivo, la selección de este sistema operati-



----- La Red de Sistemas de Control Multivariable

vo implicaría un costo mayor, al tenerse que especificar equipos que trabajen en UNIX y como el objetivo del presente trabajo es únicamente implementar la red que integre el equipo ya instalado, la selección del sistema operativo VINES no es factible.

En el caso del sistema operativo Microsoft LAN Manager, aunque presenta una gran cantidad de puntos a favor, tiene como desventaja el hecho de no disponer de la documentación de su software, ya que está basado en el de IBM. Por tal motivo, no es tan respaldado por fabricantes de software. A pesar de esta desventaja podría ser un buen candidato para el cumplimiento del objetivo del presente trabajo.

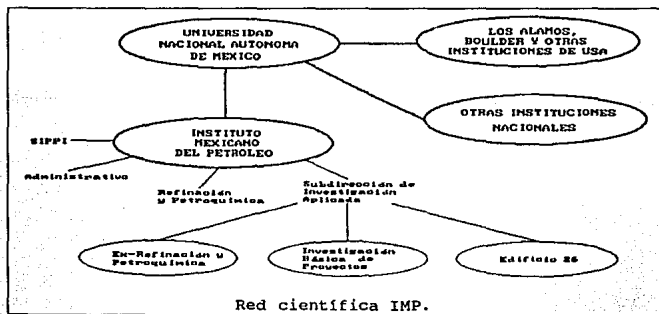
Por último, el sistema operativo NetWare pareciera presentar la desventaja de ser el software de mayor costo, además de no presentar a favor muchas de las características evaluadas; sin embargo, tiene un buen prestigio en el mercado de redes y es ampliamente soportado por fabricantes de software y a diferencia de VINES, con NetWare no se requeriría de un costo adicional por la compra de equipo de cómputo. Por tal motivo, la propuesta que nosotros hacemos es la de adquirir un sistema operativo NetWare.

Finalmente, en cuanto a hardware deberán utilizarse tarjetas compatibles con la norma Ethernet (IEEE 802.3) y que sean reconocidas por el sistema operativo NetWare de Novell.

Con el conjunto de especificaciones dadas, la red que se propone quedará como se muestra en la figura anterior.

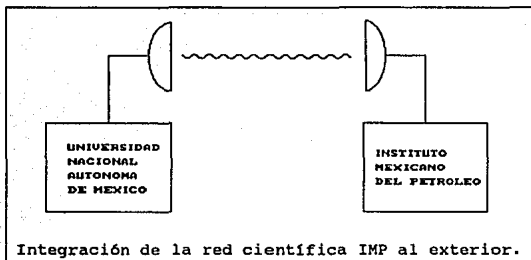
### 5.3 RECOMENDACION DE SERVICIOS PARA LA RED CIENTIFICA DEL IMP

La Red Científica del IMP surgió en base a las necesidades de comunicación de la Subdirección General de Investigación



Aplicada, la cual siempre ha requerido de una gran cantidad de información de otras dependencias dentro del IMP, institutos de investigación de Los Alamos y de Boulder (U.S.A), así como de instituciones educativas tales como la UNAM, el IPN y la UAM.

Para implementar la red científica del IMP, primero se integraron los equipos localizados dentro del IMP, lo cual no presentó dificultad alguna, sin embargo para enlazar la red con el exterior y debido a la falta de experiencia por parte de las personas que estaban realizando el proyecto, se solicitó ayuda a la UNAM. La UNAM ofreció integrar al IMP como un nodo más dentro de su red, con lo cual le solucionaría su problema de integración no solo con los institutos de los Alamos y Boulder, sino además la permitiría comunicarse con cualquier otro nodo de los que accesa la red UNAM.



Actualmente la red científica está operando bajo la norma Ethernet e integra computadoras personales, minicomputadoras y supercomputadoras, utilizando software TCP/IP, NFS y DECnet.

Con toda esta infraestructura de red instalada en el IMP, la integración de la red de sistemas de control multivariable no tendría ningún problema desde el punto de vista técnico. Por lo que una vez instalada, podría brindar servicios tales como: envío de informes de las Plantas Piloto a las Gerencias, envío de datos experimentales hacia laboratorios para el análisis de resultados, así como un servicio informativo acerca de los experimentos que se estén llevando a cabo en Plantas Piloto.

Por otra parte la red de sistemas de control multivariable también podrá utilizar las ventajas de enlazarse a través de la red científica para emplear la capacidad de otros equipo de cómputo.

