



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

70
Zij

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE
UNA RED DE COMPUTO EN EL
INSTITUTO NACIONAL DE
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN COMPUTACION

P R E S E N T A :

MIREYA MARTINEZ CERMEÑO

DIRECTOR: ING. MA. JAQUELINA LOPEZ BARRIENTOS



MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE
UNA RED DE CÓMPUTO EN EL
INSTITUTO NACIONAL DE
ENFERMEDADES
RESPIRATORIAS**

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su presencia en mi vida.

A Silvia y Jesús, por la dedicación y el amor que me han regalado a lo largo de mi existencia.

A Lucy y Gaby, por estar junto a mi.

A Gra y Felipe, porque los quiero mucho.

A Daniel y Gerardo, por toda la ayuda y el apoyo que me brindaron a lo largo de la realización de esta tesis.

A Alma, por el cariño y apoyo que me has brindado.

A Juan Antonio, por el apoyo que me has brindado.

A Jaquelina, porque aún sin conocerme aceptaste dirigir este trabajo y confiaste en mi.

CONTENIDO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| OBJETIVO | 6 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL | |
| 1.1. Antecedente Histórico del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias | 10 |
| 1.2. Situación Actual del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias | 11 |
| 1.3. Análisis y Diagnóstico de la Situación Actual de la Subdirección General de Administración | 14 |
| 1.3.1. Organigrama | 15 |
| 1.3.2. Ubicación Física | 15 |
| 1.3.3. Objetivos, Funciones e Interrelaciones | 15 |
| 1.3.4. Proceso de la Información | 24 |
| 1.3.5. Diagnóstico | 25 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | |
| 2.1. Definición del Problema | 28 |
| 2.2. Requerimientos | 28 |
| 2.3. Sistema de Cómputo para la Administración del INER | 31 |
| 3. GENERALIDADES | |
| 3.1. Definición de Red de Computadoras | 35 |
| 3.2. Clasificación de Redes | 35 |
| 3.2.1. WAN, MAN y LAN | 35 |

| | |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.2. Red de Área Local (<i>Local Area Network, LAN</i>) | 36 |
| 3.2.2.1. Redes locales de banda ancha y de banda base | 36 |
| 3.2.2.2. Características | 37 |
| 3.2.2.3. Beneficios | 38 |
| 3.2.2.4. Aplicaciones | 39 |
| 3.3. Topologías | 40 |
| 3.3.1. Topología de bus | 40 |
| 3.3.2. Topología de anillo | 41 |
| 3.3.3. Topología de estrella | 42 |
| 3.4. Estándares | 43 |
| 3.4.1. Modelo <i>OSI</i> | 45 |
| 3.4.2. Estándares <i>IEEE 802</i> | 49 |
| 3.5. Medios de Transmisión | 56 |
| 3.5.1. Par trenzado | 58 |
| 3.5.2. Cable coaxial | 62 |
| 3.5.3. Fibra óptica | 68 |
| 3.6. Dispositivos para la Interconexión | 75 |
| 3.6.1. Tarjeta de interfaz de red | 77 |
| 3.6.2. Repetidor | 79 |
| 3.6.3. Concentrador | 79 |
| 3.6.4. Puentes | 80 |
| 3.6.5. Enrutador | 83 |
| 3.6.6. <i>Gateway</i> | 92 |
| 3.7. Cableado Estructurado | 95 |
| 3.7.1. Subsistema de Área de Trabajo | 98 |
| 3.7.2. Subsistema Horizontal | 100 |
| 3.7.3. Subsistema de cable vertical (<i>backbone</i>) | 101 |
| 3.7.4. Subsistema de Administración | 102 |
| 3.7.5. Subsistema de la Sala de Equipos | 104 |
| 3.7.6. Subsistema de "Campus" | 104 |

| | |
|-------------------------------------------------|-----|
| 3.7.7. Tipos de cable y distancias del cableado | 104 |
|-------------------------------------------------|-----|

4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

| | |
|----------------------------------------------|------------|
| 4.1. Ethernet | 109 |
| 4.1.1. Antecedente Histórico | 109 |
| 4.1.2. Topología | 110 |
| 4.1.3. Estándares y Protocolos | 110 |
| 4.1.4. Cableado | 117 |
| 4.1.5. Equipos y Componentes | 130 |
| 4.1.6. Mercado | 131 |
| 4.1.7. Tendencias Tecnológicas | 132 |
| 4.2. Token Ring | 134 |
| 4.2.1. Antecedente Histórico | 134 |
| 4.2.2. Topología | 135 |
| 4.2.3. Estándares y Protocolos | 135 |
| 4.2.4. Cableado | 142 |
| 4.2.5. Equipos y Componentes | 146 |
| 4.2.6. Mercado | 150 |
| 4.2.7. Tendencias Tecnológicas | 150 |
| 4.3. Fiber Data Distributed Interface | 151 |
| 4.3.1. Antecedente Histórico | 151 |
| 4.3.2. Topología | 152 |
| 4.3.3. Estándares y Protocolos | 153 |
| 4.3.4. Cableado | 165 |
| 4.3.5. Equipos y Componentes | 169 |
| 4.3.6. Mercado | 169 |
| 4.3.7. Tendencias Tecnológicas | 170 |
| 4.4. Selección | 172 |

5. RED DEL INER

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1. Proyecto | 176 |
| 5.1.1. Cableado | 177 |
| 5.1.1.1. Trayectoria del cableado del subsistema de campus | 177 |
| 5.1.1.2. Ubicación del equipo de comunicaciones y cableado del subsistema horizontal | 179 |
| 5.1.2. Equipo de comunicaciones | 194 |
| 5.1.3. Materiales y accesorios para instalación | 194 |
| 5.2. Instalación | 197 |
| 5.2.1. Instalación de fibra óptica | 197 |
| 5.2.2. Instalación de UTP | 201 |
| 5.2.3. Instalación de las E/S de datos | 202 |
| 5.2.4. Instalación de equipo de comunicaciones | 203 |
| 5.2.4.1. Área del Switch | 205 |
| 5.2.4.2. Edificios de Entrada/Salida, Urgencias, Farmacia, Enseñanza y Comedor | 205 |
| 5.2.4.3. Edificios de Gobierno y Almacén General | 206 |
| 5.2.4.4. Edificio de Informática | 206 |
| 5.3. Reportes de Atenuaciones de Fibra Óptica y Parámetros del Cableado UTP Categoría 5 | 206 |
| 5.3.1. Reporte de Atenuación de la fibra óptica | 207 |
| 5.3.2. Reporte de parámetros del cableado UTP Categoría 5 | 208 |
| 5.4. Características del Cableado y Equipo de Comunicaciones | 213 |

6. APLICACIÓN DE LA RED DEL INER

| | |
|----------------------------------|-----|
| 6.1 Computación Cliente/Servidor | 225 |
| 6.1.1 El Cliente | 225 |
| 6.1.2 El Servidor | 226 |
| 6.1.3 Cliente y Servidor | 227 |
| 6.1.4 Proceso de Computación | 228 |

CONTENIDO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 6.1.5 Modelos de computación | 229 |
| 6.2 <i>Hardware y Software</i> del Sistema de Cómputo de la Administración del INER | 235 |
| 7. MANTENIMIENTO | |
| 7.1 Mantenimiento de la Red del INER | 238 |
| CONCLUSIONES | 240 |
| GLOSARIO | 242 |
| BIBLIOGRAFÍA | 247 |

OBJETIVO

Diseñar e implementar una red de cómputo en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias que va a ser la infraestructura para el Sistema de Cómputo de la Administración.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias estableció un convenio con la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico para que desarrollara un Sistema de Cómputo para la Administración, como parte del proyecto de automatización global del Instituto, cuya finalidad era la reducción de costos, el control efectivo de la información y el presupuesto, así como la optimización de recursos humanos. Entonces surgió la necesidad de diseñar e implementar una red de cómputo para intercomunicar las áreas administrativas, lo cual es el motivo del presente trabajo de tesis.

En el capítulo 1 se presenta el análisis de la situación que guardaba el INER, de tal manera que en el capítulo 2 se hace el planteamiento del problema referente a la automatización de la Subdirección de Administración y se hace evidente como una gran necesidad el diseño de la red de cómputo.

Para dar solución a los requerimientos planteados, en el capítulo 3 se estudian las generalidades de topologías, estándares, medios de transmisión, etc, relacionado con el diseño, desarrollo y funcionamiento de las redes de computadoras; con todos estos antecedentes sobre la materia, en el capítulo 4 se analizan tres posibles alternativas de solución dentro de las cuales se selecciona una de ellas, de tal manera que en el capítulo 5 se desarrolla la red del INER desde su fase de proyecto hasta la instalación de la misma.

Continuando con la aplicación de la red en el capítulo 6, que es el Sistema de Cómputo de la Administración que se desarrolló bajo el concepto de

la arquitectura Cliente/Servidor y en el capítulo 7 se presenta lo referente al mantenimiento de la misma.

Para finalizar con las conclusiones, la presentación de un glosario de términos y la bibliografía consultada.

CAPÍTULO 1
ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA
SITUACIÓN ACTUAL

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

1.1. ANTECEDENTE HISTÓRICO DEL INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

El Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, tiene como antecedente histórico al Sanatorio para Tuberculosos de Huipulco, fundado en 1936, el cual operó de esa fecha al año de 1959. Su creación tuvo la finalidad de atender a pacientes con Tuberculosis, que en aquel tiempo era causa de mortalidad de primer orden.

En 1959, dicho sanatorio se transformó en el Hospital para Enfermedades Pulmonares y su objetivo era atender la patología de las Vías Pulmonares, así como la formación de médicos especializados en Neumología.

Para el año de 1975, el Hospital se convirtió en el Instituto Nacional de Enfermedades Pulmonares. Esta transformación, se realizó con los propósitos de que el Instituto, llevara a cabo labores de Investigación Científica y Técnica en las especialidades de las vías respiratorias, también para que se realizaran actividades docentes para formar personal Médico y Paramédico desde nivel técnico hasta de postgrado, con el fin de apoyar en la materia a los médicos de la Secretaría de Salud, al igual que seguir proporcionando Atención Médica en lo que se refiere a las enfermedades respiratorias, muchas de las cuales propiciadas por la contaminación ambiental y por factores que se identificaron

como problemas de salud tradicionales en países en desarrollo, como son la influenza y neumonía, bronquitis, enfermedades respiratorias agudas y tuberculosis; entidades nosológicas que se encontraban entre las primeras causas de mortalidad en México.

El 14 de enero de 1982, el C. Presidente de la República emitió el decreto por el cual se creó el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias como un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonios propios. En su figura y etapa actual, el Instituto retoma y amplía los objetivos de sus órganos antecesores y queda subrogado a los derechos y obligaciones del Instituto Nacional de Enfermedades Pulmonares de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (actualmente Secretaría de Salud).

La creación del Instituto, obedeció al interés de que este organismo aspirara a la excelencia de investigación, a través de encargarse de realizar investigación básica y aplicada, impartir enseñanza, prestar asesoría técnica a las Unidades Médicas y proporcionar Atención Médica para la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de las enfermedades respiratorias; así como, que se consolidara como una Institución normativa del área de las enfermedades y problemas respiratorios.

1.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

El INER para cumplir con sus objetivos, se divide en cuatro subdirecciones generales, cada una de ellas enfocada a un área de especialización, que son las siguientes:

1. Subdirección General de Administración
2. Subdirección General Médica
3. Subdirección General de Investigación
4. Subdirección General de Enseñanza

Así mismo, cuenta con áreas de apoyo en materia jurídica, en planeación, en auditoría y en comunicación social. La estructura orgánica del INER está plasmada en la figura 1.1.



Figura 1.1. Estructura orgánica del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias

El Instituto como entidad pública descentralizada y en apego a las estrategias presentadas en el Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, Plan Nacional de Salud, Programa de Modernización de la Empresa Pública y Plan a Mediano Plazo para el cierre de la Administración Pública 1994, ha

considerado prioritario contar con una infraestructura informática que cubra sus necesidades, en lo que se refiere al control y registro de información administrativa, que implica recursos humanos, materiales y suministros, servicios generales, bienes muebles e inmuebles y obra pública; además para agilizar los procesos de atención médica y hospitalización; así como para proporcionar apoyo en materia de cómputo a la investigación y a la enseñanza.

Por tal motivo, dentro del INER se ha elaborado un proyecto de automatización global, en el cual se contemplan cuatro etapas, correspondientes a cada una de las subdirecciones, las cuales se listan a continuación:

1. Automatización de la Subdirección General de Administración
2. Automatización de la Subdirección General Médica
3. Automatización de la Subdirección General de Investigación
4. Automatización de la Subdirección General de Enseñanza

Se consideró como primera etapa automatizar la Subdirección General de Administración, porque su objetivo es administrar los bienes patrimoniales y financieros, así como dotar a las áreas del Instituto de los recursos humanos y materiales, de conformidad con los programas y presupuestos aprobados para los organismos públicos. Además de que genera la mayor parte de la información solicitada por las diversas dependencias del Gobierno, Globalizadoras, Coordinadoras del Sector Salud y otras citadas en la Ley Federal de Corresponsabilidad del Gasto Público. La información está compuesta por informes de actividades del Instituto, estados financieros,

plantilla del personal e indicadores básicos de gestión (bioestadística, protocolos de investigación y docencia).

La primera etapa comenzó a principios de 1995, para lo cual fue necesario hacer el análisis y el diagnóstico de las actividades de la Subdirección.

1.3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA SUBDIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN

El análisis y el diagnóstico de la situación actual de la Subdirección General de Administración está integrado por los siguientes puntos:

- **Organigrama.** Esto se refiere a la estructura jerárquica de las áreas que la integran.
- **Ubicación física.** Es la localización de las áreas dentro del Instituto.
- **Objetivos, Funciones e Interrelaciones.** Este punto es con respecto a los objetivos y al conjunto de actividades que se desarrollan en la Subdirección y en las Divisiones, además de la relación que existe entre las mismas.
- **Proceso de la información.** En este punto se explica la manera en que las áreas procesan la información que manejan.
- **Diagnóstico.** Aquí se identificaron los problemas existentes.

1.3.1. Organigrama

Como se observa en la figura 1.2, la Subdirección General de Administración se compone de las Divisiones de Administración y Desarrollo de Personal, de Tesorería y Contabilidad, de Recursos Materiales y de Servicios Generales, así mismo tiene un Área de Informática. De igual manera, las Divisiones se integran de departamentos y oficinas.

1.3.2. Ubicación Física

Por decreto el 20 de abril de 1987, se destinó al servicio del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias el inmueble ubicado en Calzada de Tlalpan No. 4502, con una superficie de 80,749.64 m², de los cuales 16,506 m² corresponden a la superficie construida, 5,614 m² de estacionamiento y lo que resta son áreas verdes. El Instituto cuenta con 22 edificios que varían de 1 a 5 niveles.

Las áreas que integran a la Subdirección General de Administración se encuentran distribuidas en 10 edificios del Instituto, los cuales se marcan en la figura 1.3.

1.3.3. Objetivos, Funciones e Interrelaciones

A continuación se presentan los objetivos, funciones e interrelaciones de la Subdirección General de Administración y las Divisiones que la integran, con el fin de conocer la participación de éstas en las labores del Instituto, además para poder determinar las actividades que son factibles de automatizar.

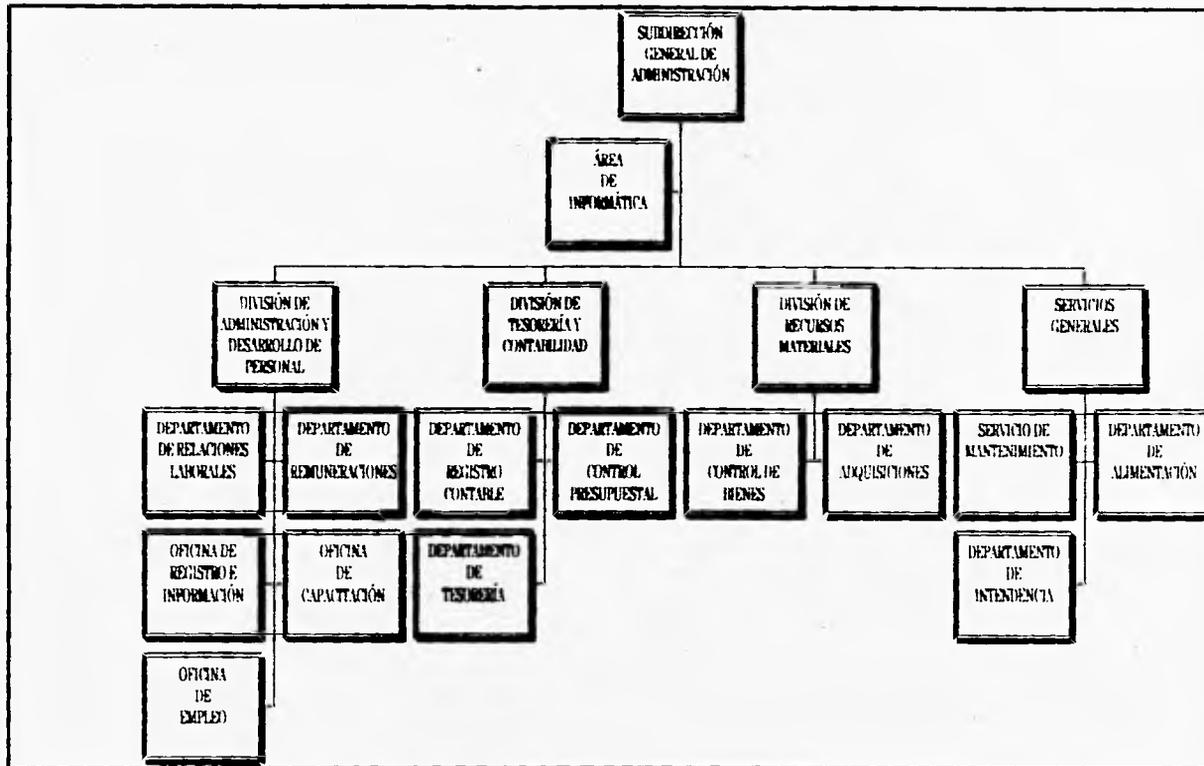


Figura 1.2. Estructura orgánica de la Subdirección General de Administración del INER.

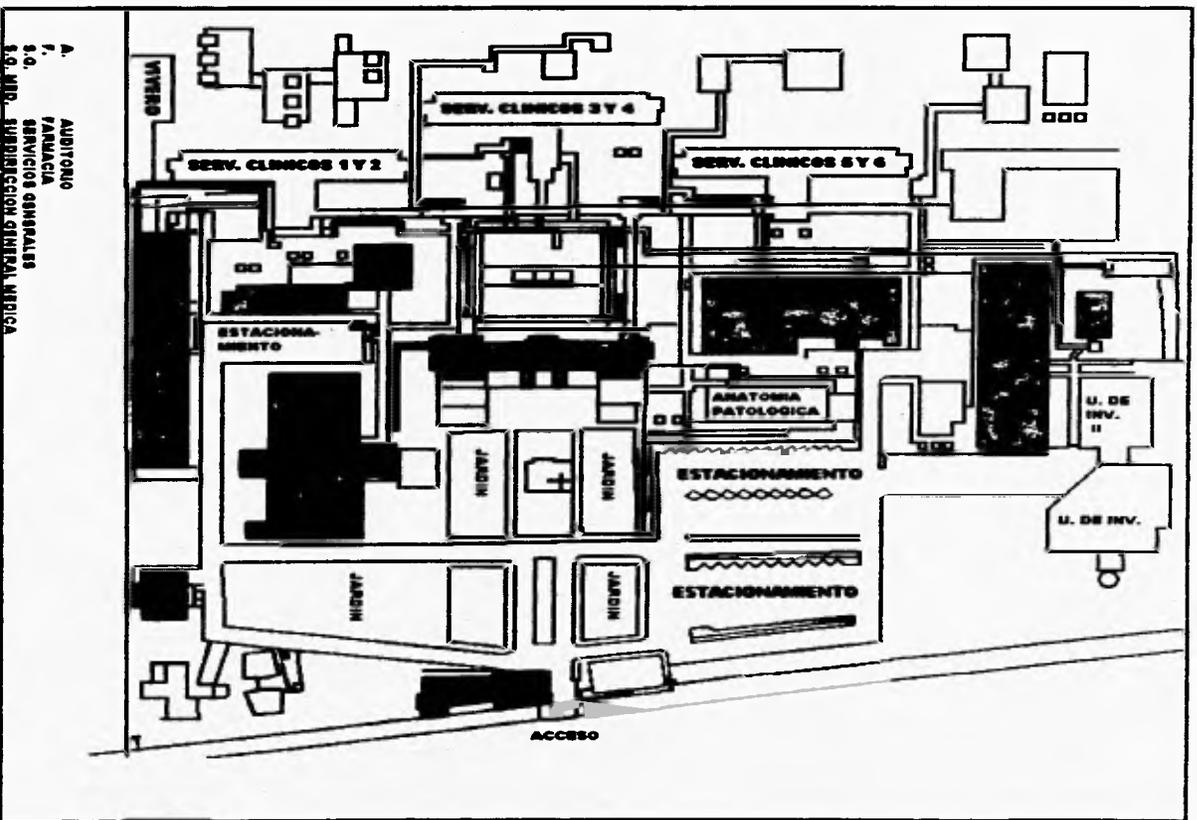


Figura 1.3. Edificios en los que están distribuidos las Áreas Administrativas.