## 5.4 CONCLUSIONES

**Alberto Bolaños Juárez:**

El trabajo presentado ha dejado las bases necesarias para implementar la red que integre a los sistemas de control multi-variable Micromax y micro TDC-3000. Además la red que se propone tiene la capacidad de integrar a los sistemas de cromatografía y a las computadoras personales que se encuentran distribuidas dentro de la División de Plantas Piloto. Cabe aclarar que la red no se pudo llevar a cabo por la carencia de recursos económicos, lo cual es debido a que el Instituto Mexicano del Petróleo se encuentra en un proceso de reestructuración y ha parado un conjunto de proyectos no prioritarios, y como la implementación de dicha red surgió en base a una propuesta del Grupo de Automatización de Plantas Piloto sin ser propiamente un proyecto, no se le asignaron recursos.

A pesar de no haber podido implementar la red, los becarios de la carrera de Ingeniería en Computación: Alberto Bolaños Juárez y Yolanda Castro Leal integrantes del Grupo de Automatización de Plantas Piloto, se encargaron de implementar en las Estaciones Supervisorias y en las Estaciones de Manejo de los diferentes sistemas una serie de pantallas dinámicas de proceso, generación de reportes, subrutinas de arranque y paro automático, elaboración de informes, etc., los cuales una vez instalada la red servirán para poder acceder la información desde cualquier nodo de la misma.

Todo lo anterior ha recibido también un fuerte apoyo por parte de los demás integrantes del Grupo de Automatización de Plantas Piloto, y en especial por el Ingeniero Virgilio Ramírez Hernández quién es el coordinador del grupo y ha brindado la confianza necesaria para el uso del equipo.



Yolanda Castro Leal

Como hemos podido ver a lo largo del presente trabajo, la red de sistemas de control representa una etapa importante en la automatización de Plantas Piloto que se ha venido dando a lo largo de los últimos años.

Esta red, al igual que las etapas anteriores de automatización, brindará beneficios tales como una menor cantidad de personal para la operación de las Plantas Piloto, sobre todo en las que implementan procesos peligrosos ó durante la operación nocturna de las mismas.

Por otra parte, la información de las Plantas Piloto será más confiable y podrá enviarse hacia computadoras remotas para informar a las Gerencias ó otras autoridades, sobre las experimentaciones que se realizan.

Por todos estos beneficios, y considerando también que los procesos implementados en Plantas Piloto aportan una gran cantidad de conocimientos, el presente trabajo plantea un análisis para la implementación de la red, aunque cabe aclarar que la razón por la cual no se ha implementado, es la falta de presupuesto causada por la reestructuración que sufre actualmente el Instituto Mexicano del Petróleo.

Finalmente, como hemos podido ver en el capítulo cinco, lo único que haría falta para la implementación de la red sería la compra de equipo de red, tales como tarjetas y software, ya que los problemas de comunicación entre los equipos de control lo resuelven las Estaciones Supervisorias. No obstante, cabe mencionar que actividades como el manejo y la adaptación del software para adquirir los datos en las Estaciones Supervisorias, desde los equipos de control, han sido llevadas a cabo por quienes elaboramos el presente trabajo en colaboración con el Grupo de Automatización de Plantas Piloto.

No

Existe

Página

## GLOSARIO

- AM.-** Application Module, módulo del sistema micro TDC-3000 en el cual se realizan algoritmos avanzados de control.
- ANSI.-** American National Standards Institute, organismo americano y miembro de la ISO que participa en el desarrollo de normas para la comunicación de datos.
- Arquitectura de comunicación entre computadoras.-** Conjunto de protocolos estructurados para dividir el proceso de comunicación en entidades de comunicación más simples.
- Bridge.-** Dispositivo que almacena y reexpide tramas entre redes tipo LAN.
- CCITT.-** Consultative Committee International Telegraph and Telephone, organismo internacional que apoya numerosos estándares en el campo de redes de comunicación de datos, conmutación telefónica y sistemas digitales.
- Checksum.-** Algoritmo de detección de error basado en la suma de la información.
- Colisión.-** Condición en la que dos mensajes se introducen al mismo tiempo al medio de transmisión.
- CRC.-** Cyclic Redundance Code, algoritmo para la verificación de errores basado en un polinomio.
- CSMA/CD.-** Carrier Sense Multiple Access/Colision Detection, protocolo del subnivel MAC que controla el acceso al canal de una o más estaciones, utilizando técnicas de detección de colisiones.
- Data Storage.-** Dispositivo de almacenamiento masivo utilizado en los sistemas Micromax.
- Datavue.-** Conjunto de programas que permiten acceder los datos del sistema Micromax desde una Estación Supervisoría.
- DCE.-** Data Communications Equipment, es el equipo que proporciona las funciones requeridas para establecer, mantener y terminar una conexión.
- DLE.-** Data Link Escape, conjunto de caracteres en secuencia que sirven para el control de una comunicación.
- DTE.-** Data Terminal Equipment, son las entidades que entablan una comunicación.
- Estación de Manejo.-** Dispositivo a través del cual se tiene una ventana del proceso en los sistemas Micromax y desde donde se realiza la configuración y monitoreo de los demás dispositivos del sistema.