Subdirección General de Administración

Objetivo

Administrar los bienes patrimoniales y financieros, así como dotar a los **Órganos del Instituto de los recursos humanos y materiales, de conformidad con los programas y presupuestos aprobados, con las normas y políticas generales y lineamientos internos que emita la Dirección General.**

Funciones

Aplicar los lineamientos y procedimientos relativos al ejercicio del presupuesto financiero del Instituto.

Vigilar que se cumplan las normas, políticas y procedimientos en cuanto a selección, nombramientos, contratación, remuneraciones, capacitación, desarrollo, control e incentivos de personal, así como sobre sanciones administrativas.

Fomentar las actividades sociales, culturales y deportivas entre el personal del Instituto.

Propiciar la difusión, el cumplimiento y vigilancia de las condiciones generales de trabajo que para el Instituto se establezca y participar, en su caso, en su elaboración.

Proponer y aplicar los programas, normas, políticas y procedimientos en el Instituto, respecto a compras de bienes y su almacenaje, así como la obtención de servicios.

Proponer y aplicar las normas, políticas y procedimientos en cuanto a servicios generales.

Programar y proporcionar los servicios de mantenimiento y conservación a los bienes muebles e inmuebles del Instituto.

Dirigir la elaboración del Programa-Presupuesto y coordinar los proyectos de programas y de presupuestos que le correspondan.

Establecer coordinación con la Contraloría Interna en cuanto a la realización de las funciones de supervisión, vigilancia y auditoría de sus áreas.

División de Administración y Desarrollo de Personal

Objetivo

Dirigir y coordinar las actividades encaminadas a la contratación, desarrollo y capacitación del personal del Instituto, así como sugerir el establecimiento de un sistema de remuneraciones que proporcione una adecuada relación entre el puesto y percepciones correspondientes.

Funciones

Reclutar, seleccionar y proponer la contratación del personal adecuado para los puestos autorizados en la Institución, en coordinación con los responsables de las áreas correspondientes.

Sugerir el establecimiento de un sistema de remuneraciones que proporcione una adecuada relación entre el puesto y las percepciones correspondientes.

Proporcionar y/o gestionar en su caso, las prestaciones y servicios tanto económicos como sociales a que tenga derecho el personal del Instituto.

Desarrollar y promover la realización de programas de formación, capacitación y desarrollo del personal del Instituto.

Promover y difundir los programas de educación para adultos y evaluar su ejecución.

Vigilar el cumplimiento de las condiciones generales de trabajo y, en su caso, imponer las sanciones administrativas que procedan.

Participar en la elaboración del sistema escalafonario del Instituto, así como vigilar su cumplimiento y aplicación.

División de Tesorería y Contabilidad

Objetivo

Dirigir y coordinar los sistemas de control de efectivo, valores o asignaciones presupuestales, registro contable y registro presupuestal del Instituto conforme a las políticas establecidas para este efecto, así como presentar informes de orden contable que sean solicitados al Instituto por autoridades del Sector y la Secretaría de Programación y Presupuesto.

Funciones

Organizar la elaboración del proyecto del Programa-Presupuesto anual del Instituto de acuerdo a la información proporcionada por las demás unidades.

Proponer y operar los sistemas de control de efectivo, valores o asignaciones presupuestales del Instituto, conforme a las políticas establecidas para este efecto.

Proponer y operar los sistemas de registro contable que permita ofrecer información veraz y oportuna.

Tramitar ante las dependencias correspondientes los recursos presupuestarios para el Instituto y cumplir con las disposiciones relativas a custodia y disposición de valores.

Elaborar los informes y reunir los datos y documentos de orden contable que sean solicitados al Instituto por las autoridades del Sector Salud y la Secretaría de Programación y Presupuesto.

División de Recursos Materiales

Objetivo

Dirigir y controlar las adquisiciones, el almacenamiento y suministro de equipo, de Recursos Materiales y medicamentos del Instituto.

Funciones

Controlar el almacenamiento y suministro de equipo, de recursos materiales y medicamentos del Instituto.

Proponer y controlar el sistema de cotizaciones y de concurso para la selección de proveedores, apegándose a las normas que para tal efecto hayan sido emitidas por la Secretaría de Programación y Presupuesto y en base al padrón de proveedores del Gobierno Federal.

Coordinar las adquisiciones y gestionar el pago de proveedores.

Coordinar y controlar los almacenes de víveres, medicamentos de patente y el almacén de varios del Instituto.

División de Servicios Generales

Objetivo

Mantener en buen estado los bienes muebles e inmuebles de la Institución, mediante su conservación, limpieza y vigilancia; y apoyar a las áreas sustantivas proporcionando la alimentación de pacientes y de personal.

Funciones

Coordinar la operación de las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones, equipo y maquinaria del Instituto.

Coordinar las actividades para lavar, distribuir y controlar la ropa de pacientes, la ropa de trabajo del personal, y en general todos los artículos de tela que se utilizan para las diferentes actividades del Instituto.

Supervisar que se elaboren y suministren en la cantidad, calidad y número adecuado, las raciones alimenticias para los pacientes y trabajadores del Instituto.

Establecer por medios propios o subrogados el servicio de limpieza de los inmuebles, jardines y áreas generales del Instituto.

Supervisar que los transportes para pacientes, así como los vehículos para servicios administrativos, se operen y mantengan de acuerdo a las normas políticas establecidas.

Dirigir el servicio de vigilancia, para resguardar tanto los bienes muebles como los inmuebles que pertenezcan al Instituto, así como vigilar la seguridad del personal.

Interrelaciones

En la figura 1.4 se muestran las interrelaciones que existen entre las Divisiones y la Subdirección para cumplir con sus funciones. Como se puede observar en la figura, las Divisiones intercambian información entre sí y con la Subdirección, ya sea para presentación o autorización.

1.3.4. Proceso de la Información

La Subdirección General de Administración debe entregar informes de manera mensual, trimestral y anual, a diversas dependencias del Gobierno, Globalizadoras, Coordinadoras del Sector Salud y otras citadas en la Ley Federal de Corresponsabilidad del Gasto Público. En dichos informes se debe mostrar el estado del Instituto, con respecto a los recursos humanos, materiales y financieros, así como de los indicadores básicos de gestión. Esta información es de suma y vital importancia, para poder tomar decisiones oportunas y para controlar el presupuesto asignado.

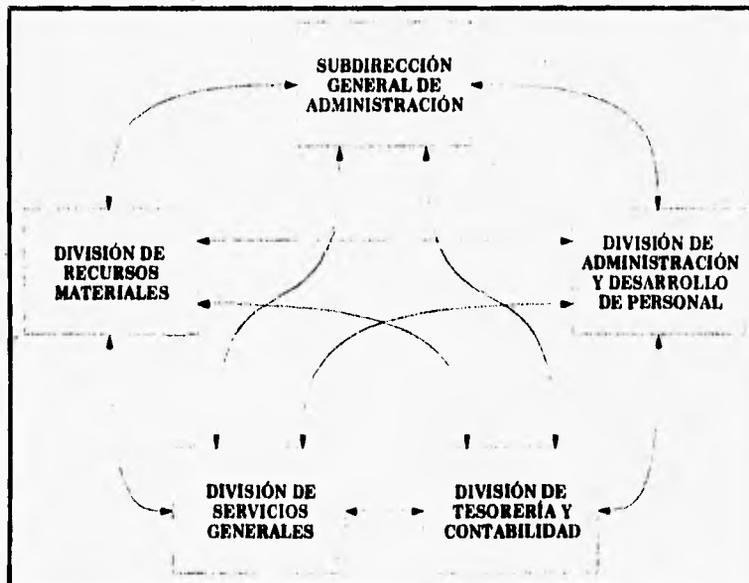


Figura 1.4. Interrelaciones de la Subdirección General de Administración y sus Divisiones.

Actualmente, las áreas solventan sus necesidades de control y registro de información a través de un servicio externo de procesamiento electrónico de datos, que tiene la finalidad de proporcionar los datos necesarios para conocer

el estado de los movimientos administrativos, así como para empatar la información de las áreas que están relacionadas. Por otro lado, la información fuente se genera manualmente y los resultados se verifican de la misma forma.

En muchas ocasiones, el servicio externo se retrasa en la entrega de resultados, lo que causa que no se entreguen de manera veraz y oportuna los informes gerenciales que se presentan a los organismos que rigen al Instituto. Además, el servicio de procesamiento representa un gasto fijo elevado, aproximadamente 35,000 pesos mensuales.

1.3.5. Diagnóstico

Un problema muy importante que se detectó es que el servicio externo de procesamiento electrónico de datos, frecuentemente tiene retrasos en la entrega de resultados y además su costo es elevado, considerando que la información es de vital importancia para la toma de decisiones y control del presupuesto se considera necesario omitir este servicio, para esto se pueden automatizar las siguientes actividades:

- Generación de Nómina
- Control de Asistencia y Acceso al Comedor
- Contabilidad
- Control de Presupuestos
- Control de Adquisiciones
- Control de Pagos
- Control de Inventarios (Farmacia, Activo Fijo, Varios y Víveres)
- Control de los servicios de mantenimiento, conservación y construcción

También cabe mencionar que los volúmenes de información son muy grandes, por ejemplo, en el Instituto hay 1560 empleados a los que se les da servicio de comedor y se les paga quincenalmente; además se cuenta con una cartera de aproximadamente 300 proveedores y continuamente se adquieren productos, lo que implica movimiento de capital; también se manejan aproximadamente 500 cuentas contables y 500 cuentas presupuestales, así como los servicios de intendencia se tienen que dar a 22 edificios, al igual que se manejan aproximadamente 5000 productos en los almacenes.

Otro de los problemas detectados, es que las áreas que están relacionadas en las actividades susceptibles de automatizar están ubicadas en 10 edificios del Instituto, y para la automatización es necesario empatar la información compartida, tal como lo hace el servicio de procesamiento externo.

Es muy importante resaltar que para automatizar las actividades de la Subdirección General de Administración, se debe emplear equipo y tecnología de punta, para cuando se continúe con las siguientes etapas del proyecto global, las soluciones dadas no sean totalmente obsoletas. Además, se debe conseguir que el procesamiento intrainstitucional de la información permita obtener de manera veraz y oportuna los informes necesarios para la toma de decisiones y el control adecuado del presupuesto, así como reducir recursos humanos, materiales y financieros que se pueden enfocar a las actividades primordiales del Instituto que son la Investigación, la Enseñanza y la Atención Médica.

CAPÍTULO 2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CAPÍTULO 2

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Una vez que se detectaron los problemas de la Subdirección General de Administración, el Instituto ha establecido un convenio con la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico para que desarrolle un Sistema de Cómputo para la Administración.

La necesidad que ha surgido con esto es intercomunicar a las áreas que se van a automatizar, pero actualmente el Instituto no cuenta con la infraestructura de comunicaciones, por tal motivo se requiere *diseñar e implementar una red de cómputo en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, lo cual es el motivo de esta tesis.

2.2. REQUERIMIENTOS

Para comenzar a desarrollar el proyecto de la red de cómputo del INER, se deben considerar los siguientes factores:

1. El Instituto está compuesto por edificios de 1 a 5 niveles distribuidos horizontalmente, en 10 de los cuales se encuentran ubicadas las áreas administrativas.

2. En el Sistema de Cómputo de la Administración se han establecido el número de puntos de comunicación por cada área, basados en las cargas de trabajo y en los volúmenes de información. En la tabla 2.1 se organizan los nodos por su ubicación en los edificios.
3. La información que se manejará es completamente administrativa (100% datos).
4. Se requiere que los datos transportados en la red sean 100% confiables, por la importancia que tienen para la toma de decisiones oportunas y para la administración efectiva de los recursos con que cuenta el Instituto.
5. Existirá flujo de información, casi exclusivamente cuando las áreas realicen transacciones en la base de datos, ubicada en el servidor del sistema de cómputo.
6. Como se mencionó anteriormente, el Instituto tiene un proyecto de Automatización Global, por lo que la infraestructura que se adopte debe ser factible de crecimiento con respecto al número de nodos y edificios.
7. Cuando se desee expandir la red no se deberán afectar a los usuarios existentes.
8. Los equipos que se utilicen en la red, deberán ser compatibles con los que existan en el mercado.

Tabla 2.1. Número de nodos por cada área, ordenados por edificio.

| EDIFICIO | ÁREA | NODOS |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------|-------|
| EDIFICIO DE GOBIERNO (PLANTA BAJA) | DIRECCIÓN GENERAL | 2 |
| | SALA DE PRINCIPAL DE JUNTAS | 2 |
| | SUBDIRECCION GENERAL DE ADMINISTRACIÓN | 1 |
| | CAJA GENERAL | 2 |
| | DEPARTAMENTO DE TESORERÍA | 1 |
| | SUBTOTAL | 8 |
| EDIFICIO DE GOBIERNO (PLANTA ALTA) | OFICINA DE EMPLEO | 1 |
| | DEPARTAMENTO DE REMUNERACIONES | 2 |
| | OFICINA DE REGISTRO E INFORMACIÓN | 2 |
| | DIV. DE ADMON Y DESARROLLO DE PERSONAL | 1 |
| | DEPARTAMENTO DE RELACIONES LABORALES | 2 |
| | DEPARTAMENTO DE ADQUISICIONES | 4 |
| | DIVISION DE RECURSOS MATERIALES | 1 |
| | DEPARTAMENTO DE CONTROL DE BIENES | 2 |
| SUBTOTAL | 16 | |
| EDIFICIO DE GOBIERNO (PASILLO) | DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN | 1 |
| | SUBTOTAL | 1 |
| EDIFICIO DE GOBIERNO | TOTAL | 24 |
| EDIFICIO DE LA SUBDIRECCION MEDICA (PLANTA BAJA) | DEPARTAMENTO DE REGISTRO CONTABLE | 7 |
| | DEPARTAMENTO DE CONTROL PRESUPUESTAL | 3 |
| | DIVISION DE TESORERÍA Y CONTABILIDAD | 1 |
| | SUBTOTAL | 11 |
| EDIFICIO DE LA SUBDIRECCION MEDICA (PLANTA ALTA) | ÁREA DE INFORMÁTICA | 16 |
| | CONTRALORIA INTERNA | 1 |
| | SUBTOTAL | 17 |
| EDIFICIO DE LA SUBDIRECCION MEDICA | TOTAL | 28 |
| EDIFICIO DEL COMEDOR | ENTRADA/SALIDA DEL COMEDOR | 2 |
| | DEPARTAMENTO DE ALIMENTACIÓN | 1 |
| | ALMACÉN DE VÍVERES | 1 |
| | TOTAL | 4 |
| EDIFICIO DE MANTENIMIENTO | ACTIVO FIJO | 1 |
| | ALMACÉN GENERAL | 2 |
| | LAVANDERÍA | 1 |
| | MANTENIMIENTO (ING. BIOMEDICA) | 2 |
| | TOTAL | 6 |
| EDIFICIO DE SERVICIOS GENERALES | SERVICIOS GENERALES | 4 |
| | TOTAL | 4 |
| ALMACÉN DE FARMACIA | ALMACÉN DE FARMACIA | 2 |
| | TOTAL | 2 |
| ENTRADA/SALIDA DEL PERSONAL | RELOJ CHECADOR | 2 |
| | TOTAL | 2 |
| EDIFICIO DE URGENCIAS | CUENTAS CORRIENTES | 3 |
| | TOTAL | 3 |
| EDIFICIO DEL AUDITORIO | AUDITORIO | 3 |
| | TOTAL | 3 |
| EDIFICIO DE ENSEÑANZA | CAPACITACIÓN | 4 |
| | TOTAL | 4 |
| | GRAN TOTAL | 79 |

2.3. SISTEMA DE CÓMPUTO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL INER

El objetivo del Sistema de Cómputo de la Administración del INER es automatizar las actividades que se realizan dentro de la Subdirección General de Administración, entre las actividades que se automatizarán se encuentran las siguientes:

- Generación de Nómina
- Control de Asistencia y Acceso al comedor
- Contabilidad
- Control de Presupuestos
- Control de Adquisiciones
- Control de Pagos
- Control de Inventarios (Farmacia, Activo Fijo, Varios y Viveres)
- Control de servicios de mantenimiento, conservación y construcción

En la fase de análisis de este Sistema, se han definido el número de nodos que se tendrán en cada una de las áreas de acuerdo a las cargas de trabajo y volúmenes de información que se detectaron, además se incluyen áreas como la Sala de Juntas, Aulas de Capacitación, Auditorio, Entrada/Salida del Instituto y Comedor, los cuales se listan en la tabla 2.2, en total son 79.

Así mismo, se han especificado las características de las computadoras personales y del servidor, las cuales se listan a continuación:

- **Computadoras personales**

CPU 80486 DX4/100 MHz

Disco duro de 810 MB

Unidad de disco de 3 ½ de alta densidad

4 ó 5 ranuras de expansión *ISA/VESA Localbus/PCI*

Teclado de 101 teclas

1 Mouse

Tarjeta de video *SVGA* con 1MB de *RAM, VESA*

Gabinete de torre o minitorre

Monitor a color de 14" *SVGA*

- **Servidor**

CPU *ULTRA SPARC-1* Mod. 170 a 167 MHz

256 MB de *RAM*

512 KB de Memoria cache

8 GB de disco duro

Puerto *SCSI-2* a 10 MB/seg

2 Puertos seriales *RS232/RS423* Síncronos

1 Puerto paralelo *Centronics*

Audiobocina interna, 16 Bits 48 KHz

3 ranuras de expansión *SBUS* (32 bits)

Unidad de *CD-ROM* interno de 4x

Unidad de Cinta de 4mm interna con capacidad de 4 a 8 GB

Tarjeta de video Turbo *GX* 8 bits

Monitor a color de 20"

Tabla 2.2. Número de nodos por cada área establecidos en el Sistema de Cómputo de la Administración del INER.

| ÁREA | NÚMERO DE NODOS DE RED |
|-----------------------------------------------------|------------------------|
| DIRECCIÓN GENERAL | 2 |
| SALA PRINCIPAL DE JUNTAS | 2 |
| CONTRALORÍA INTERNA | 1 |
| DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN | 1 |
| SUBDIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN | 1 |
| ÁREA DE INFORMÁTICA | 10 |
| DIVISIÓN DE ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DE PERSONAL | 1 |
| CAPACITACIÓN | 4 |
| OFICINA DE EMPLEO | 1 |
| OFICINA DE REGISTRO E INFORMACIÓN | 2 |
| DEPARTAMENTO DE REMUNERACIONES | 2 |
| DEPARTAMENTO DE RELACIONES LABORALES | 3 |
| RELOJ CHECADOR | 2 |
| DIVISIÓN DE TESORERÍA Y CONTABILIDAD | 1 |
| DEPARTAMENTO DE REGISTRO CONTABLE | 7 |
| DEPARTAMENTO DE CONTROL PRESUPUESTAL | 3 |
| DEPARTAMENTO DE TESORERÍA | 1 |
| CUENTAS CORRIENTES | 3 |
| CAJA GENERAL | 2 |
| DIVISIÓN DE RECURSOS MATERIALES | 1 |
| DEPARTAMENTO DE ADQUISICIONES | 4 |
| DEPARTAMENTO DE CONTROL DE BIENES | 2 |
| ALMACÉN DE VÍVERES | 1 |
| ALMACÉN DE ACTIVO FIJO | 1 |
| ALMACÉN GENERAL | 2 |
| ALMACÉN DE FARMACIA | 2 |
| SERVICIOS GENERALES | 4 |
| SERVICIO DE MANTENIMIENTO ÁREA OPERATIVA | 1 |
| OFICINA DE LAVANDERÍA | 1 |
| DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA | 1 |
| DEPARTAMENTO DE ALIMENTACIÓN | 1 |
| ENTRADA/SALIDA DEL COMEDOR | 2 |
| AUDITORIO | 3 |

CAPÍTULO 3
GENERALIDADES

CAPÍTULO 3

GENERALIDADES

Una vez que se ha definido la necesidad de instalar una red de cómputo en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, en este capítulo se plantearán las bases teóricas para el desarrollo del proyecto.

3.1. DEFINICIÓN DE RED DE COMPUTADORAS

Una red de computadoras se define como un sistema de comunicación de datos que interconecta dos o más computadoras y dispositivos periféricos a través de uno o más canales de transmisión. El canal de transmisión a veces es una línea telefónica, debido a su conveniente y universal presencia. Una red tiene un objetivo principal: transferir e intercambiar información entre computadoras.

3.2. CLASIFICACIÓN DE REDES

3.2.1. WAN, MAN y LAN

Las redes se clasifican principalmente en 3 tipos:

- **Red de área local (Local Area Network, LAN).** Este tipo de red es aquella que interconecta dispositivos a través de un canal de transmisión privado en un área de 0.1 a 25 kilómetros.