- Estación Supervisoría.**- Nombre con el que se denomina a las computadoras dedicadas a monitorear los datos de las estaciones de campo de cualquier sistema de control.
- Ethernet.**- Término genérico con que se conoce a las redes tipo LAN basadas en la norma IEEE 802.3.
- Gateway.**- Es un dispositivo que actúa como un traductor de lenguaje entre dos redes diferentes las cuales operan bajo diferentes protocolos de comunicación.
- HM.**- History Module, módulo que permite el almacenamiento masivo de datos de proceso en el sistema micro TDC-3000.
- Host.**- Computadora destinada a ejecutar aplicaciones de usuario.
- IEEE.**- Institute of Electrical and Electronics Engineers, sociedad profesional que tiene una aportación valiosa de estándares para redes locales.
- IMP.**- Interchange Message Processor, circuitos especializados que se utilizan para conectar dos o más líneas de transmisión y son capaces de almacenar información temporalmente, además de seleccionar una línea de salida para reexpedir los datos que llegan.
- ISO.**- International Standards Organization, organismo internacional de estándares.
- LAN.**- Local Area Network, red que enlaza equipos localizados en un área geográfica limitada.
- LCN.**- Local Control Network, red del sistema micro TDC-3000 que integra a las Estaciones Universales, Módulo de Historia, Módulo de Aplicación, NIM y al Gateway para computadora.
- LM.**- Logic Manager, dispositivo del sistema micro TDC-3000 al que se conectan señales de campo para realizar control secuencial.
- LPU.**- Local Process Unit, dispositivo del sistema Micromax al cual se conectan las señales de campo. Dispositivo donde se ejecutan los algoritmos de control.
- NAU.**- Network Addressable Unit, dirección a través de la cual se identifica a un nodo dentro de una red.
- NIM.**- Network Interface Module, módulo que enlaza la red LCN con la red UCN del sistema micro TDC-3000.
- NRZ.**- Non-Return to Zero, código de línea que representa a un 1 en alto durante todo el período de reloj y a un 0 en bajo también durante todo el período de reloj.
- OSI.**- Open Systems Interconnection, arquitectura de comunicación entre computadoras dividido en siete niveles y tomado como

- referencia por fabricantes de equipo de comunicaciones.
- Parámetros de entonamiento.**- Valores del controlador PID que logran el funcionamiento óptimo de un lazo de control.
- Pasarela.**- Gateway.
- PCIM.**- Personal Computer Interface Module, conjunto de programas que permiten acceder los datos del sistema micro TDC-3000 desde una Estación Supervisoría.
- PDU.**- Protocol Data Unit, estructura de datos que intercambian dos protocolos del nivel de enlace o del nivel de red.
- PLC.**- Programable Logic Control, control basado en lógica secuencial.
- PM.**- Process Manager, dispositivo del sistema micro TDC-3000 al cual se conectan las señales de campo.
- PMH.**- Process Manager Module, procesador central del Manejador de Proceso que se encarga de dirigir al resto de los procesadores.
- Pseudopunto.**- Punto de datos cuyo valor es derivado de cálculos que involucran valores de otros puntos en expresiones matemáticas o lógicas.
- Punto.**- Variable de proceso.
- Punto de indicación.**- Variable de proceso utilizada solamente para monitoreo.
- Repetidor.**- Dispositivo que se utiliza para extender la longitud del medio físico copiando y reexpidiendo bits individuales entre segmentos de cable.
- Router.**- Dispositivo que almacena y reexpide tramas entre redes que no son similares.
- SCADA.**- Sistemas de Control y Adquisición de Datos Automática, forma genérica en que se conoce a un sistema de control digital.
- Set-point.**- Punto de referencia, punto de ajuste o punto de operación de un lazo de control.
- SNA.**- Systems Network Architecture, arquitectura de comunicación entre computadoras dividida en siete niveles, aplicable solo a redes IBM.
- Tag.**- Etiqueta o descripción breve de variables de proceso, alarmas, lazos de control, etc.
- TCP/IP.**- Transmission Control Protocol/Internet Protocol, arquitectura de comunicación entre computadoras que consta de los

siguientes cuatro niveles: físico, de envío, de servicio y de aplicación.