- **Red de área metropolitana (Metropolitan Area Network, MAN).** "Una red MAN es una red que se expande por ciudades o provincias y se interconecta mediante diversas instalaciones públicas o privadas, como el sistema de telefonía pública o los suministradores de sistemas de comunicación por microondas o medios ópticos."¹
- **Red de área amplia (Wide Area Network, WAN).** "Las WAN se extienden sobrepasando las fronteras de las ciudades, provincias o naciones. Los enlaces se realizan con instalaciones de telecomunicaciones públicas y privadas, además de con enlaces por microondas y satélites."²

3.2.2. Red de Área Local (Local Area Network, LAN)

En el INER se instalará una red de área local, de acuerdo a la definición antes mencionada, por tal motivo se procede a estudiar en una forma más amplia las características de este tipo de red.

3.2.2.1. Redes locales de banda ancha y de banda base

Existen redes locales de banda ancha o de banda base. Una red de banda ancha se caracteriza por el uso de la tecnología analógica; en la que se emplea un modem para introducir una señal portadora en el medio de transmisión. Por la naturaleza analógica de la red, los sistemas de banda ancha ofrecen

¹ Sheldon, Tom. Guía de Interoperabilidad. Edit. McGraw Hill. Página 6.

² Sheldon, Tom. Guía de Interoperabilidad. Edit. McGraw Hill. Página 6.

multiplexación por división de frecuencia, proporcionando la habilidad para transportar varias señales portadoras y subcanales en un solo canal. Los sistemas de banda ancha son llamados así porque las señales portadoras operan en el rango de radio frecuencia (típicamente de 10 a 400 MHz). No todas las redes analógicas operan en estas frecuencias, en esos casos no son consideradas como sistemas de banda ancha.

Las redes de banda base emplean tecnología digital. Una línea controladora introduce cambios de voltaje en el canal. El canal entonces actúa como un mecanismo transportador de los pulsos de voltaje digital que se propagan a través del medio. Las redes de banda base no usan portadoras analógicas o técnicas de multiplexación por división de frecuencia. Sin embargo, el acceso múltiple al medio puede hacerse mediante la multiplexación por división de tiempo. Las redes de este tipo prevalecen en los sistemas de pocas estaciones. Las redes más grandes (arriba de 100 estaciones) generalmente usan técnicas de banda ancha.

3.2.2.2. Características

Las características de una red de área local son:

- El canal de transmisión es propiedad de la empresa usuaria
- El canal de transmisión opera a alta velocidad (1 Mbit/s a 100 Mbit/s)
- Los dispositivos que se conectan están muy cercanos
- La tasa de error es baja (10^{-8} a 10^{-11})

3.2.2.3. Beneficios

Las ventajas que se tienen al adoptar una red de área local son:

- **Compartir datos y programas.** Algunos paquetes de *software* que funcionan en red, están disponibles con un costo mucho menor comparado con la adquisición de licencias individuales.
- **Compartir recursos de red.** Los recursos son los periféricos como las impresoras, trazadores gráficos (*plotters*) y los dispositivos de almacenamiento.
- **Compartir bases de datos.** Un sistema manejador de bases de datos es una aplicación ideal para una red. Una función llamada bloqueo de registros permite que los usuarios puedan acceder a un archivo a la vez sin corromper los datos. Con dicha función, se asegura que dos usuarios no puedan acceder al mismo registro simultáneamente.
- **Expansión económica de la base de PC.** Las redes proporcionan una forma económica de aumentar el número de computadoras en la empresa.
- **Creación de grupos de trabajo.** Una red facilita la creación de grupos de usuarios que trabajen en diferentes departamentos. Los grupos de trabajo facilitan las nuevas estructuras corporativas planas en las que personas de distintos y lejanos departamentos pertenecen a proyectos de grupo especiales.

- **Administración centralizada.** Una red proporciona una forma de centralizar servidores y sus datos junto con otros recursos. Las actualizaciones del *hardware*, las copias de seguridad del *software*, el mantenimiento del sistema y la protección de éste resultan mucho más sencillas de manejar cuando los dispositivos se encuentran en un mismo lugar.

3.2.2.4. Aplicaciones

Entre las aplicaciones de las LANs se pueden mencionar las siguientes:

- **Automatización de oficinas.** Esto se refiere a incorporar a las oficinas, la tecnología adecuada para ayudar a la gente a administrar su información. Las redes locales se incorporan a las oficinas como parte de dicha tecnología.
- **Automatización de fábricas.** En el ambiente de las fábricas se han incrementado los dispositivos de automatización como los controladores programables, las máquinas de visión y robots de diferentes formas. Para administrar la producción es necesario que estos elementos trabajen juntos, por lo que se han tenido que interconectar para formar una red local de manufactura.

3.3. TOPOLOGÍAS

La topología de una red, es la forma en que se conectan físicamente los componentes de la misma. El diseñador de una red debe tener tres objetivos al establecer la topología:

1. Proporcionar la máxima confiabilidad para asegurar la adecuada recepción de los datos.
2. Buscar la ruta menos costosa entre el emisor y el receptor.
3. Dar al usuario final la mejor respuesta en tiempo y en transferencia real de datos.

Las principales topologías de red son:

- topología de bus
- topología de anillo
- topología de estrella

3.3.1. Topología de bus

La topología de bus u horizontal está ilustrada en la figura 3.1. En esta topología todos los dispositivos de la red se conectan a un canal de transmisión.

La operación de este tipo de LAN puede resumirse brevemente, porque los múltiples dispositivos comparten un solo medio de transmisión y solo uno de ellos puede transmitir a la vez, por lo que el control del flujo de información

es relativamente simple. Una estación usualmente transmite información en forma de paquete que contiene la dirección destino.

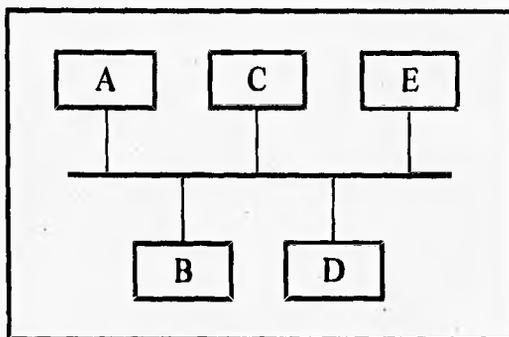


Figura 3.1. Topología de bus

El paquete se propaga a través del canal de transmisión y es recibido por todas las demás estaciones. La estación direccionada copia el paquete tal como está. El principal inconveniente de esta topología radica en el hecho de que un solo canal de comunicación proporciona servicio a todos los dispositivos de la red. Consecuentemente, si falla el canal de comunicación, la red se pierde. Algunos fabricantes proporcionan canales de comunicación totalmente redundantes, por si el canal primario de comunicación se pierde. Otros proveen *switchs* de desviación que no toman en cuenta a los nodos que fallaron. Otro problema es la dificultad para aislar fallas de cualquier componente de la red. La ausencia de puntos de concentración hace que se dificulte la solución de problemas.

3.3.2. Topología de anillo

La topología de anillo es otra configuración popular en las redes. Como se ilustra en la figura 3.2, la topología de anillo se llama así por el aspecto

circular del flujo de datos. El flujo de datos es sólo en una dirección, con una estación recibiendo la señal y retrasándola para enviársela a la siguiente. La implementación lógica de una red en anillo es relativamente fácil. Los componentes trabajan con una sola transmisión de datos, ya sea recibiendo o enviándolos a la siguiente estación. Sin embargo, como todas las redes, la red

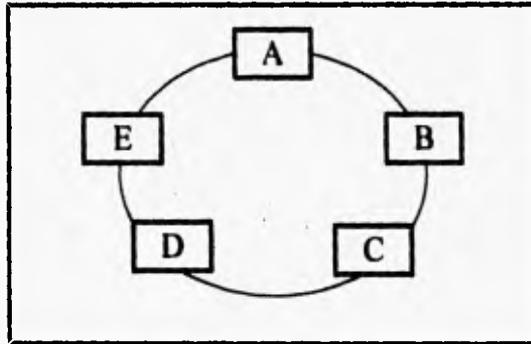


Figura 3.2. Topología de anillo

en anillo tiene deficiencias. El principal problema es que un sólo canal de comunicaciones enlaza a todos los componentes. Si el canal falla, la red se pierde. Consecuentemente, algunos fabricantes han establecido diseños que proporcionan un canal de respaldo por si el canal primario se pierde. En otras ocasiones, los fabricantes construyen *switches* que automáticamente envían los datos saltándose el nodo de falla.

3.3.3. Topología de estrella

En la figura 3.3 se muestra la topología de estrella, en la cual cada estación está conectada por un enlace punto a punto a un dispositivo central. La comunicación entre cualesquiera de las estaciones es a través del dispositivo central. Para que una estación transmita información, debe enviar primero una

requisición al dispositivo central, solicitándole una conexión con otra estación. Uno de los circuitos es establecido, para intercambiar información entre las dos estaciones. Esta topología muestra un control de comunicaciones centralizado. Todas las comunicaciones son controladas por el dispositivo central, el cual debe establecer un número de líneas concurrentes.

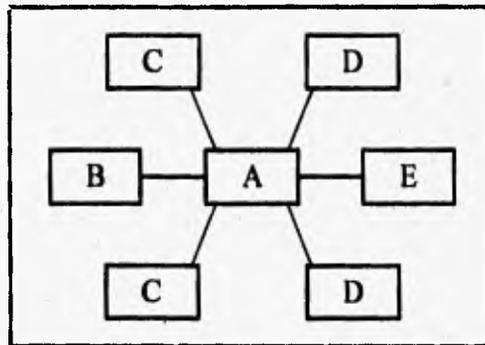


Figura 3.3. Topología de estrella

Consecuentemente el dispositivo central debe ser complejo. Por el contrario, en las estaciones el proceso de comunicación es mínimo. En este tipo de topología aislar las fallas es relativamente fácil, porque las líneas se pueden aislar para identificar el problema. Sin embargo, el dispositivo central de la estrella puede ser el centro de fallas de la red, lo cual provocaría la pérdida de la misma. Por tal razón, en algunos sistemas se han establecido dispositivos centrales redundantes, que proporcionan más confiabilidad a la red.

3.4. ESTÁNDARES

En una red se involucra más de una computadora, por lo cual se requiere *hardware* y *software* para soportar la comunicación entre los sistemas. El

hardware de comunicaciones está razonablemente estandarizado y generalmente presenta pocos problemas. Sin embargo, cuando la comunicación se desea realizar entre dispositivos heterogéneos (diferentes fabricantes o diferentes modelos y mismo fabricante), el esfuerzo de desarrollar *software* puede ser una pesadilla. Los distintos fabricantes utilizan diferentes formatos de datos y convenciones de intercambio de información. Aún dentro de una misma línea de productos de un fabricante, los distintos modelos de computadoras pueden comunicarse en forma única.

Con la proliferación de las redes, los fabricantes tuvieron una sola alternativa: adoptar e implementar un conjunto de convenciones común para los productos. Para que esto sucediera, un conjunto de estándares internacionales debieron ser promulgados por las organizaciones apropiadas. Con los estándares se obtuvieron dos efectos:

1. Los fabricantes se tuvieron que apegar a los estándares para que sus productos fueran comerciales, debido a que se comenzaron a utilizar ampliamente.
2. Los clientes estuvieron en una posición en la cual podían pedir que cualquier fabricante implementara los estándares en los productos que les ofrecía.

Es claro que un solo estándar no era suficiente. La tarea de comunicación en una forma verdadera de cooperación entre aplicaciones en diferentes computadoras era muy compleja para ser manejada como una unidad. Por lo que el problema debía ser dividido en partes manejables. Para lo cual, antes de desarrollar los estándares, se definió una estructura o una arquitectura de las tareas de comunicaciones.

Esto fue el razonamiento de la *ISO (International Organization for Standardization)* en 1977 para establecer un subcomité para desarrollar una arquitectura. El resultado fue el modelo *OSI (Open System Interconnection)*, el cual es una base para la definición de estándares para enlazar dispositivos heterogéneos. El *OSI* provee las bases para la conexión de sistemas "abiertos" para procesamiento de aplicaciones distribuidas. El término "abierto" denota la habilidad de que cualquiera de dos sistemas conformen el modelo de referencia y los estándares asociados para conectarse. Una aplicación distribuida es cualquier actividad que involucra el intercambio de información entre dos sistemas abiertos.

El modelo *OSI* es soportado por la mayoría de las organizaciones de estándares, administradores de telecomunicaciones y asociaciones comerciales.

Las entidades que han marcado los estándares para las *LANs* son principalmente el *CCITT (International Telegraph & Telephone Consultative Committee)*, la *ISO (International Organization for Standardization)*, el *ANSI (American National Standards Institute)*, la *EIA (Electronic Industries Association)* y de manera sobresaliente el *IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers)*, que ha desarrollado el proyecto 802 que define en forma flexible y con orientación específica a la implementación de *LANs*, las dos capas inferiores del modelo *OSI* (física y de enlace de datos).

3.4.1. Modelo OSI

Una técnica de estructuración ampliamente aceptada, adoptada por el *OSI*, es la estratificación. Las funciones de comunicaciones son divididas en un conjunto de capas jerárquicas. Cada capa desempeña un subconjunto de funciones requeridas para comunicarse con otro sistema, también ayuda a la

siguiente capa inferior a desempeñar funciones más primitivas y ocultar los detalles de estas funciones, además provee servicios a la siguiente capa superior. Idealmente, las capas se deben definir de tal manera que cuando ocurra un cambio en una de ellas no sea necesario hacer cambios en las demás.

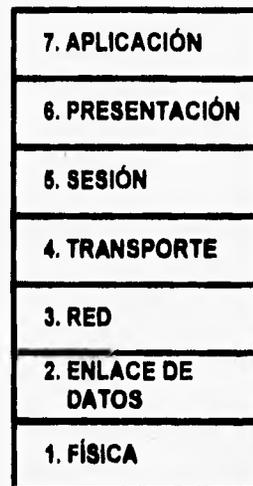


Figura 3.4. Las siete capas del modelo *OSI*

La estructura del modelo *OSI* es de siete capas funcionales, las cuatro capas inferiores están orientadas al *hardware*, mientras que las tres capas superiores sólo al *software*. En la figura 3.4 se ilustran las siete capas del modelo.

Capa 1. Física

Se encarga de establecer la conexión eléctrica entre nodos a través del medio de transmisión, es decir la información va hacia y desde los componentes físicos de la red. Entre sus funciones se incluyen el establecimiento y terminación de un enlace de comunicaciones como en el sistema telefónico público, la sincronización de la transferencia de datos, la transferencia de bits

de datos, la información de errores y la supervisión de las prestaciones de la capa. Los sistemas de redes de área local (*LAN*) más habituales definidos en la capa física son *Ethernet*, *token ring* e Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra (*FDDI*, *Fiber Distributed Data Interfaz*). Este nivel no controla detalles de conexión y cableado (estos detalles son clasificados en una capa extra llamada Capa 0 ó capa del modelo).

Capa 2. Enlace de Datos

Esta capa es responsable de proporcionar la transmisión de datos de un nodo a otro de manera confiable (es decir con capacidad de detección de errores) y de "aislar" a las capas funcionales superiores de cualquier efecto relacionado con el medio de transmisión. En esta capa la información ya no se procesa como bits de datos individuales, sino como paquetes de información (*data frames*) a los que se agregan encabezados (*headers*) y banderas (*flags*) para indicar el principio y terminación del mensaje cuando éstos provienen de las capas superiores, las cuales a su vez son removidas cuando los paquetes se reciben de la capa física. El protocolo usado en esta capa se conoce como *HDLC* (*High-Level Data Link Control*) o control de enlace de datos de alto nivel. Entre otros protocolos de enlace de datos se incluyen la retransmisión de paquetes y el modo de transferencia asíncrono (*ATM*, *Asynchronous Transfer Mode*) que se utiliza en los sistemas de áreas extensas. Las normas *Ethernet* y *token ring* también están definidas en esta capa.

Capa 3. Red

En la capa de red se definen los protocolos orientados a la sin-conexión que encaminan de forma dinámica los datos entre los sistemas de la red. Entre sus funciones se incluyen el enrutamiento de los paquetes de datos, la

segmentación y posterior recomposición de los paquetes de datos cuando sea necesario, la supervisión de los paquetes de datos para asegurar una transmisión rápida, el mantenimiento de una base de datos de enrutamiento, la detección y posible corrección de los errores y la supervisión de las prestaciones de la capa. Entre los protocolos de la capa de red más utilizados se incluyen el *Internet Protocol (IP)* y el *Internetwork Packet Exchange (IPX)* de *Novell*.

Capa 4. Transporte

Esta capa es la responsable de seleccionar entre el servicio orientado a la conexión o a la sin-conexión para ser usado en la transferencia de datos entre dos nodos y de monitorear dicha comunicación para asegurarse que el nivel de calidad de la misma es el adecuado para el tipo de servicio seleccionado, notificando a las capas superiores en caso de que no sea así; en otras palabras el sistema garantiza que todos los bytes transmitidos lleguen a su destino en el orden en que fueron enviados. Así mismo, asegura la igualdad de transmisión y la velocidad de recepción, la gestión de tráfico de la red para evitar la congestión, a la vez que asegura un tiempo de transmisión razonable y el procesamiento de los mensajes de usuario pueden superar los problemas de tamaño impuestos por la red. Algunos de los protocolos de esta capa son *TCP (Transmission Control Protocol)* de *Internet*, *SPX (Sequenced Packet Exchange)* de *Novell* y *Net-BIOS/NetBEUI* de *Microsoft*.

Capa 5. Sesión

Como su nombre lo indica, esta capa se encarga de establecer y terminar "sesiones" de comunicación entre nodos, proporcionando los servicios necesarios para organizar, sincronizar y controlar el intercambio de datos entre los mismos y estableciendo los períodos en que éstos pueden transmitir y recibir

información ya sea en forma simultánea (*Full-duplex*) o en forma alternada (*Half-duplex*). Por ejemplo, gestiona las solicitudes de transporte de datos durante una sesión de comunicación. También es la que mantiene las transmisiones orientadas a la conexión.

Capa 6. Presentación

La capa de presentación define el formato de los datos para ser intercambiados entre las aplicaciones y ofrece a los programas de aplicación un conjunto de servicios de transmisión de datos. Por ejemplo, la compresión y encriptamiento de datos.

Capa 7. Aplicación

La capa de aplicación proporciona un medio para que los programas de aplicación accedan al ambiente *OSI*. Esta capa contiene las funciones de administración y generalmente los mecanismos totales para soportar aplicaciones distribuidas. Además, las aplicaciones de propósito general como son la transferencia de archivos, el correo electrónico y los administradores de bases de datos son consideradas para residir en esta capa.

3.4.2. Estándares IEEE 802

El *IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers)* ha establecido seis comités para desarrollar estándares para las redes de área local. Los grupos son conjuntamente llamados Comités de Estándares del *IEEE 802*. Los estándares desarrollados por los comités son:

- 802.1 *Higher Layers and Management (HLI)*

- 802.2 *Logical Link Control (LLC)*
- 802.3 *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)*
- 802.4 *Token Bus*
- 802.5 *Token Ring*
- 802.6 *Metropolitan Area Networks (MAN)*

Con excepción de los estándares 802.1 y 802.6, todos han sido aprobados por la Junta de Estándares del *IEEE*. El *IEEE* 802.1 es producto de las actividades coordinadas con el *ISO* y el *CCITT*. Su próximo trabajo incluye una capa para permitir la interconexión de *LANs* y *WANs*. El *IEEE* 802.6 está dirigido a los estándares de redes que caen entre las categorías de redes de área local y de área amplia.

Los estándares 802.3, 802.4 y 802.5 se detallarán en el siguiente capítulo, en el cual se estudiarán las principales redes de área local.

Relación entre los estándares 802 y el modelo OSI

El *IEEE* ha tratado de mantener las especificaciones del modelo *OSI* y el 802 tan compatibles como sea posible. Para ello, los comités 802 han dividido la capa de enlace de datos en dos subcapas: la de control de acceso al medio (*Medium Access Control, MAC*) y la de control de enlace lógico (*Logical Link Control, LLC*). Como se ilustra en la figura 3.5, los estándares 802.3, 802.4 y 802.5 abarcan la *MAC*. El 802.2 incluye la *LLC*.

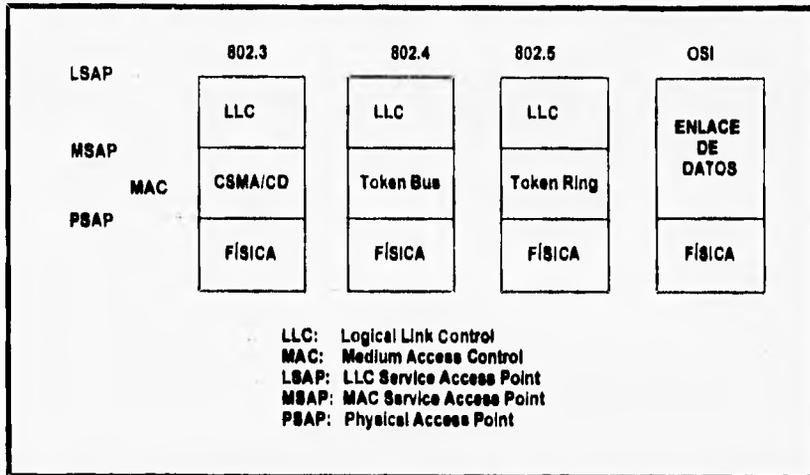


Figura 3.5. Comparación del IEEE 802 y el modelo OSI

La división *MAC/LLC* proporciona diferentes características importantes que dan a la red 802 una interfaz flexible dentro y fuera de una LAN:

1. Se controla el acceso al canal compartido entre los *DTEs* (*Data Terminal Equipment*) independientes
2. Proporciona un esquema descentralizado que reduce la susceptibilidad de errores en las LANs
3. Proporciona una interfaz más compatible con las redes de área amplia, puesto que el *LLC* es un subconjunto del *HDLC*
4. El *LLC* es independiente de un método de acceso específico; y el *MAC* es un protocolo específico

Las tres capas se comunican con el intercambio de primitivas³ y unidades de datos del protocolo (*Protocol Data Units, PDU*) a través de puntos de acceso al servicio (*Service Access Points, SAPs*⁴). La convención para llamar los *SAPs* son:

- *PSAP* *SAP* en la capa física
- *MSAP* *SAP* en la capa *MAC*
- *LSAP* *SAP* en la capa *LLC*

Opciones de conexiones con *LANs*

Cuando se desarrolló el trabajo del *IEEE 802*, se reconoció que el aspecto de la orientación a la conexión del modelo *OSI* limitaba el alcance y el poder de una red de área local. Primero, muchas aplicaciones no necesitaban la integridad de los datos proporcionadas por una red orientada a la conexión. Segundo, los procesos de aplicación de alto nivel no pueden tolerar el establecer y terminar las conexiones.

El problema es particularmente severo en la red de área local, con sus canales de alta velocidad y bajas tasas de errores. Muchas aplicaciones requieren comunicaciones muy rápidas entre los *DTEs*. Con esta problemática, los comités de estándares 802 han incluido el concepto de los sistemas sin-conexión (*datagrama*) dentro de los estándares. Los modos del *OSI* y de la conexión y sin-conexión del 802 son comparados en la figura 3.6. El modelo

³ Primitiva. Se entiende como primitiva a las transacciones de solicitud, indicación, respuesta y confirmación llevadas a cabo en los puntos de acceso al servicio (*SAPs*) para establecer comunicación entre dos dispositivos.

⁴ Un *SAP* (*Service Access Point*) es aquel en donde se efectúa el intercambio de información entre las capas.

orientado a la conexión del OSI es descrito en la figura 3.6a. Los dos usuarios, A y B, se comunican a través de un proveedor de servicio (por ejemplo una LAN) para A y un proveedor de servicio para B. El modelo orientado a la conexión muestra una solicitud de A, transportada a través de los proveedores de servicio, y recibida por B como se indica. En el proceso inverso, B da una

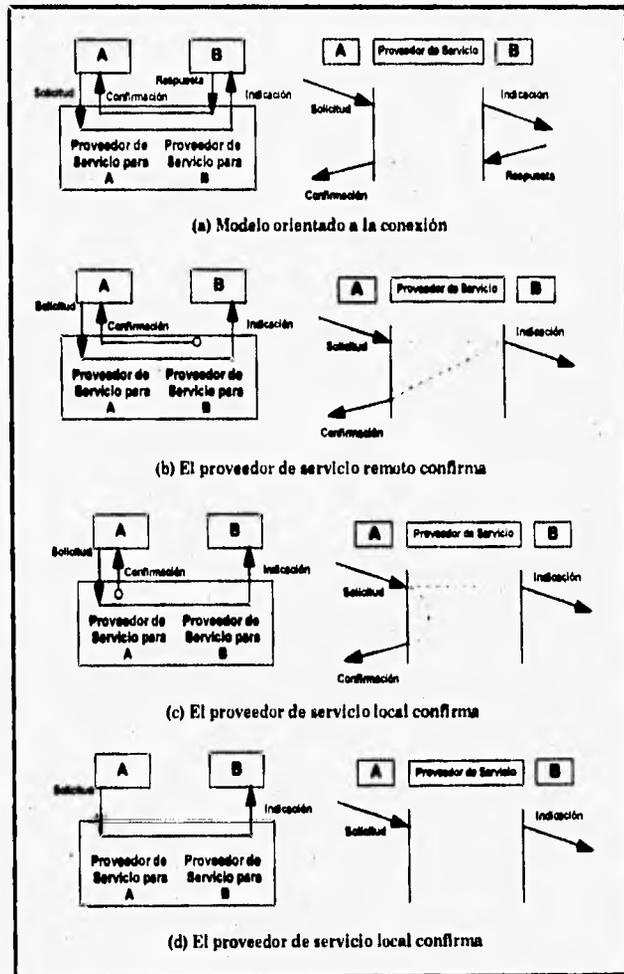


Figura 3.6. Modos OSI y 802 orientados a la conexión y a la sin-conexión

respuesta que es transportada a través de los proveedores de servicio y recibida por A como confirmación.

El modo de transferencia orientado a la conexión requiere que las tres partes estén de acuerdo. En la figura 3.6a, los usuarios A y B son dos partes, y el proveedor de servicio es la tercera parte.

Las otras tres ilustraciones de la figura 3.6 describen un servicio en el cual solo dos partes están de acuerdo- esto es, A y B, o A y el proveedor de servicio. En las figuras 3.6b y 3.6c, el proveedor de servicio conoce las conexiones. En la figura 3.6d, el proveedor de servicio no tiene prioridad de reconocimiento de los acuerdos individuales entre A y B. En los tres modos de la *IEEE*, toda la información requerida para liberar la unidad de datos es presentada al proveedor de servicios. Consecuentemente, las direcciones de destino, el protocolo de la información y los campos de verificación de error son enviados como una sola entidad a través de la red. Una vez que la información se intercambia entre A, B y el proveedor de servicio, no ocurre ninguna comunicación entre el proveedor de servicio y las capas del usuario con respecto al destino o disposición de la unidad de los datos. Esto no significa que las dos partes, A y B, no puedan estar de acuerdo antes de establecer la velocidad de transferencia y la tasa de error aceptables.

El proveedor de servicio considera la unidad de datos transmitida como totalmente ajena a otras transmitidas desde o para A y B. Consecuentemente, las unidades de datos proporcionadas por el proveedor del servicio no se liberan en un orden particular. La secuenciación no es parte del ambiente orientado a la sin-conexión. Esto da una considerable flexibilidad, porque el proveedor de servicio no necesita involucrarse en los detalles de la conexión de A y B.

Clases de servicio. Todas las redes 802 deben proporcionar el servicio orientado a la sin-conexión (Tipo 1). Opcionalmente, el servicio orientado a la conexión puede proporcionarse (Tipo 2). Las redes del tipo 1 no proporcionan reconocimiento, control de flujo y recuperación de errores; las redes del tipo 2 proporcionan reconocimiento, control de flujo y recuperación de errores. Actualmente, muchas redes del tipo 1 utilizan protocolos de alto nivel (por ejemplo, en la capa de transporte) para proporcionar esas funciones.

Protocol Data Units de las subcapas LLC y MAC

Las subcapas *LLC* y *MAC* emplean *PDU*s para comunicarse. Los formatos de las *PDU*s se muestran en la figura 3.7. La unidad *LLC* contiene una dirección de destino (*DSAP*), una dirección fuente (*SSAP*), un campo de control y un campo de información.

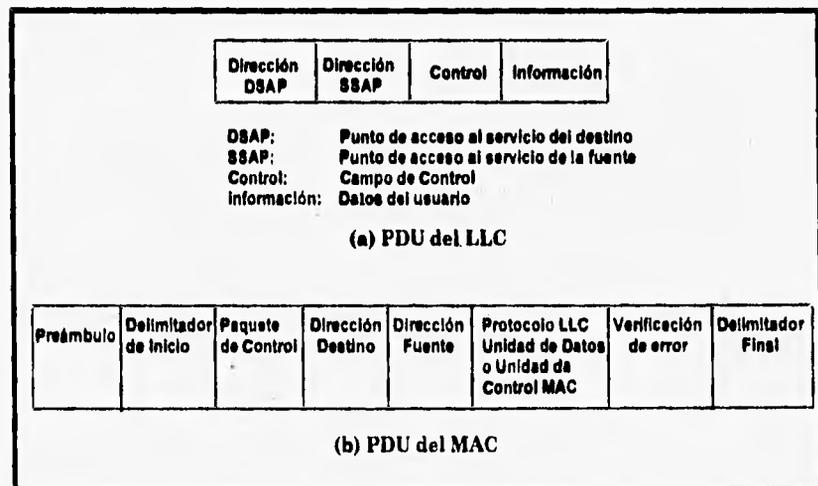


Figura 3.7. *PDU*s de los protocolos del IEEE 802

Clases de servicio. Todas las redes 802 deben proporcionar el servicio orientado a la sin-conexión (Tipo 1). Opcionalmente, el servicio orientado a la conexión puede proporcionarse (Tipo 2). Las redes del tipo 1 no proporcionan reconocimiento, control de flujo y recuperación de errores; la redes del tipo 2 proporcionan reconocimiento, control de flujo y recuperación de errores. Actualmente, muchas redes del tipo 1 utilizan protocolos de alto nivel (por ejemplo, en la capa de transporte) para proporcionar esas funciones.

Protocol Data Units de las subcapas LLC y MAC

Las subcapas *LLC* y *MAC* emplean *PDU*s para comunicarse. Los formatos de las *PDU*s se muestran en la figura 3.7. La unidad *LLC* contiene una dirección de destino (*DSAP*), una dirección fuente (*SSAP*), un campo de control y un campo de información.

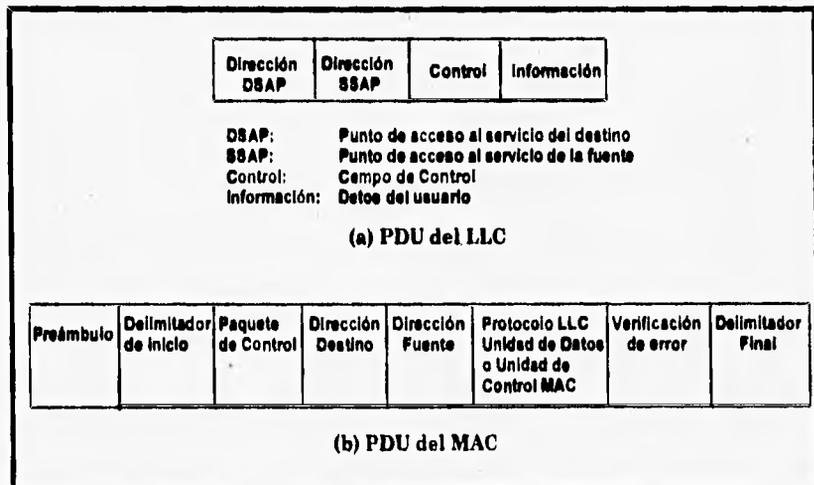


Figura 3.7. *PDU*s de los protocolos del *IEEE 802*

Un formato para la *PDU* de la subcapa *MAC* se muestra en la figura 3.7b. Esta unidad usualmente contiene el *PDU* del *LLC* así como campos para la sincronización y temporización (preámbulo y delimitador de inicio), un campo de verificación de error (verifica la secuencia del paquete), y las direcciones del destino y la fuente del *MAC*.

3.5. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

El medio de transmisión es el camino físico entre el transmisor y el receptor en una red de comunicación. En la figura 3.8 se aprecian los elementos básicos de un sistema de transmisión. La configuración más común es un enlace punto a punto entre dos dispositivos transmisor/receptor, los cuales a través de una interfaz apropiada colocan señales analógicas o digitales en el medio. Uno o más dispositivos intermedios pueden ser empleados para compensar la atenuación u otro deterioro de la transmisión. Los enlaces punto a punto son usados en una topología en anillo para conectar dispositivos adyacentes, y en una topología en estrella para conectar los dispositivos al *switch* central. Los enlaces punto a punto también son usados para conectar dos redes locales ubicadas en diferentes edificios. Los enlaces multipunto son usados para conectar múltiples dispositivos, como en una topología de bus. Los dispositivos se acoplan al medio en diferentes puntos, asimismo, los repetidores (señales digitales) o amplificadores (señales analógicas) se pueden usar para ampliar la longitud del medio.

Los medios de transmisión se pueden clasificar como guiados o no guiados. En ambos casos, la comunicación es en forma de ondas electromagnéticas. Con los medios guiados, las ondas son guiadas a lo largo de un camino físico. Ejemplos de medios guiados son el par trenzado, el cable coaxial y la fibra óptica, todos estos usados en redes locales. La atmósfera y el

espacio exterior son ejemplos de medios no guiados, los cuales proporcionan un medio para transmitir ondas electromagnéticas pero no tienen un camino que sirva de guía. Se emplean varias formas de transmisión a través de la atmósfera para conexiones entre edificios, como son las microondas y los infrarrojos.

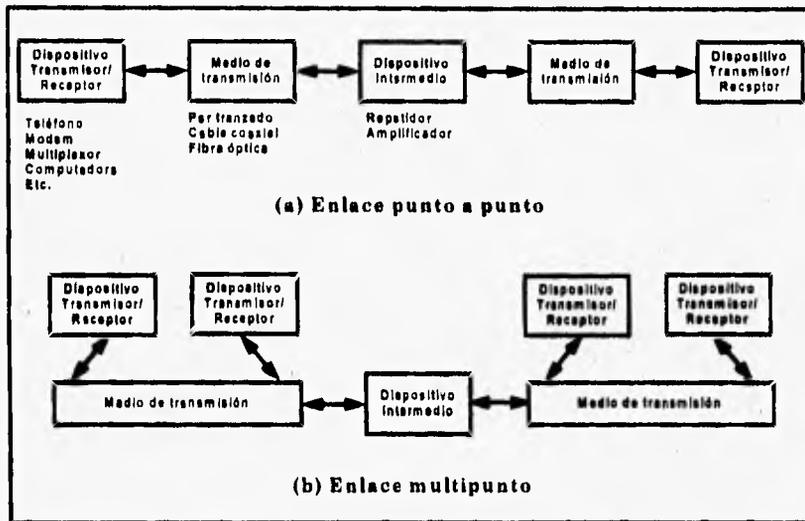


Figura 3.8. Diagrama de bloques simplificado de un sistema de transmisión

Enseguida se describirán los medios de transmisión guiados, basados en las siguientes características:

- **Descripción física:** la naturaleza del medio de transmisión.
- **Características de transmisión:** incluyendo si la señalización es analógica o digital, la técnica de modulación, la capacidad y el rango de frecuencias.
- **Conectividad:** punto a punto o multipunto.

- **Alcance geográfico:** La máxima distancia entre los puntos de la red, si es susceptible de utilizarse intraedificios, entre edificios y/o intra ciudades.
- **Inmunidad al ruido:** Resistencia del medio a degenerar los datos transmitidos.
- **Conectores:** Permiten conectar el medio de transmisión (cable) a los dispositivos.
- **Costo:** El costo de los componentes, instalación y mantenimiento.

3.5.1. Par trenzado

El medio de transmisión más común, para datos digitales y analógicos, es el par trenzado. Se ha usado en gran medida para conectar teléfonos en los edificios.

Descripción física

El par trenzado consiste de dos cables aislados que forman una espiral regular. Los cables son de cobre o de acero cubierto con cobre. El cobre proporciona la conductividad; el acero da la firmeza. Un par actúa como un enlace de comunicación. Típicamente, varios pares son envueltos en un solo cable, cubriéndolos con una vaina de protección dura. Para grandes distancias, los cables pueden tener cientos de pares. El trenzado de los pares individuales minimiza la interferencia electromagnética entre los mismos. Los cables en un

- **Alcance geográfico:** La máxima distancia entre los puntos de la red, si es susceptible de utilizarse intraedificios, entre edificios y/o intra ciudades.
- **Inmunidad al ruido:** Resistencia del medio a degenerar los datos transmitidos.
- **Conectores:** Permiten conectar el medio de transmisión (cable) a los dispositivos.
- **Costo:** El costo de los componentes, instalación y mantenimiento.

3.5.1. Par trenzado

El medio de transmisión más común, para datos digitales y analógicos, es el par trenzado. Se ha usado en gran medida para conectar teléfonos en los edificios.

Descripción física

El par trenzado consiste de dos cables aislados que forman una espiral regular. Los cables son de cobre o de acero cubierto con cobre. El cobre proporciona la conductividad; el acero da la firmeza. Un par actúa como un enlace de comunicación. Típicamente, varios pares son envueltos en un solo cable, cubriéndolos con una vaina de protección dura. Para grandes distancias, los cables pueden tener cientos de pares. El trenzado de los pares individuales minimiza la interferencia electromagnética entre los mismos. Los cables en un

par tienen un espesor de 0.016 a 0.036 pulgadas. En la figura 3.9 se muestra un cable de par trenzado.



Figura 3.9. Cable de par trenzado con cuatro hilos

Características de transmisión

El par trenzado puede usarse para transmitir señales analógicas y digitales. Para las señales analógicas, se requieren amplificadores cada 5 o 6 km. Para las señales digitales se usan repetidores cada 2 o 3 km.

El uso más común del par trenzado es la transmisión analógica de voz. Aunque los componentes de frecuencia de la voz se encuentra entre 20 Hz y 20 kHz, un ancho de banda más angosto es requerido para una reproducción inteligible de la voz. El estándar del ancho de banda de un canal de voz *full-duplex* es de 300 a 3400 Hz. En un solo par, varios canales de voz se pueden multiplexar utilizando *Frequency Division Multiplexing (FDM)*. Un ancho de banda de 4 kHz por canal proporciona una separación adecuada entre los canales. El par trenzado tiene una capacidad de soportar hasta 24 canales de voz utilizando un ancho de banda de hasta 268 kHz.

Los datos digitales pueden ser transmitidos en un canal analógico de voz utilizando un modem empleando *phase-shift keying (PSK)*. En un par de 24 canales, la velocidad de transmisión es de 230 kbps.

También es posible usar un par trenzado para señalización de banda base. La compañía Bell ofrece un circuito T1 de par trenzado que maneja 24 canales de voz *PCM (Pulse Code Modulation)*, con una velocidad de transmisión de 1.544 Mbps. Dependiendo de la distancia, se alcanzan altas velocidades de transmisión. Una velocidad de transmisión de 4 Mbps representa un límite razonable.

Conectividad

El par trenzado se usa en aplicaciones punto a punto o multipunto. Como un medio multipunto, el par trenzado es más barato, es una alternativa con baja eficiencia en comparación con el cable coaxial y soporta menos estaciones. Su uso más común es en los enlaces punto a punto.

Alcance geográfico

El par trenzado puede proporcionar transmisión de datos punto a punto en un rango de 15 km o más. El par trenzado para redes locales es típicamente utilizado en un edificio o en pocos edificios.

Inmunidad al ruido

Comparado con otro medio guiado, el par trenzado está limitado en distancia, ancho de banda y velocidad de transmisión. El medio es muy susceptible a la interferencia y al ruido a causa de su fácil acoplamiento con campos electromagnéticos. Por ejemplo, un cable puede estar colocado

paralelamente con una línea de corriente alterna de 60 Hz. Las señales en los pares adyacentes del cable pueden interferir con cada uno de los otros, este fenómeno se llama *cross-talk*.

Se pueden tomar diversas medidas para reducir los deterioros. Protegiendo el cable con un trenzado o con un revestimiento metálico reduce la interferencia. El trenzado del cable reduce la interferencia de baja frecuencia, y el uso de diferentes longitudes de trenzado en los pares adyacentes reduce el *cross-talk*. Estas medidas son efectivas para longitudes de onda mucho mayores que la longitud del trenzado del cable. La inmunidad al ruido puede ser tan alta como en el cable coaxial para transmisiones de baja frecuencia. Sin embargo, para un rango de 10 a 100 kHz, el cable coaxial tiene una mayor inmunidad al ruido.

Conectores

Los conectores para el par trenzado más comunes son:

- Los conectores D, que consisten de pines o sockets que se alojan dentro de un caparazón en forma de D (ver figura 3.10b).
- El conector de *IBM*, usado más en redes *token ring*.
- Los conectores tipo telefónico como el *RJ-11* (*Register Jack-11*) de 6 pines o el *RJ-45* de ocho pines (ver figura 3.10a), éste último utilizado frecuentemente en el cableado estructurado con par trenzado no blindado (*UTP*).