**Terminal virtual.-** Nodo de una red que accesa a una computadora que generalmente es multiusuario.

**Testigo.-** Token.

**Token.-** Formato de bits que autoriza la transmisión a la estación que lo posee.

**Token-Bus.-** Término genérico con que se conocen a las redes tipo LAN basadas en la norma IEEE 802.4.

**Token-Ring.-** Término genérico con que se conocen a las redes tipo LAN basadas en la norma IEEE 802.5.

**Trama.-** Formato establecido por cada protocolo para el envío de bloques de información.

**UCN.-** Universal Control Network, red del sistema micro TDC-3000 que integra a Manejadores de Proceso, Manejadores Lógicos y al NIM.

**US.-** Universal Station, estación del sistema micro TDC-3000 a través de la cual se realiza la configuración y monitoreo de los demás dispositivos del sistema.

**UTR.-** Unit Terminal Remote, término genérico con que se conocen a los dispositivos de proceso.

**WAN.-** Wide Area Network, red que trabaja sobre una área extensa, enlazando varias LAN's.

## BIBLIOGRAFIA

1. Black, Uyless  
Redes de Computadoras (Protocolos, Normas e Interfaces)  
Traduc. Macrobit Editores  
México, Ed. Macrobit Editores, 1992.  
421 pp.
2. C.J. Chesmond  
Basic Control System Technology  
Gran Bretaña, Ed. Edward Arnold, 1990.
3. Katsuhiko, Ogata.  
Ingeniería de Control Moderna  
España, Ed. Prentice Hall, 1980
4. Madron, Thomas W.  
Redes de Area Local  
Traduc. Juan Carlos Vega Fagoaga  
México, Ed. Grupo Noriega Editores, 1992  
364 pp.
5. Stallings, William  
Data and Computer Communications  
2a. Ed.  
New York, Ed. Mac-Millan, 1988
6. Tanenbaum, Andrew S.  
Redes de Ordenadores  
Traduc. Victor Manuel Carbajal Castañeda  
2a. Ed.  
México, Ed. Prentice Hall, 1991  
759 pp.

## TESIS

1. Gallegos Bárcenas, Eduardo  
Control y Adquisición Automática de Datos de la Planta Piloto de Reformación por medio de un sistema de control digital.  
México D.F., ESIQIE (IPN), 1990
2. Castillo Allier, Patricia y Robles Arana, Hilda  
Redes de Computadoras aplicadas en Sistemas de Control de Procesos.  
México D.F., Facultad de Ingeniería (UNAM), 1991

## MANUALES

1. Leeds & Northrup  
Datavue Software for Micromax (Process Management System)  
U.S.A.
2. Leeds & Northrup  
Micromax (Process Management System)  
Section 1. Description.  
U.S.A.
3. Leeds & Northrup  
Micromax (Process Management System)  
Section 5. Configuration.  
U.S.A.
4. Leeds & Northrup  
Micromax User's Manual (Serial Communications)  
U.S.A.
5. Honeywell (Industrial Automation and Control Division)  
Flex Training Student Workbook (Universal Station Implementation PM)  
U.S.A., 1990
6. Honeywell (Industrial Automation and Control Division)  
LCN Implementation (Micro TDC-3000)  
U.S.A., 1990
7. Honeywell (Industrial Automation and Control Division)  
LCN Implementation (Startup & Reconfiguration-1)  
U.S.A., 1990
8. Honeywell (Industrial Automation and Control Division)  
LCN Implementation (Startup & Reconfiguration-2)  
U.S.A., 1990
9. Honeywell (Industrial Automation and Control Division)  
LCN System Summary  
U.S.A., 1990
10. Honeywell (Industrial Automation and Control Division)  
Personal Computer Interface Module  
U.S.A., 1990
11. Honeywell (Industrial Automation and Control Division)  
UCN (UCN Site Planning & Installation)  
U.S.A., 1990



REVISTA:

1. PC Magazine (En español)  
Dir. Santiago J. Villazón  
Mensual  
México, D.F.  
Vol. 3, No. 10, Noviembre 1992

FOLLETO:

1. Subd. de Refinación y Petroquímica, Div. de Plantas Piloto.  
Plantas Piloto.  
Div. Editorial de la Subd. de Desarrollo Profesional del IMP.  
México, D.F.

APUNTES

1. Apuntes de la materia: Comunicaciones Digitales.  
Impartida en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.  
Profesor: David Ibarra Pereyra.
2. Apuntes de la materia: Redes de Computadoras.  
Impartida en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.  
Profesor: Antonio Hernández Leyva.