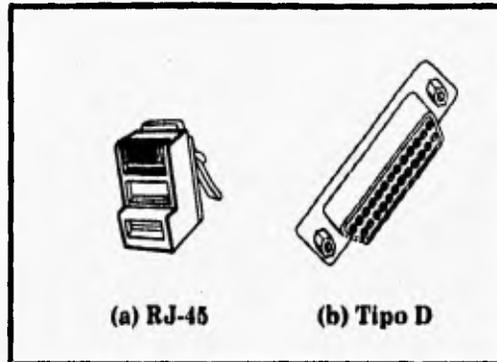


Figura 3.10. Conectores *RJ-45* y tipo *D* para par trenzado

Costo

El par trenzado es más barato que el cable coaxial o que la fibra óptica en costo por metro. Con respecto al costo de instalación, es muy similar al de los otros medios debido a sus limitaciones de conectividad.

3.5.2. Cable coaxial

El medio de transmisión más versátil para redes locales es el cable coaxial. En este momento se mostrarán las características de los dos tipos de cable coaxial más ampliamente usados en las aplicaciones de redes locales: el cable de 75 ohm, el cual es un estándar en los sistemas de televisión y el cable de 50 ohm, el cual es únicamente empleado para señales digitales, llamadas de banda base; el otro cable es utilizado para señales analógicas con *FDM*, llamada de banda ancha, también para señales digitales de alta velocidad y señales analógicas donde la *FDM* no es posible. Lo último a veces referido como un solo canal de banda ancha.

Descripción física

El cable coaxial, como el par trenzado, consta de dos conductores, pero están contruidos de modo diferente para permitir que operen en un amplio rango de frecuencias. Uno de los conductores es en forma de cilindro hueco que cubre al que se encuentra en el interior. El conductor interior puede ser sólido o en forma de cuerda, el conductor exterior puede ser sólido o trenzado. El conductor interior se mantiene en su lugar por unos anillos de material dieléctrico colocados a igual distancia o por un material dieléctrico sólido. El conductor exterior es cubierto con una malla. Un cable coaxial tiene un diámetro entre 0.4 y 1 pulgadas. En la figura 3.11 se aprecia la estructura de un cable coaxial.

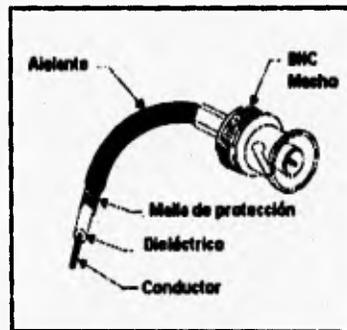


Figura 3.11. Cable coaxial

Características de transmisión

El cable de 50 ohm es usado exclusivamente para transmisiones digitales, utilizando codificación Manchester típicamente, alcanzando velocidades de transmisión de hasta 10 Mbps.

El cable de TV es utilizado para señalización digital y analógica. Para señales analógicas, las frecuencias son de 300 y 400 Mhz. La información analógica como el audio y el video puede ser manejada por el cable de 75 ohm de la misma forma como en las transmisiones de radio y TV. Los canales de TV ocupan un ancho de banda de 6 Mhz, un canal de radio requiere mucho menos. Es por ello que muchos canales pueden ser transmitidos en un cable utilizando *FDM*.

Cuando la *FDM* es utilizada, el cable de TV es referido como de banda ancha. El espectro de frecuencias del cable es dividido en canales, cada uno transmite señales analógicas. Además de la información analógica, también se pueden transmitir datos digitales en un canal. Varios esquemas de modulación son usados para los datos digitales, incluyendo *ASK*, *FSK* y *PSK*. La eficiencia del modem determinará el ancho de banda necesario para una velocidad de transmisión dada. Una regla que se maneja es considerar 1 Hz por bps, para velocidades de 5 Mbps o más y 2 Hz por bps para velocidades más bajas. Por ejemplo, una velocidad de transmisión de 5 Mbps puede ser transmitida en un canal de TV de 6 Mhz, mientras que un modem de 4.8 kbps debe usar alrededor de 10kHz.

Para alcanzar velocidades de transmisión de 20 Mbps, se considera lo siguiente:

1. Se requiere que el ancho de banda del cable de 75 ohm esté dedicado a la transferencia de la información
2. No utilizar *FDM*

Una opción es usar señales digitales, como se hace en el cable de 50 ohm. Una velocidad de transmisión de 50 Mbps se ha alcanzado con este esquema.

Otra alternativa es usar un sistema *PSK* utilizando una portadora de 150 MHz, con lo que se ha conseguido una velocidad de transmisión de 50 Mbps. Utilizando *FSK* se alcanzan velocidades de transmisión más bajas.

Conectividad

El cable coaxial es aplicable a configuraciones punto a punto y multipunto. En banda base el cable de 50 ohm puede soportar 100 dispositivos por segmento, con sistemas más grandes, es posible enlazar los segmentos con repetidores. El cable de 75 ohm, en banda ancha puede soportar miles de dispositivos. El uso de este tipo de cable en altas velocidades provoca problemas técnicos, por lo que se limita el número de dispositivos de 20 a 30.

Alcance geográfico

La distancia máxima en un cable típico de banda base está limitada a unos pocos kilómetros. Las redes de banda ancha pueden alcanzar rangos de decenas de kilómetros. La diferencia radica en la relativa integridad de las señales digitales y analógicas. Los tipos de ruido electromagnético frecuentemente encontrados en las zonas urbanas e industriales son relativamente de baja frecuencia, donde la mayor parte de la energía de las señales digitales reside. Las señales analógicas se pueden transportar en portadoras de la suficiente frecuencia para evitar los principales componentes del ruido.

La transmisión de alta velocidad (50 Mbps), digital o analógica, está limitada a 1 km. Debido a la alta velocidad de transmisión, la distancia física entre las señales en el bus es muy pequeña. Se puede tolerar una pequeña atenuación o ruido antes de que los datos se pierdan.

Inmunidad al ruido

La inmunidad al ruido de un cable coaxial depende de la aplicación y la implementación. En general, es superior que en el par trenzado para altas frecuencias.

Conectores

El tipo de conector más común para el cable coaxial es el BNC. Los conectores para el coaxial deben mantener la relación entre el conductor central y la malla, todos tienen un *pin* en el centro que conecta al conductor. El conector BNC se ilustra en la figura 3.12. Otro conector común es el N para el cable coaxial de 75 ohm.

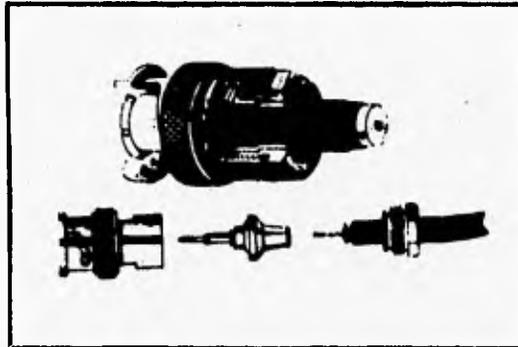


Figura 3.12. Estructura de un conector BNC

Cuando se tienen que conectar segmentos de coaxial, un conector de barril es empleado, el cual permite que los conectores terminales de ambos cables se alineen.

Los dispositivos que se conectan a la red usualmente emplean un conector T, ilustrado en la figura 3.13. Para instalar un conector T, el coaxial

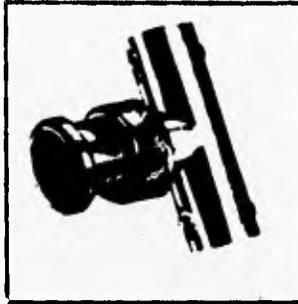


Figura 3.13. Conector tipo T para cable coaxial

principal debe cortarse y conectarse a la barra de la T con los conectores BNC. El dispositivo se conecta directamente a la base de la T. En la figura 3.14 se ilustra un terminador para cable coaxial, el cual se coloca al finalizar un segmento de cableado.

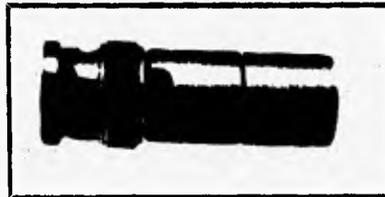


Figura 3.14. Terminador para los segmentos de coaxial

Costo

El costo de un cable coaxial se encuentra entre el precio del par trenzado y la fibra óptica.

3.5.3. Fibra óptica

Una fibra óptica es delgada (2 a 125 μm), un medio flexible capaz de conducir un rayo óptico. Los materiales que se usan para fabricar fibras ópticas son varios cristales y plásticos. La menor pérdida ha sido obtenida usando fibras de silicatos fundidos ultrapuros. Una fibra ultra pura es difícil de fabricar; las fibras de vidrio con multicomponentes altos en pérdidas son económicas y proporcionan buena eficiencia. La fibra plástica es todavía menos costosa y puede ser usada para enlaces cortos, para los cuales una pérdida moderada es aceptable.

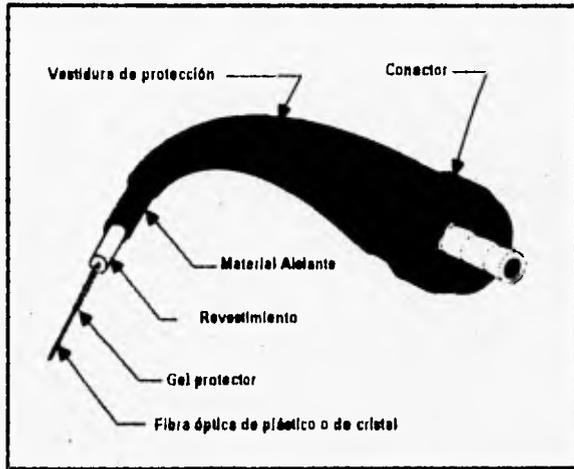


Figura 3.15. Fibra óptica

Un cable de fibra óptica tiene forma cilíndrica y consiste de tres secciones concéntricas: el centro, la cobertura y el forro. El centro es la sección más interna y consiste de una o más hebras sumamente delgadas o fibras, hechas de vidrio o de plástico. Cada fibra está rodeada por su propia cobertura,

un revestimiento de plástico o vidrio que tiene propiedades ópticas diferentes del centro. La capa exterior, que cubre uno o más paquetes de fibras, es el forro. El forro es de plástico o de otros materiales que protegen de la humedad, la abrasión, el aplastamiento y otros factores ambientales. En la figura 3.15 se muestra una fibra óptica.

Características de transmisión

La fibra óptica transmite una emisión codificada de luz por medio de la reflexión interna. La reflexión interna puede ocurrir en cualquier medio transparente que tiene un mayor índice de refracción que el medio que lo rodea. En efecto, la fibra óptica actúa como una guía de ondas para frecuencias del orden de 10^{14} a 10^{15} Hz, que cubre el espectro visible y una parte del espectro infrarrojo.

La figura 3.16 muestra el principio de la transmisión en la fibra óptica. La luz de la fuente entra al centro cilíndrico de vidrio o plástico. Los rayos con ángulos agudos son reflejados y propagados a lo largo de la fibra, los otros rayos son absorbidos por el revestimiento. Esta forma de propagación es llamada multimodo, refiriéndose a la variedad de ángulos que se reflejan. Cuando el radio del centro de la fibra es reducido, pocos ángulos son reflejados. Reduciendo el radio del centro de acuerdo a la longitud de onda, sólo un ángulo o modo puede pasar: el rayo axial. Esto proporciona una mayor eficiencia que el multimodo por la siguiente razón. Con la transmisión multimodo, existen múltiples caminos de propagación, cada uno con diferente longitud y por lo tanto diferente tiempo para recorrer la fibra. Esto causa que los elementos de la señal se extiendan en tiempo y se limite la velocidad de transmisión a la cual los datos se reciben correctamente. De aquí que en una transmisión monomodo no se sufre ninguna distorsión.

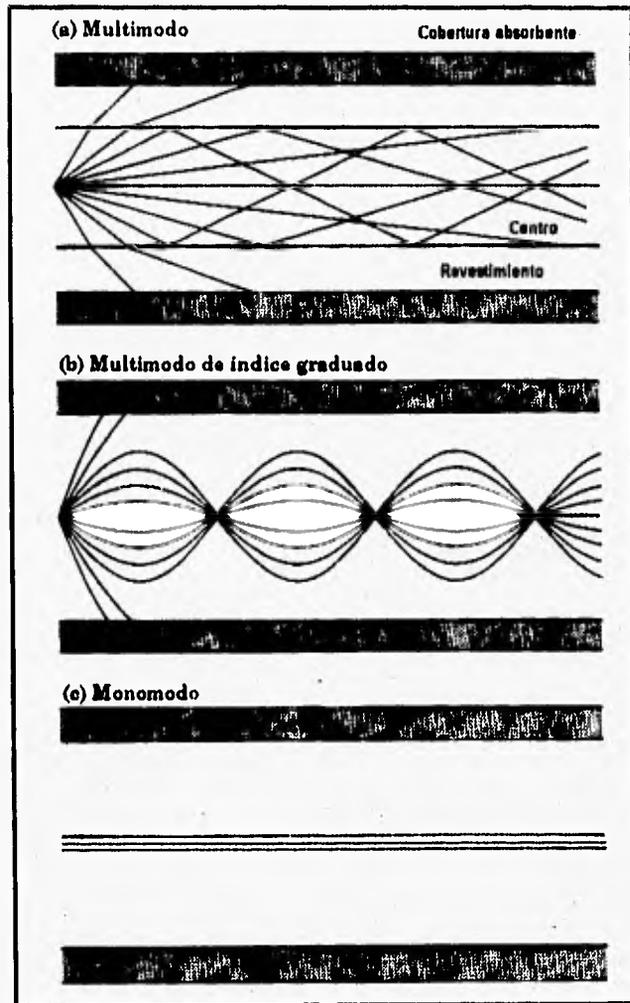


Figura 3.16. Modos de transmisión en la fibra óptica

Finalmente, variando el índice de refracción del centro, existe un tercer tipo de transmisión, conocida como multimodo de índice graduado. Las

características de este tipo se encuentra entre las dos anteriores. La refracción variable tiene el efecto de enfocar los rayos más eficientemente que en multimodo. La tabla 3.1 compara los tres modos de transmisión en fibra. Como se puede ver, se alcanzan grandes capacidades, sobrepasando el cable coaxial o el par trenzado.

Se pueden usar dos tipos de fuentes de luz en un sistema de fibra óptica, el diodo emisor de luz (*LED, light-emitting diode*) y el diodo láser (*ILD, injection laser diode*). El *LED* es un dispositivo de estado sólido que emite luz cuando una corriente es aplicada. El *ILD* es un dispositivo que trabaja con el principio del láser, en el cual los efectos de las partículas electrónicas son estimulados para producir un haz superradiante de un ancho de banda muy estrecho. El *LED* es más barato, opera en un rango de temperatura amplio y tiene una larga vida útil. El *ILD* es más eficiente y puede sostener grandes velocidades de transmisión.

El detector empleado en el receptor que convierte la luz en energía eléctrica es un fotodiodo, que básicamente cuenta fotones.

La técnica *ASK* es comunmente usada para transmitir los datos digitales en la fibra óptica, en este contexto, se conoce como modulación de la intensidad. Para los *LEDs* transmisores, el uno binario es representado por un pulso corto de luz y el cero binario por la ausencia de luz. Los transmisores láser normalmente tienen una corriente de bias fija que causa que el dispositivo emita un bajo nivel de luz. Este nivel bajo representa al cero binario, mientras una onda de luz con una gran amplitud representa el otro elemento de la señal.

En laboratorio se han alcanzado velocidades de transmisión tan altas como unos gigabits por segundo. Las actuales aplicaciones prácticas están en el rango de cientos de megabits por segundo en pocos kilómetros.

Tabla 3.1. Comparación de los tres tipos de fibra óptica

| | Multimodo | Multimodo de índice graduado | Monomodo |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Fuente de luz | LED o láser | LED o láser | láser |
| Ancho de banda | amplio (hasta 200 MHz/km) | muy amplio (200 MHz a 3 GHz/km) | extremadamente amplio (3 GHz a 50 GHz/km) |
| Uniones | Difícil | Difícil | Difícil |
| Aplicación típica | enlace de computadoras | líneas telefónicas moderadamente largas | largas líneas de telecomunicación |
| Costo | cara | más cara | mucho más cara |
| Diaméto del centro (μm) | 50 a 125 | 50 a 125 | 2 a 8 |
| Diaméto del revestimiento (μm) | 125 a 400 | 125 a 440 | 15 a 60 |

Existe una relación entre la longitud de onda empleada, el tipo de transmisión y la velocidad de transmisión alcanzada. En monomodo y multimodo se pueden soportar diferentes longitudes de onda de luz y se pueden emplear fuentes de luz láser o LEDs. En la fibra compuesta de vidrio, la luz se propaga mejor en tres distintas "ventanas" de longitudes de onda, centradas en 850, 1300 y 1500 nanómetros. La pérdida es baja en altas longitudes de ondas, permitiendo grandes velocidades de transmisión en largas distancias (Ver tabla 3.2). La mayoría de las aplicaciones locales usan fuentes de luz basadas en LEDs con longitud de onda de 850 nm. Aunque es relativamente barato, esta

combinación está generalmente limitada a velocidades de transmisión de 100 Mbps y a distancias de pocos kilómetros.

Tabla 3.2. Pérdida en la transmisión en varios tipos de fibra óptica

| Modo | Material Centro/Revestimiento | Pérdida en la transmisión, dB/km | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|---------|---------|
| | | 850 nm | 1300 nm | 1500 nm |
| Monomodo | Cristal de Silicato/ Cristal de Silicato | 2 | 0.5 | 0.2 |
| Multimodo | Cristal de Silicato/ Cristal de Silicato | 2 | 0.5 | 0.2 |
| | Cristal de Silicato/Plástico | 2.5 | Alta | Alta |
| | Cristal Multicompuesto / Cristal Multicompuesto | 3.4 | Alta | Alta |
| Multimodo de índice graduado | Cristal de Silicato/ Cristal de Silicato | 2 | 0.5 | 0.2 |
| | Cristal Multicompuesto / Cristal Multicompuesto | 3.5 | Alta | Alta |

Para alcanzar velocidades de transmisión altas a grandes distancias, se requiere un *LED* de 1300 nm o una fuente láser.

Actualmente, una sola frecuencia para la portadora es utilizada para la transmisión en fibra óptica. En un futuro se espera que se empleen sistemas con *FDM*, también referidos como multiplexión por división de longitud de onda o multiplexión por división de color.

Conectividad

El enlace punto a punto es la aplicación más común de la fibra óptica. Los sistemas experimentales multipunto que se han llegado a construir emplean una topología de bus, pero son extremadamente costosos para ponerse en práctica. En principio, sin embargo, un solo segmento de fibra óptica puede

soportar mucho más puntos de conexión que el cable coaxial o el par trenzado, debido a que tiene poca pérdida de energía, una baja atenuación y un gran ancho de banda potencial.

Alcance geográfico

La tecnología soporta transmisiones sobre distancias de 6 a 8 km sin repetidores. Por lo cual, con la fibra óptica se pueden enlazar redes locales de diferentes edificios a través de enlaces punto a punto.

Inmunidad al ruido

La fibra óptica no es afectada por interferencia electromagnética o ruido. Esta característica permite altas velocidades de transmisión en largas distancias y provee una excelente seguridad.

Conectores

El conector SMA (*Subminiature Assembly*) para fibra óptica, mostrado en la figura 3.16a, ha sido utilizado ampliamente en instalaciones de teléfono antes de la introducción del conector tipo ST (*Straight Tip*), mostrado en la figura 3.16b.

Costo

Los sistemas de fibra óptica son más costosos que los de cable coaxial o par trenzado por cada metro y por los componentes requeridos (transmisores, receptores y conectores). Mientras que los costos del cable coaxial y del par trenzado no van a reducirse, los avances en la ingeniería permitirán reducir el costo de la fibra óptica para que sea competitiva con los otros medios.

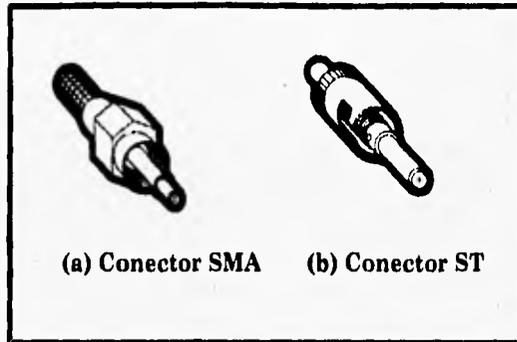


Figura 3.16. Conectores para fibra óptica

3.6. DISPOSITIVOS PARA LA INTERCONEXIÓN

Para que un equipo, tal como una computadora, pueda comunicarse con otros dispositivos a través de una red, es necesario que cuente con un componente que realice esta tarea, a dicho componente se le llama tarjeta de interfaz de red (*NIC, Network Interfaz Card*).

También pudiera ser necesario que una red local creciera en dispositivos, para lo cual se tendrían que usar repetidores (*repeaters*) y concentradores (*hubs*).

En la mayoría de los casos, una red local no es una entidad aislada. Una corporación puede tener más de un tipo de red local en un solo lugar, para satisfacer sus diferentes necesidades, o bien, puede tener redes locales en varios lugares y necesite interconectarlas, para tener un control central y poder intercambiar información distribuida.

Una interconexión de un conjunto de redes, desde el punto de vista del usuario, puede parecer simplemente como una gran red. Sin embargo, si cada una de las redes conserva su identidad, entonces será necesario tener mecanismos especiales para comunicar las múltiples redes. Esta configuración es referida como interred y cada una de las redes componentes como subred.

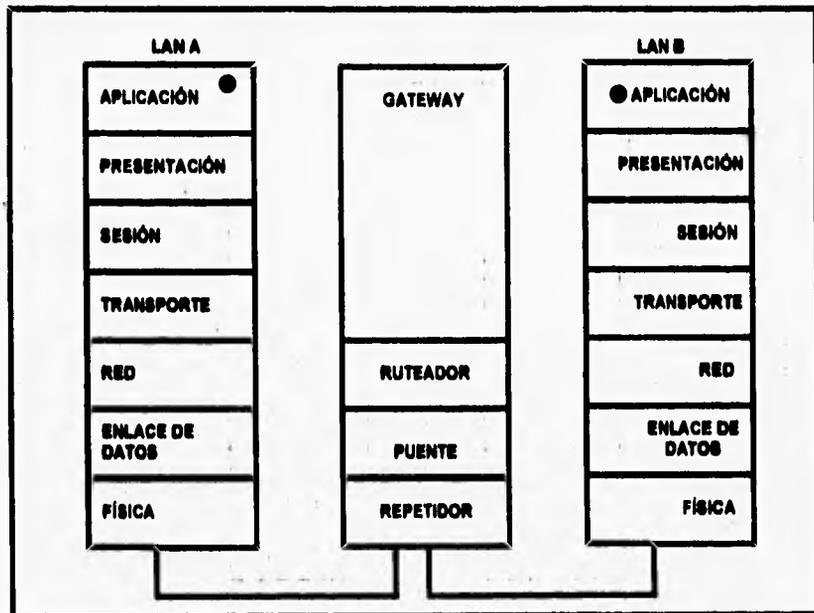


Figura 3.17. Dispositivos de interconexión

Existen dispositivos para interconectar las subredes, como son: los puentes (*bridges*), los enrutadores (*routers*) y *gateways*. Estos dispositivos proporcionan un camino de comunicación y la lógica necesaria para que los datos puedan intercambiarse entre las subredes. La diferencia entre estos radica en los tipos de protocolos usados para la lógica del intercambio de datos. Como se puede observar en la figura 3.17, un repetidor trabaja en la capa 1 del modelo *OSI*, un puente en esencia opera en la capa de enlace de datos que

actúa como un *relay* de paquetes entre las redes. Un enrutador opera en la capa 3 del *OSI*, y enruta los paquetes entre los diferentes tipos de redes. El *gateway* trabaja en la capa 7 y proporciona el enlace entre diferentes arquitecturas de redes (por ejemplo *OSI* y *SNA*) en la misma red o en diferentes redes.

3.6.1. Tarjeta de interfaz de red

Las tarjetas de interfaz de red son adaptadores instalados en una computadora que proporcionan el punto de conexión a una red. Cada tarjeta se diseña para un tipo específico de red, por ejemplo *Ethernet*, *Token Ring* o *FDDI*. Las tarjetas de red funcionan en la capa física de acuerdo al modelo *OSI* y proporcionan un punto de conexión para un tipo específico de cable, como coaxial, par trenzado o fibra óptica. Las tarjetas de red para *LAN* inalámbrica disponen de una antena para comunicarse con una estación base.

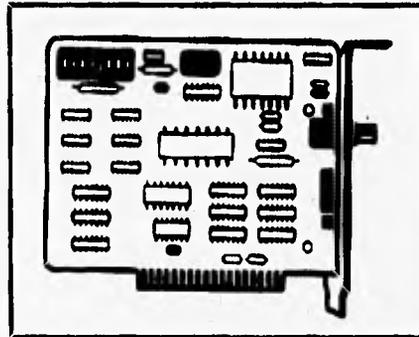


Figura 3.18. Tarjeta de interfaz de red

En la figura 3.18 se muestra una tarjeta de interfaz de red, la cual tiene características mecánicas y eléctricas específicas. En las especificaciones mecánicas se definen los métodos de conexión física del cable. En las especificaciones eléctricas se definen los métodos de transmisión de los flujos de

bits por el medio y las señales de control que proporcionan la temporización de las transferencias de datos por la red. En la tarjeta de interfaz de red también se definen los métodos de acceso al cable, de acuerdo con los estándares o normas *IEEE 802.x* u otras.

Los circuitos de las tarjeta manejan muchas funciones de comunicación de la red. Para preparar la transmisión de datos se realiza un proceso de acuerdo mutuo entre dos estaciones, con el que se fijan los parámetros de fin de temporización y tamaño de búfer. Una vez fijados los parámetros de la comunicación comienza la transmisión de los paquetes de datos. En primer lugar, una conversación de paralelo a serie transforma los datos para su transporte en forma de señales eléctricas (un flujo de bits) por un cable. En segundo lugar, en algunos casos los datos se codifican y comprimen para mejorar la velocidad de transmisión.

Con el direccionamiento global se asegura que cada tarjeta de interfaz de red tenga una dirección exclusiva de identificación de nodo. Las direcciones de tarjetas de *token ring* y *Ethernet* vienen prefijadas en la tarjeta, mientras que el usuario puede seleccionar mediante conmutadores las direcciones de *ARCNET*. El comité del *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)* es el encargado de asignar direcciones a tarjetas de red *token ring* y *Ethernet*. A cada fabricante se le da un código exclusivo de un bloque de direcciones y es conveniente apuntarla para una referencia futura. También se puede utilizar una utilidad de diagnóstico suministrada con la tarjeta para determinar su dirección después de haberla instalado en un sistema. La dirección también puede encontrarse en una etiqueta pegada a la tarjeta.

La mayoría de las tarjetas de red vienen con una base para un *PROM (Programmable Read Only Memory)* para un arranque remoto que se utiliza en las estaciones de trabajo sin disco que no pueden arrancar por sí mismas y

tienen que hacerlo desde el servidor de la red. Una estación de trabajo sin disco es más barata que un sistema con unidades de disco flexible y fijo. También es más segura, porque los usuarios no pueden copiar datos de importancia en discos o introducir virus u otro *software* no autorizado.

3.6.2. Repetidor

Un repetidor es un dispositivo que trabaja en la capa física del modelo *OSI*, el cual recibe una transmisión de un segmento de *LAN* y regenera la señal, es decir, eleva la potencia de las transmisiones debilitadas, ya que podría ocurrir el distorsionamiento de la señal. Si los datos estuvieran dañados podrían no detectarse o reducirían sustancialmente la transmisión real de datos porque se forzaría la retransmisión.

Los repetidores proporcionan un punto para la administración de la red, también dan la opción de enlazar diferentes tipos de medios de transmisión, por ejemplo, fibra óptica y par trenzado.

Los repetidores pueden ser considerados como parte del cableado porque únicamente permiten hacer más grandes los segmentos de las *LANs*.

3.6.3. Concentrador

El concentrador es un dispositivo que regenera y amplifica señales y su principal característica es que cuenta con varios puertos para conectar los dispositivos de la red, es por esto que se puede conseguir una topología física de estrella. Al igual que un repetidor trabaja en la capa 1 del modelo *OSI*.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

3.6.4. Puentes

El puente es un dispositivo diseñado para usarse entre redes locales que usan los mismos protocolos para las capas físicas y de enlace de datos del modelo *OSI* (por ejemplo, todas *Ethernet* o *FDDI*). Debido a que todos los dispositivos usan los mismos protocolos, la cantidad de procesamiento requerida de un puente es mínima.

Este dispositivo actúa como un filtro de direcciones, porque lee los paquetes de cada uno de los segmentos de la red y sólo enruta los paquetes entre segmentos cuando son direccionados a otro distinto del que está leyendo en ese momento.

La figura 3.19 ilustra la operación de un puente entre dos redes, A y B. El puente realiza las siguientes funciones:

- Lee todos los paquetes transmitidos en A y acepta los direccionados a las estaciones en B.
- Utilizando el protocolo de control de acceso al medio de B, retransmite los paquetes en B.
- Realiza las mismas operaciones para el tráfico de B a A.

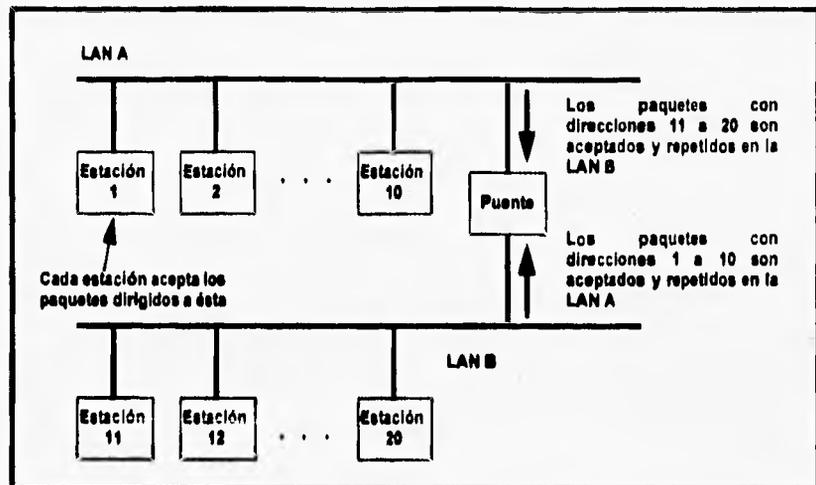


Figura 3.19. Operación de un puente

Además de las tres funciones básicas, hay algunas consideraciones:

1. El puente no hace modificaciones al contenido o al formato de los paquetes.
2. El puente debe contener suficiente memoria para reconocer todos los paquetes. En un período de tiempo corto, los paquetes deben llegar rápidamente para que puedan ser retransmitidos.
3. El puente debe ser inteligente para el direccionamiento y el enrutamiento. Como mínimo, los puentes deben conocer las direcciones de cada red para saber cuáles paquetes debe dejar pasar. Tal vez, podría haber más de dos redes en cascada, entonces el puente debe ser capaz de permitir el paso de paquetes a las redes que no estén directamente conectadas a sí mismo.

4. El puente debe poder conectar más de dos redes.

Dependiendo de las circunstancias, existen diferentes razones para conectar múltiples LANs:

- **Confiabilidad:** El peligro de conectar todos los dispositivos de procesamientos de datos en una sola red podría ocasionar que una falla en la red deshabilitara la comunicación para todos los dispositivos. Usando puentes, la red puede ser seccionada en pequeñas unidades.
- **Eficiencia:** En general, la eficiencia de una red local decae con el incremento del número de dispositivos o la longitud del medio. Varias redes pequeñas a menudo darán mejoras en la eficiencia, si los dispositivos pueden agruparse para que el tráfico intra-red exceda significativamente al tráfico entre las redes.
- **Seguridad:** El establecimiento de múltiples redes puede mejorar la seguridad de las comunicaciones. Es deseable mantener diferentes tipos de tráfico (por ejemplo, contabilidad, personal, planeación) que tengan diferentes necesidades de seguridad o medios físicos separados. Así mismo, los diferentes tipos de usuarios con diversos niveles de seguridad necesitan comunicarse a través de mecanismos controlados y monitoreados.
- **Geografía:** Es claro que se necesita apoyar con dispositivos que agrupen dispositivos a dos redes que están separadas geográficamente. Por ejemplo, que se encuentren en dos edificios.

La descripción anterior se aplica a puentes simples, no obstante existen más sofisticados que pueden ser usados en redes más complejas. Estos incluyen las siguientes funciones:

- Cada puente puede mantener el estado de la información de otros puentes, junto con el número de saltos de puente a puente para alcanzar cada red. Esta información se puede actualizar periódicamente intercambiando la información entre los puentes. Permitiendo que los puentes realicen una función de enrutamiento dinámico.
- Un mecanismo de control puede manipular la memoria en el manejo de los paquetes para evitar la congestión. Bajo condiciones de saturación, el puente puede dar prioridad a enrutar paquetes sobre los nuevos paquetes que apenas están entrando a la interred desde una red conectada, esto preserva la inversión en el ancho de banda de la línea y el tiempo de procesamiento ya realizado al enrutar un paquete.

3.6.5. Enrutador

Los puentes son sólo aplicables a una configuración de redes similares. Por supuesto, en muchos casos, una organización necesitará tener acceso a dispositivos de una amplia variedad de redes. Por ejemplo, como se muestra en la figura 3.20, una organización puede disponer de una arquitectura de LAN como se ve en la figura, con diferentes tipos de redes locales usadas para diferentes propósitos. También, puede requerir tener acceso a dispositivos de una red de área amplia. Ejemplos de lo anterior son fuentes de información

pública o aplicaciones de consultas, transacciones de bases de datos y transferencia de información.

Un dispositivo de propósito general que puede ser empleado para conectar diferentes tipos de redes y que opera en la capa 3 del modelo *OSI* es conocido como enrutador.

Casos en los que se requiere un enrutador

En este momento se distinguirán varios casos de conexión de redes, posteriormente se identifican los casos en los que se requiere usar un enrutador:

1. **LAN a LAN:** Un usuario o un proceso de aplicación en una *LAN* desearía contactar a un usuario o a un proceso de aplicación en otra red. Las posibilidades incluyen:
 - a. Un enlace punto a punto, en redes homogéneas.
 - b. Un enlace de red, en redes homogéneas.
 - c. Un enlace punto a punto, en redes heterogéneas.
 - d. Un enlace de red, en redes heterogéneas.

2. **LAN a WAN:** En este caso, algunas o todas las *LANs* suscritas necesitarán tener acceso a los servicios de una red de área amplia. Existen dos posibilidades:
 - a. Un enlace de un *host* a la *WAN*: Cada *host* que requiera un enlace a la *WAN* establecerá uno independiente de la *LAN*.

- b. Un enlace de la LAN a la WAN: Como un servicio, la LAN establece un enlace a la red de área amplia el cual puede ser multiplexado para proporcionar acceso a múltiples hosts.

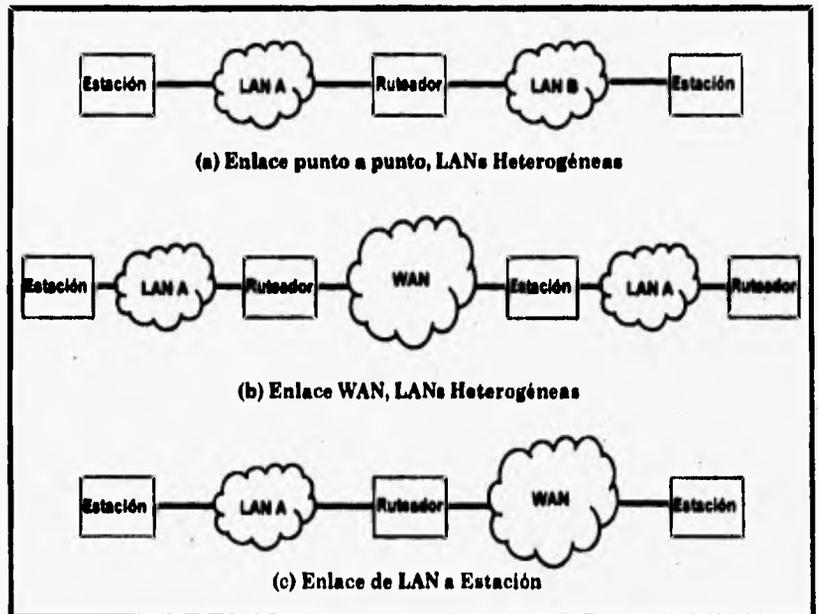


Figura 3.20. Diferentes tipos de enlace entre estaciones

De los anteriores casos, tres no son realmente problemas de interconexión. El caso 1(a) puede ser resuelto con un puente. El caso 1(b) puede resolverse también con un puente, con una adaptación especial para manejar el protocolo de una gran red. El caso 2(a) no es ningún problema de interconexión porque cada *host* de la LAN es responsable de su propio enlace a la red de área amplia y de implementar los protocolos de esa red, la LAN no está involucrada.

Los tres casos restantes requieren algún tipo de lógica o protocolo que vaya más allá de los que se necesitan para el enrutamiento y la liberación. Esta lógica puede ser considerada para residir en un enrutador. La figura 3.20 describe los tres casos. Los requerimientos de interconexión son los mismos para todos. En esencia, se permitirá una comunicación de proceso a proceso a través de más de una red.

Antes de describir la arquitectura necesaria para dar el servicio de la figura 3.20, se listarán algunos requerimientos para facilitar la interconexión. Se incluyen:

1. Proporcionar un enlace entre redes. Como mínimo, un control físico y de enlace es necesario.
2. Proporcionar el enrutamiento y la liberación de datos entre los procesos de las diferentes redes.
3. Dar un servicio de registro que mantenga la memoria del uso de las diversas redes y *gateways*, y el estado de la información.
4. Prestar los servicios anteriormente listados sin la necesidad de modificar la arquitectura de las redes a conectar. Esto significa que las prestaciones de la interconexión deben adaptarse a las diferencias entre las redes. Esto incluye:
 - Esquemas de direccionamiento distinto. Las redes pueden usar diferentes esquemas de nombres y direcciones. Alguna forma de direccionamiento de la red global debe proporcionarse, así como un servicio de directorio.

- **Diferentes tamaños de paquetes.** Los paquetes de una red pueden ser partidos en pequeñas piezas de otra. A este proceso se le llama segmentación.
- **Interfaz de red diferentes.** Se refiere a los diversos protocolos que utilicen las redes en la capa 3 del modelo *OSI*.
- **Diferentes tiempos de espera.** Generalmente, un servicio de transporte orientado a la conexión va a esperar un reconocimiento hasta que el tiempo de espera se termine, al finalizar la espera se retransmitirá el segmento de datos. Generalmente, largos tiempos son requeridos para una liberación exitosa a través de múltiples redes. Los procedimientos de temporización de la interconexión deben permitir transmisiones exitosas evitando retransmisiones innecesarias.
- **Recuperación de error.** Los procedimientos de intrared deben proporcionar cualquier recuperación de error hasta que el servicio se haya finalizado. El servicio de interred no debe interferir con la capacidad de recuperación de errores de las redes individuales.
- **Reporte del estado.** Las diferentes redes reportan el estado y el desempeño de la red de manera distinta. A pesar de esto, debe ser posible que las prestaciones de la interconexión proporcionen dicha información de la actividad de la interred.

- **Técnicas de enrutamiento.** El enrutamiento dentro de la interred debe depender de las técnicas de control de detección de fallas y congestión de cada una de las redes. Esta prestación, debe ser capaz de coordinar dichas técnicas para adaptar el enrutamiento de datos entre los dispositivos de la interred.
- **Control de acceso.** Cada red tiene sus propias técnicas de control de acceso. Estas deben ser solicitadas por las prestaciones de la interred. No obstante, se requiere una técnica de control de acceso a la interred.
- **Conexión, sin-conexión.** Las redes individuales pueden proporcionar servicios orientados a la conexión y otros a la sin-conexión. El servicio de la interred no debe depender de la naturaleza del servicio de la conexión para las redes individuales.

Arquitectura del protocolo

La operación de un enrutador, como se indica en la figura 3.17, depende del protocolo de la capa 3 (capa de red) del modelo *OSI*, algunas veces conocido como *internet protocol (IP)*. La figura 3.21 describe un ejemplo típico, en el cual dos *LANs* son interconectadas por una red de área amplia. La figura muestra las operaciones involucradas para la transferencia de datos desde la estación A de la *LAN 1* y la estación B de la *LAN 2*. Las dos estaciones y los enrutadores deben compartir un protocolo de red común. Además, para que la comunicación sea exitosa, las dos estaciones deben compartir los mismos protocolos arriba de la capa 3.

Los datos para enviarse por A son pasados abajo del protocolo de red de A. El *IP* coloca encabezados, especificando entre otras cosas, la dirección global de B de la interred. Esta dirección se divide en dos partes: el identificador de la red y el identificador de la estación. El resultado es llamado unidad de datos del protocolo de red, o simplemente datagrama. El datagrama es entonces encapsulado con el protocolo de la *LAN* y enviado al enrutador que extrae el encabezado de la *LAN*, después es encapsulado con el protocolo de la *WAN* y transmitido a través de la red a un enrutador que extrae los campos del protocolo de la *WAN* y recupera el datagrama, al cual se le insertan los encabezados de la *LAN 2* y se envían a B. Si el servicio orientado a la conexión es requerido, A y B deben compartir un protocolo común en la capa 4 del modelo *OSI*.

Con el siguiente ejemplo, se describe brevemente la secuencia de pasos involucrados en enviar un datagrama entre dos estaciones de diferentes redes. El proceso comienza en la estación transmisora. La estación A desea enviar un datagrama *IP* a la estación B de otra red. El módulo *IP* en A estructura el encabezado del datagrama con la dirección global de B de la interred y reconoce que el destino está en otra red. Así que el primer paso es enviar el datagrama al enrutador X. Para hacer esto, el módulo *IP* pasa el datagrama hacia la capa inferior (en este caso la de enlace de datos) con las intrucciones de enviarlo al enrutador. El encabezado en esta capa va a contener la dirección del enrutador. En el ejemplo, es la dirección de la capa de control de acceso al medio del enrutador X de la *LAN 1*.

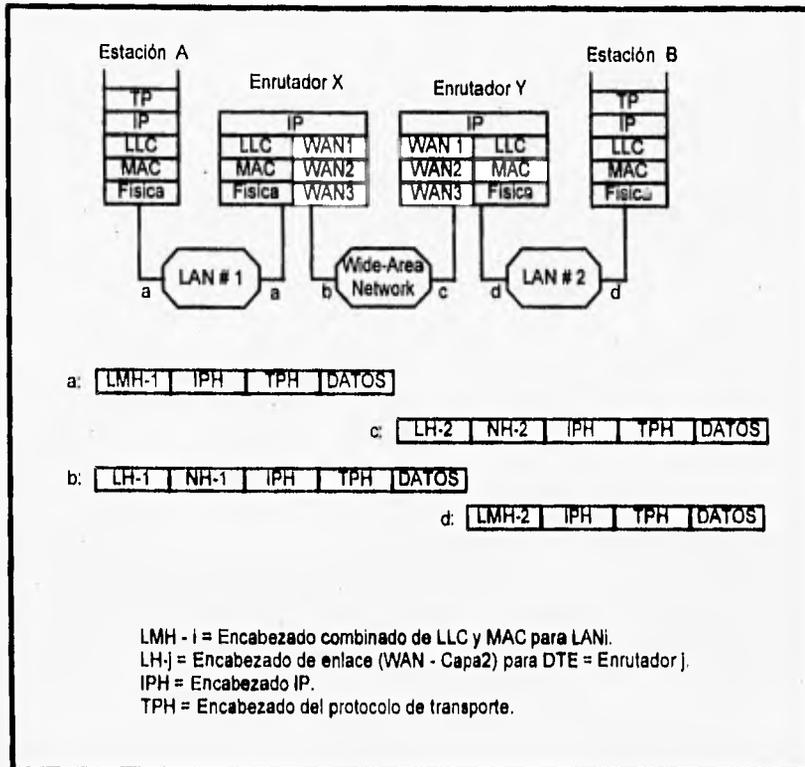


Figura 3.21. Encapsulación del mensaje (IP)

Lo siguiente es que el paquete viaje a través de la LAN 1 al enrutador X. El enrutador extrae los encabezados de la MAC y el LLC y analice el encabezado IP para determinar si el datagrama contiene información de control destinado para sí mismo, o si los datos son enviados a otra estación. En el ejemplo, los datos son enviados para la estación B. El dispositivo debe entonces decidir la ruta. Hay tres posibilidades:

1. La estación B está conectada directamente a una de las subredes a las que está acoplado el enrutador

2. Para alcanzar el destino, uno o más enrutadores deben atravesarse

3. El enrutador no conoce la dirección de destino

En el caso 1, el enrutador envía el datagrama directamente al destino. En el caso 2, una debe tomar una decisión de enrutamiento: ¿A cuál enrutador debe enviarse el datagrama? En ambos casos, el enrutador envía el datagrama a las capas inferiores con la dirección de la estación de destino. Recordando, que se está hablando de la dirección de la capa inferior referida a esta red (a la dirección de la capa 3 de la WAN, y la dirección MAC de la LAN). En el caso 3, el enrutador regresa un mensaje de error a la fuente del datagrama.

En este ejemplo, los datos deben ser encaminados a través del enrutador Y antes de alcanzar su destino. Así que el enrutador X estructura un paquete añadiéndole un encabezado de WAN a la unidad de datos IP que contiene la dirección del enrutador Y. Cuando este paquete llega al enrutador Y, el encabezado del paquete es extraído. El enrutador determina que la unidad de datos IP es para B, la cual está conectada directamente a la red en donde el enrutador se encuentra. El enrutador entonces crea el paquete MAC con una dirección de destino y lo envía hacia la LAN 3.

En cada enrutador, antes de enviar los datos, debe segmentarse el datagrama en paquetes del tamaño mínimo permitidos por las redes conectadas. El datagrama es dividido en dos o más segmentos, cada uno de los cuales llega a ser un datagrama IP independiente. A cada datagrama nuevo se le añade un paquete de las capas inferiores y se encola para la transmisión. El enrutador también debe limitar la longitud de la cola para cada red que está conectada evitando que una red sea más lenta que otra. Una vez que el límite

de la cola es alcanzado, los datagramas adicionales son simplemente desechados.

El proceso anteriormente descrito continúa tantas veces como el número de enrutadores que se atraviesen para alcanzar el destino. Como un enrutador, el *host* de destino recobra el datagrama *IP* desde su red. Si la segmentación ocurrió, el *host* de destino almacena los módulos *IP* hasta que los datos se integren por completo. Este bloque de datos es entonces pasado a las capas superiores en el *host*.

El protocolo de red no garantiza que todos los datos sean liberados o que todos los datos sean liberados en el orden correcto. Esto es responsabilidad de las capas superiores, la capa de transporte, para recobrase de cualquier error que haya ocurrido.

Con el alcance del protocolo de red, cada unidad de datos es pasada de enrutador a enrutador en un intento desde la fuente al destino. La liberación no está garantizada, debido a que no hay un requerimiento de confiabilidad particular en cualquiera de las subredes. De esta manera el protocolo trabajará con cualquier combinación de tipos de subredes. La secuencia de la liberación no está garantizada, las unidades sucesivas de datos pueden seguir diferentes caminos a través de la interred. Esto permite que el protocolo reaccione a la congestión y a las fallas en la interred con el cambio de rutas.

3.6.6. Gateway

Los enrutadores y los puentes pueden resolver problemas de integración de redes en un ambiente en el que todos los dispositivos estén implementados con protocolos compatibles en las capas superiores del modelo *OSI*. Esta es una

situación ideal a la cual las organizaciones debieran apearse. Sin embargo, existen muchos casos en los cuales una organización tiene instalada una arquitectura de red propietaria, como *SNA (System Network Architecture de IBM)*. La inversión en un sistema propietario es muy cara como para intentar reemplazar todo el *software* de comunicaciones por un *software* basado en el modelo *OSI*. No obstante, estas organizaciones desean tener acceso a productos basados en una gran variedad de fabricantes basados en el modelo *OSI*.

El *gateway* proporciona un ambiente que permite la coexistencia de productos basados en el *OSI* y productos propietarios, además provee la administración de herramientas necesarias para planear e implementar una suave migración a una estrategia exclusivamente *OSI*. Como se ilustra en la figura 3.17, el *gateway* es un dispositivo que conecta diferentes arquitecturas de red, implementando una conversión en el nivel de aplicación. El *gateway* por sí mismo utiliza las siete capas del modelo *OSI* más todas las capas de la arquitectura propietaria.

El *gateway* es usado como un organizador de área para transferir información en dos pasos. Por ejemplo, consideremos una transferencia de archivo. La figura 3.22 muestra una red que está conectada por dos conjuntos de dispositivos: unos que están implementados con los protocolos del *OSI* y otros que están implementados con una arquitectura propietaria como *SNA*. En el mundo *OSI*, el estándar para transferir archivos es *FTAM (File Transfer, Access and Management)*. Dos estaciones basadas en *OSI* pueden intercambiar archivos usando *FTAM*. Similarmente, dos estaciones con arquitecturas propietarias puede intercambiar archivos utilizando la aplicación de transferencia de archivos propietaria. Si una transferencia mezclada es intentada desde una estación *OSI* a una estación de *software* propietario, entonces la estación emisora automáticamente envía el archivo a un *gateway*

utilizando *FTAM*. El *gateway* acepta el archivo y lo transfiere al destino utilizando el protocolo de transferencia de archivos propietario. Una transferencia en la dirección contraria procede de manera similar. De la misma forma, otras aplicaciones, como el correo electrónico, pueden ser realizadas via el *gateway*. En consecuencia, el *gateway* debe contener las versiones del modelo *OSI* y de la arquitectura propietaria de cualquier aplicación como un servicio del mismo.

Existen diferentes limitaciones en el uso de los *gateways*:

1. El *gateway* es un cuello de botella potencial. En un ambiente en el cual hay muchas estaciones de diferentes tipos, debe considerarse el tráfico en el *gateway*. Para superar las limitaciones en el desempeño, un usuario requerirá más de un *gateway*. Esto complica el *software* de la estación, el cual debe decidir a cuál *gateway* dirigirse para cada transferencia.
2. El servicio proporcionado para una aplicación dada es el denominador menos común. Por ejemplo, *FTAM* soporta el uso de prioridades. Si el protocolo de transferencia de archivos propietario no lo soporta, entonces la disciplina de prioridades es impuesta sólo entre la estación basada en *OSI* y el *gateway*. Del *gateway* a la otra estación, no se emplea algún esquema de prioridades.

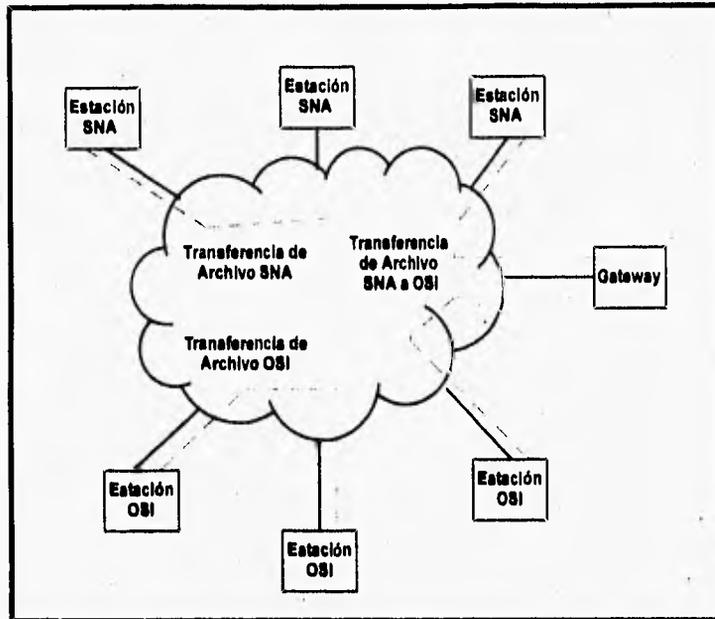


Figura 3.22. Operación de un gateway

3.7. CABLEADO ESTRUCTURADO

Independientemente del tipo de red elegido, habrá que emplear un plan de cableado fácil de gestionar y que admita un crecimiento futuro. Un sistema de cableado que cumple estos requisitos es el Estándar de Cableado para Edificios Comerciales (*Commercial Building Wiring Standard*) creado conjuntamente por la Asociación de Industrias de Electrónica (*Electronic Industries Association*) y la Asociación de Industrias de Telecomunicaciones (*Telecommunications Industries Association*), conocido como *EIA/TIA 568*. También la Organización de los Estándares para la Industria (*Industries Standards Organization, ISO*), ha desarrollado un estándar para el cableado, que lleva el título de *Generic Cabling for Customer Premises (ISO/IEC*

JTC1/SC25 N106E). Sin embargo, en el continente Americano el estándar que más se ha utilizado es el *EIA/TIA 568*.

El estándar *EIA/TIA* se concibió específicamente para trabajar con 10Base-T de *Ethernet*, *token ring*, además de otras redes. Entre sus características y funciones se incluyen las siguientes:

- Sistema de cableado de telecomunicación genérico para edificios comerciales
- Admite entornos multiproducto y multifabricante
- Es la dirección para el diseño futuro de productos de telecomunicación para empresas comerciales
- Posibilidad de planificar e instalar el cableado de telecomunicación de un edificio comercial sin que sea necesario conocer los dispositivos de telecomunicaciones que se instalarán definitivamente

Así mismo, el estándar especifica:

- Los requerimientos mínimos para el cableado de telecomunicaciones en una oficina
- La topología y las distancias para el cableado
- Los conectores y el asignamiento de *pins* para asegurar la interconexión
- La vida útil del sistema de cableado es mayor a diez años

Los componentes del cableado estructurado se usan para construir subsistemas, cada uno con un propósito específico, lo que facilita la realización y asegura una transición normal para mejorar la tecnología de distribución conforme a los cambios en los requisitos de comunicación. El estándar requiere de una topología física en estrella. En la figura 3.23 se muestran los siguientes subsistemas:

- Subsistema de área de trabajo
- Subsistema horizontal
- Subsistema de cable vertical (*backbone*)
- Subsistema de administración
- Subsistema de la sala de equipos
- Subsistema de campus (varios edificios)

Los requisitos particulares de los sistemas de procesamiento de datos y de comunicación determinan los subsistemas necesarios. Teóricamente, un sistema de comunicación grande podría requerir la integración de todos los subsistemas previamente mencionados que tienen componentes de canales de transmisión de fibra óptica y de cobre.

El cableado estructurado es crucial para la expansión futura de las redes, y debe incorporarse en todos los nuevos edificios que se construyan. Aunque resulta caro, su utilización permite el crecimiento futuro, no sólo de la planta de cableado físico, sino también de tecnologías que admiten tasas de transferencia de datos superiores y la transmisión simultánea de voz, vídeo y datos.

3.7.1. Subsistema de Área de Trabajo

Los componentes del subsistema de área de trabajo conectan el extremo de la salida de información (*Input/Output*, ver figura 3.24) del subsistema horizontal al equipo terminal de datos o de voz. El equipo de estación puede constar de cualquier conjunto de dispositivos incluyendo, mas no limitándose a, teléfonos, computadoras y terminales de datos.

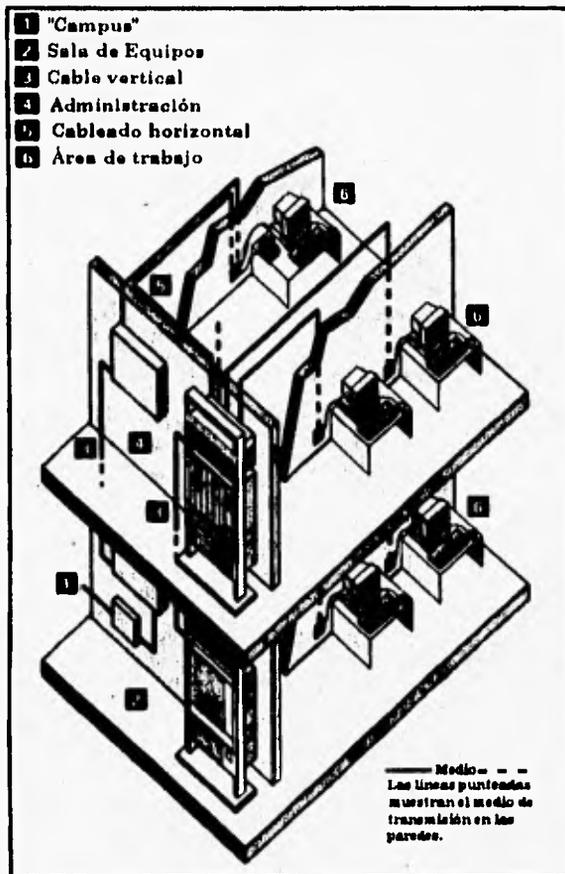


Figura 3.23. Subsistemas del cableado estructurado del estándar EIA/TIA 568.

Aunque el cableado del área de trabajo es crítico para un sistema de distribución bien administrado, lo más común es que no sea permanente y esté diseñado para facilitar los cambios y la reestructuración de los dispositivos conectados.

El cableado del subsistema de área de trabajo consiste en los cables y adaptadores que conectan a los dispositivos con la Entrada/Salida (IO). El cableado incluye cables de montaje y conectores, así como también los cables de extensión que son necesarios con el fin de realizar conexiones.

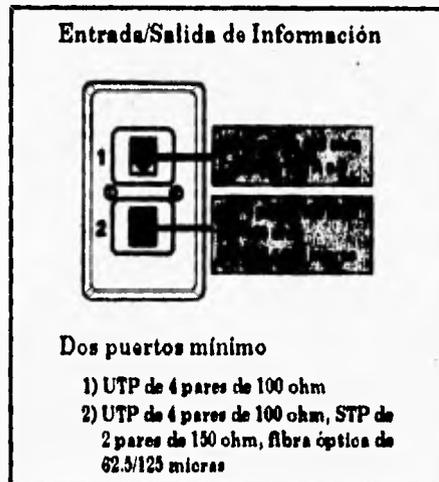


Figura 3.24. Entrada/Salida de Información

Aunque no son parte del subsistema de área de trabajo, ciertos tipos de equipo pueden ser necesarios al realizar la conexión entre el dispositivo de la estación y la IO. Estos dispositivos de adaptación generalmente se requieren con el fin de adaptar las características de transmisión del dispositivo conectado a las características de transmisión del sistema de distribución de par trenzado sin blindaje. Estos dispositivos no son necesarios si el dispositivo

conectado se encuentra equipado con un puerto modular de 8 posiciones, como el mostrado en la figura 3.25.

3.7.2. Subsistema Horizontal

El subsistema horizontal cubre la distancia entre el área de trabajo y el armario de telecomunicaciones (*Telecommunications Closet*). Este incluye la *IO* y los medios de transmisión empleados para extender la salida hasta el *TC*.



Figura 3.25. Asignación de pares de un puerto modular de 8 posiciones

Hay tres opciones de medios de transmisión para este cableado:

1. *UTP* de cuatro pares de 100 ohm (24 AWG)
2. *STP* de dos pares de 50 ohm
3. Fibra óptica de 62.5/125 micras

con una extensión máxima de 90 metros como se muestra en la figura 3.26.

El cableado horizontal termina en un conector de información en el área de trabajo y en el equipo de conexión cruzada o interconexión en el TC. El cableado horizontal deberá conformar una topología en estrella con cada Entrada/Salida en el área de trabajo conectada al TC.

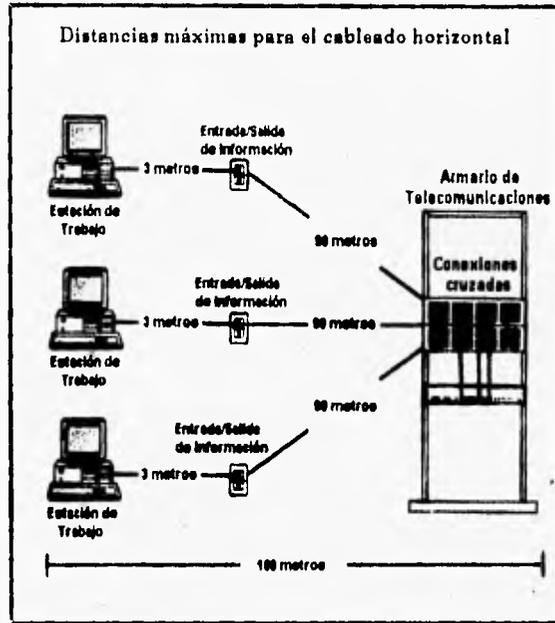


Figura 3.26. Distancias máximas para el subsistema horizontal

3.7.3. Subsistema de cable vertical (*backbone*)

Como se puede observar en la figura 3.27, la topología especificada para el cableado vertical es una estrella jerárquica.

El subsistema de cable vertical es la porción que suministra las rutas de cableado principales (o de alimentación) en un edificio. Comúnmente este subsistema provee las múltiples instalaciones circuitales entre dos ubicaciones,

especialmente cuando el equipo común del sistema está localizado en un punto central. El subsistema de cable vertical consta de cableado de cobre o de fibra óptica o una combinación de ambos, junto con los equipos asociados utilizados para llevar este cable a otras localidades.

Para comunicaciones dentro de un edificio, el subsistema de cable vertical conecta los armarios de telecomunicaciones a las áreas de equipo. Estas áreas pueden ser una única sala principal de equipo, o múltiples lugares dentro del edificio.

Para comunicarse con otros edificios, el subsistema de cable vertical conecta a la troncal y las conexiones cruzadas de distribución en la sala de equipo con las instalaciones internas de los edificios que constituyen el subsistema de "Campus".

A fin de suministrar el acceso a comunicaciones con redes externas, el subsistema de cable vertical une la conexión cruzada troncal y la porción de interfaz de red a las instalaciones de red de la compañía telefónica. La interfaz de red usualmente se ubica en una sala adyacente o cercana a la sala de equipo. La interfaz de red define la frontera entre las instalaciones y el sistema de distribución del local.

3.7.4. Subsistema de Administración

El subsistema de administración consta de las conexiones cruzadas e interconexiones que se realizan para unir dos subsistemas o para asignar circuitos comunes de equipo a un subsistema. Las conexiones cruzadas y las interconexiones permiten una administración sencilla de los circuitos comunes

de equipo para enrutar y reenrutar diversas partes de un edificio o un "campus".

Las conexiones cruzadas se llevan a cabo mediante cables de puente o de interconexión ("patch-cords"). Un cable de puente es un hilo único de corta longitud, mientras que un cable de interconexión contiene varios hilos y posee conectores en ambos extremos. Los cables de interconexión constituyen una manera sencilla de reestructurar los circuitos sin necesidad de las herramientas especiales que se requieren para instalar los cables de puente. Las interconexiones cumplen el mismo propósito que las conexiones cruzadas, pero aquéllas utilizan cables terminados en conectores, receptáculos y adaptadores en lugar de cables de puente o de interconexión.

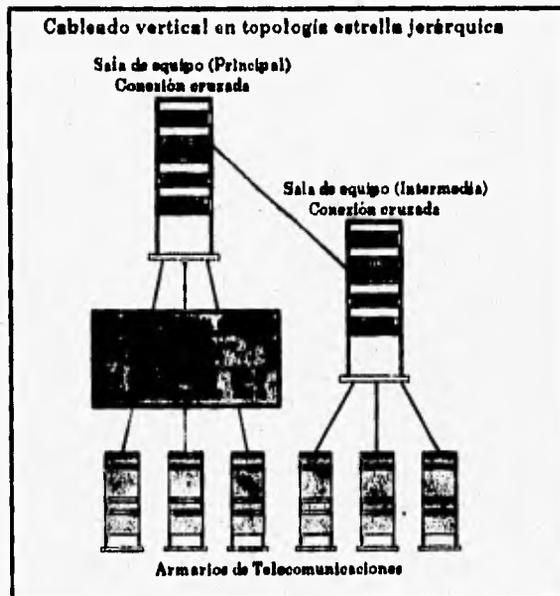


Figura 3.27. Subsistema de cableado vertical

3.7.5. Subsistema de la Sala de Equipos

El subsistema de la sala de equipos está conformado por el cable, los conectores y el equipo de apoyo asociado dentro de una sala de equipo. Estos se emplean para extender los circuitos comunes del equipo al tablero principal de conexión cruzada, con el fin de conectarse al sistema de Distribución del Local.

3.7.6. Subsistema de "Campus"

El subsistema de "campus" extiende el cableado de un edificio al equipo y a los dispositivos de comunicación en otros edificios dentro de la misma área. Es la porción del sistema de distribución que incluye el medio de transmisión y el equipo de apoyo necesarios para proveer una infraestructura de comunicación entre edificios. Consta de cables de cobre, cables de fibra óptica y dispositivos eléctricos de protección que se utilizan para evitar que las descargas eléctricas que se produzcan sobre el cable se introduzcan a los edificios. Además, proporciona un punto de acceso para servicios de telecomunicaciones externos.

3.7.7. Tipos de cable y distancias del cableado

Para los cableados horizontal y vertical se pueden utilizar los siguientes tipos de cable:

- Par trenzado no blindado (*UTP*), que se divide por sus capacidades en las siguientes categorías:

- ◆ **Categoría 1.** Es el cable telefónico tradicional por el que se transmite voz.
- ◆ **Categoría 2.** Certificado para la transmisión de datos de hasta 4 Mbps, con cuatro pares.
- ◆ **Categoría 3.** Admite velocidades de transmisión de 10 Mbps, tiene cuatro pares y 3 trenzas por cada pie de longitud.
- ◆ **Categoría 4.** Está certificado para velocidades de transmisión de 20 Mbps, con cuatro pares.
- ◆ **Categoría 5.** Con cuatro pares de 100 ohm, que pueden transmitir hasta 100 Mbps para admitir las tecnologías de alta velocidad como *Fast Ethernet* y *ATM*, tiene un trenzado más denso que las anteriores categorías.
- Par trenzado blindado (*STP*) de 150 ohm.
- Cable de fibra óptica con las siguientes características:
 - ◆ Para el horizontal, fibra óptica de 62.5/125 μm multimodo (mínimo dos fibras)
 - ◆ Para el vertical, fibra óptica de 62.5/125 μm multimodo o mono modo (con 6 a 12 fibras)

Las distancias máximas de cable especificadas por el estándar *EIA/TIA 568* para *UTP* se indican a continuación:

- Cableado horizontal: 90 m
- Cableado vertical (*backbone*): 800 m
- Área de trabajo: 3 m
- Armarios de telecomunicaciones
 - ◆ Terminación de horizontal: 7 m
 - ◆ Del horizontal al vertical: 6m
- Salas de equipo: 20 m
- Puntos de administración
 - ◆ Conexión cruzada principal: 20 m
 - ◆ Conexión cruzada intermedia: 20 m

Las distancias máximas de cable especificadas por el estándar *EIA/TIA 568* para *STP* se indican a continuación:

- 700 m para el cableado vertical
- 90 m para el cableado horizontal
- 10 m en total contando el área de trabajo, los armarios de telecomunicaciones y los puntos de administración

Las distancias máximas de cable especificadas por el estándar *EIA/TIA 568* para la fibra óptica se indican a continuación:

- Para el cableado vertical con fibra óptica monomodo máximo 3000 m, y con fibra multimodo 2000 m
- Para el cableado horizontal 90 m
- En total para el área de trabajo, los armarios de telecomunicaciones y los puntos de administración son 10 m

CAPÍTULO 4
ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

CAPÍTULO 4

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para seleccionar el estándar adecuado para la red de datos del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, se analizarán tres tipos de estándares de redes de área local, que son:

- *Ethernet*
- *Token Ring*
- *FDDI (Fiber Data Distributed Interface)*

4.1. **ETHERNET**

Una de las redes locales más comercializadas ha sido *Ethernet*, por lo cual se estudiarán sus características en esta sección.

4.1.1. **Antecedente Histórico**

El concepto de *Ethernet* fue originalmente desarrollado por *Xerox Palo Alto Research Center (PARC)* como un método que permitía la interconexión de dispositivos en una red que podría soportar alta velocidad de transferencia de datos. El documento oficial sobre *Ethernet* fue publicado en 1976 por Robert Metcalf y David Boggs. La implementación original de *Ethernet* era una red que funcionaba a 3 Mbps y permitía 100 conexiones.

A través de un consorcio organizado en el principio de la década de los 80's, *Xerox*, *Intel*, y *Digital Equipment Corporation (DIX)* publicaron un

estándar conocido como *Ethernet Blue Book* ("The Ethernet, version 1.0"). Este libro establecía los métodos en los cuales *Ethernet* sería desarrollado e implementado, además de cómo el *hardware* y los servicios de enlace de datos iban a trabajar. Este estándar se desarrolló y eventualmente se conformó la segunda versión de *Ethernet* en 1982.

Mientras tanto los comités 802 del *IEEE* tenían a su cargo la estandarización de las *LANs*. Las especificaciones de *Ethernet V2.0* contribuyeron substancialmente al trabajo del comité 802.3 que definió el método de control de acceso *CSMA/CD*. Aunque no son estándares compatibles, el término *Ethernet* es también usado para designar a las redes basadas en el estándar 802.3.

Conjuntando el talento de múltiples compañías, el *Ethernet* básico fue expandido ampliamente, hasta su versión de 10 Mbps, en la cual también muchas de las restricciones de los estándares anteriores fueron modificadas.

4.1.2. Topología

La topología lógica de *Ethernet* es de bus. Esto significa que en teoría existe un medio de transmisión en el cual los *DTEs* son conectados.

4.1.3. Estándares y Protocolos

Tal como el estándar 802.3, *Ethernet* define los estándares para las capas física y de enlace de datos del modelo *OSI*, dentro de la capa 2 define para la subcapa *MAC* el método de control de acceso *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*, que a continuación se explica.

Operación de CSMA/CD

Antes de que una estación transmita, debe escuchar la actividad del canal de transmisión. La actividad es cualquier transmisión causada por otra estación. La presencia de una transmisión es llamada *carrier* (portadora). La electrónica de la estación puede sensar la presencia de una portadora.

Si una estación detecta que el canal está ocupado, no transmite. Después de que el último *bit* del paquete ha pasado, la capa de enlace de datos de *Ethernet* continúa esperando por un mínimo de 9.6 microsegundos para proporcionar un tiempo apropiado entre los paquetes de información. Enseguida, si el paquete de datos está esperando para la transmisión, ésta se inicia. Si la estación no tiene un paquete para transmitir, continúa la operación de sensado de la portadora. El espacio entre los paquetes proporciona un tiempo de recuperación para otras estaciones.

Si una estación trata de transmitir cuando el canal está ocupado, ocurre una transmisión falsa. Estas transmisiones falsas son llamadas *collisions* (colisiones).

Si el canal está libre (no se ha detectado una portadora), la estación puede transmitir. Debido a que hay múltiples estaciones conectadas al canal de transmisión el mecanismo de sensado de portadora es llamado *Carrier Sense with Multiple Access*.

Si dos estaciones deciden transmitir al mismo tiempo, una colisión ocurre. Las colisiones ocurren durante la operación normal de *Ethernet* debido a que las estaciones que transmiten se basan en un solo hecho: la presencia de una portadora en el canal. Estas no pueden conocer cuando los paquetes están

esperando para transmitirse en otras estaciones. Además, la operación de CSMA es complicada por el retraso en la propagación en las LANs. En *Ethernet*, por ejemplo, las señales se propagan a 0.77 veces la velocidad de la luz en el cable estándar. Un retraso ocurre antes de que una transmisión sea escuchada por todas las estaciones, y una estación puede transmitir porque aún no escucha la transmisión de otra estación.

Las colisiones son de hecho parte de la vida de las redes *Ethernet*. Las estaciones minimizan los efectos de las colisiones detectándolas cuando ocurren. (El nombre CSMA/CD describe el mecanismo de acceso al medio, CD por *Collision Detection*). Las estaciones involucradas en la colisión abortan sus transmisiones. La primera estación que detecta la colisión envía un pulso de bloqueo para alertar a todas las estaciones de que ha ocurrido una colisión. Después de que la colisión ocurrió, todas las estaciones esperan un intervalo de tiempo aleatorio. Introduciendo un tiempo de retraso antes de la transmisión puede haber menos probabilidad de colisiones.

Cuando ocurren colisiones sucesivas, el valor de tiempo de espera aleatorio es duplicado. Esta duplicación se hace cuando ha habido 10 colisiones consecutivas. La situación anterior no significa ninguna mejora en el desempeño de la red.

En el peor caso, una estación puede estar esperando indefinidamente su oportunidad para transmitir. Este caso no es aceptable para aplicaciones de tiempo real, por lo cual *Ethernet* no es satisfactoria para aplicaciones de este tipo. Aunque este problema potencial es frecuentemente mencionado cuando *Ethernet* se compara con otro tipo de estándares de redes, en el mundo real raramente se encuentran problemas con colisiones excesivas.

El paquete de *Ethernet*

Existen dos formas de acomodar los paquetes para *Ethernet*, el de la versión 2 y el del estándar 802.3, los cuales se muestran en la figura 4.1.

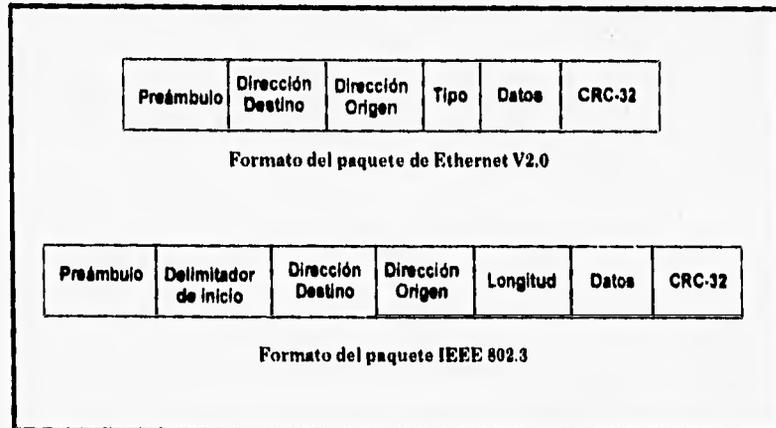


Figura 4.1. Formatos de los paquetes *Ethernet* e *IEEE*

Preámbulo

En el caso del paquete de *Ethernet*, el preámbulo tiene ocho *bytes*, que consisten de un patrón alterno: 1010 (terminando en 101011). A 10 Mbps, este preámbulo dura 6.4 microsegundos, que es el tiempo suficiente para la recepción de la estación para que se sincronice y esté lista para recibir el paquete.

El paquete del estándar 802.3 del *IEEE*, comienza con un preámbulo de siete *bytes*, que consiste de un patrón alterno: 1010. A 10 Mbps, el preámbulo dura 5.6 microsegundos, el cual es tiempo suficiente para que se sincronice la estación y esté lista para recibir el paquete.

Delimitador de inicio

Este campo únicamente se emplea en el estándar 802.3, y es el campo después del preámbulo, está definido por el patrón 10101011. Se observa que el preámbulo 802.3 más el delimitador de inicio son el equivalente al preámbulo de *Ethernet*.

Dirección destino

La dirección destino es la dirección de quien se supone recibe el paquete que es enviado. Existen 3 tipos de direcciones destino:

- **Dirección simple.** En esta situación, el campo de dirección destino contiene una dirección de 6 bytes que es la ubicación de un solo nodo.
- **Dirección múltiple.** Esta dirección destino aparentemente es para un solo nodo y tiene 6 bytes, pero es una dirección especial que varios nodos pueden reconocer y reciben el paquete tal como lo hacen en el direccionamiento simple.
- **Dirección broadcast.** La dirección *broadcast*, FF-FF-FF-FF-FF-FF es la única para toda la red. Cuando los datos son enviados a la dirección *broadcast*, todos los nodos de la red reciben y aceptan el paquete. El problema es obvio: si cada nodo, recibe el paquete, va a haber muchos nodos que rechacen el paquete como ininteligible. Por esta razón, la dirección *broadcast* no es usualmente utilizada en *Ethernet* por muchos fabricantes de *software* de comunicaciones. No se permiten transmisiones a toda la red

porque se confunden con la transmisión natural de *Ethernet*. Debido a que en *Ethernet* todos los nodos "ven" todos los paquetes, pero no todos los paquetes son aceptados o interpretados por los nodos. Si el mensaje es enviado a la dirección *broadcast*, todos los nodos analizarán y aceptarán el paquete.

Típicamente, la dirección de destino es la dirección de 48 bits del controlador de destino. Las direcciones en *Ethernet* son codificadas en *ROM* en la interfaz de red que son fabricadas. Los otros nodos aprenden las direcciones de 48 bits en las capas superiores a *Ethernet*. Algunas arquitecturas envían la dirección como parte del ciclo de inicialización del nodo. Otros programas de comunicaciones periódicamente transmiten la dirección y otra información del nodo como paquetes de multidireccionamiento. En cualquier caso, para que un nodo sea alcanzado, el nodo origen debe conocer la dirección destino.

Por otro lado, los tres primeros bytes representan el código del fabricante y el resto es asignado por él mismo.

Dirección origen

Después de la explicación anterior, la dirección origen debe ser muy obvia: es la dirección del nodo que transmite la información. La dirección origen es usualmente la dirección codificada en *ROM* y nunca es una dirección múltiple o *broadcast*.

Tipo

El campo tipo se utiliza únicamente en *Ethernet*, también conocido como *Ethertype*, es un campo de dos *bytes*, empleados para identificar el tipo de datos contenidos en el campo datos.

Longitud

El campo longitud se emplea exclusivamente en el estándar 802.3, el cual tiene dos *bytes*. Indica el tamaño del campo de datos. Tiene un valor mínimo de 46 y un valor máximo de 1500 *bytes*.

Sección de datos

La sección de datos es la más simple de todas las secciones del formato del paquete. La sección de datos puede contener prácticamente cualquier cosa en cualquier formato. En *Ethernet* no se interpreta la sección de datos (excepto los primeros 16 *bits*, que está el tipo de protocolo o la longitud de los datos), cualquier cosa puede ubicarse en dicha sección, dependiendo de la arquitectura de comunicaciones que se emplee para transmitir. En cualquier caso, la sección de datos debe ser de una longitud mínima de 46 *bytes* y puede contener hasta 1500 *bytes*. Típicamente la sección de datos va a contener el paquete del protocolo usado por la arquitectura de comunicaciones.

Para el estándar 802.3, este campo contiene los datos de la subcapa *LLC* y cumple con las mismas especificaciones de longitud que en *Ethernet*.

Cyclic Redundancy Check (CRC)

El propósito del *CRC* es asegurar que los datos enviados no hayan sufrido algún error en cualquier *bit*, los cuales serían inútiles y podrían causar otros problemas. *Ethernet* prescribe el uso de un *CRC-32*, que es un *cyclic redundancy check* de 32 *bits*. En el *CRC* se dividen los datos en segmentos de longitud previamente determinada. Cada uno de estos segmentos hace las veces de un dividendo, que se divide entre un divisor fijo. Después de que el cálculo se ha realizado, el número apropiado de niveles (32 en el caso del *CRC-32*), el residuo es usado como verificador. Cuando un paquete es recibido, el verificador es "dividido inversamente" y comparado con lo que se supone original. Si es igual, el paquete está intacto. Si no concuerda, el paquete es erróneo y se descarta. El número de *bits* en el *CRC* es importante (entre más *bits*, hay menos probabilidad de no detectar un error). De acuerdo a lo anterior, un *CRC* de 32 *bits* implica que la probabilidad de no detectar un error es de 4.3 billones a uno. Si la verificación fuera de 16 *bits*, la probabilidad sería de 65536 a uno.

Debe notarse que además del *CRC-32* requerido por el paquete de *Ethernet*, frecuentemente las capas superiores también proveen *CRCs* para la consistencia del paquete.

4.1.4. Cableado

Se usan comúnmente los siguientes estándares de cable para banda base para *Ethernet*:

- *Ethernet* estándar (10BASE5), basado en cable coaxial grueso

- *Ethernet* de cable delgado (10BASE2), basado en cable coaxial delgado
- *Ethernet* de cable *UTP* (10BASE-T), basado en par trenzado no blindado

Estos estándares de cable se describen en los siguientes apartados.

Reglas de cableado para *Ethernet* estándar

Otro nombre para *Ethernet* estándar es *Ethernet* de cable grueso (debido a que el cable coaxial utilizado es mucho más grueso que el empleado en *Ethernet* delgado). La versión *IEEE* para el *Ethernet* estándar es llamado 10BASE5. El 10 representa la operación a 10 Mbps; BASE representa la operación en banda base; y el 5 representa 500 metros por segmento.

Las estaciones en *Ethernet* de cable grueso se comunican a la red a través de *transceivers* externos conectados al medio compartido. Los *transceivers* también son llamados unidades de conexión al medio (*medium attachment unit, MAU*). El medio compartido es llamado segmento de cable troncal, o únicamente segmento. Debido a la atenuación de la señal, un segmento no puede ser más largo que 500 metros.

El *transceiver* externo y la *NIC* están conectados por un cable *transceiver*. El conector *DIX* se inserta en el enchufe correspondiente de la *NIC*. El otro extremo del *transceiver* se ajusta al conector del *transceiver* externo.

El cable grueso para *Ethernet* tiene 0.4 pulgadas de diámetro, con una impedancia de 50 ohm y está disponible en varias longitudes con conectores N en cada extremo.

Un segmento troncal debe tener al final un terminador N. Un terminador incluye un resistor, en este caso de 50 ohms. El terminador bloquea la interferencia eléctrica en el segmento y cancela cualquier señal reflejada causada por las señales que alcanzan el final del cable.

Los terminadores N tienen un cable para conectarse a tierra. Solamente uno de los extremos del cable debe conectarse a una tierra eléctrica.

Ethernet de cable grueso puede extenderse más allá de 500 m por medio de dos segmentos conectados por un repetidor.

En la tabla 4.1 se describen las reglas para el cableado de *Ethernet* estándar. La figura 4.2 ilustra un ejemplo de una red *Ethernet* de cable grueso.

Tabla 4.1. Parámetros de *Ethernet* de cable grueso y reglas de cableado

| Parámetros de <i>Ethernet</i> de cable grueso | Valor |
|-----------------------------------------------|-------------------|
| Máx velocidad de transmisión | 10 Mbps |
| Máx repetidores sin <i>IRLs</i> | 2 |
| Máx repetidores con <i>IRLs</i> | 4 |
| Máx longitud del segmento de coaxial | 500 m |
| Máx longitud del cable <i>transceiver</i> | 50 m |
| Número máx de segmentos de enlace | 2 |
| Máx longitud de segmentos de enlace combinado | 1000 m |
| Máx estaciones por segmento | 100 |
| Número máx de estaciones | 1024 |
| Distancia entre estaciones | Múltiplos de 2.5m |

Cuando una señal viaja desde una estación a otra en una *LAN Ethernet* que consiste solamente de segmentos de coaxial, no puede atravesar más de 2 repetidores completos. Un repetidor completo une dos segmentos de coaxial directamente.

Un segmento de enlace, hecho de fibra óptica o de par trenzado, puede unir dos segmentos de coaxial en una distancia más larga. El propósito de un segmento de enlace es extender el rango de una *LAN Ethernet*. Se pueden tener como máximo 2 segmentos de enlace en una red *Ethernet*. Los segmentos de enlace no tienen estaciones conectadas, se conectan a los segmentos de coaxial por repetidores. También se les conoce como segmento de enlace entre repetidores (*inter repeater link-segment, IRL*).

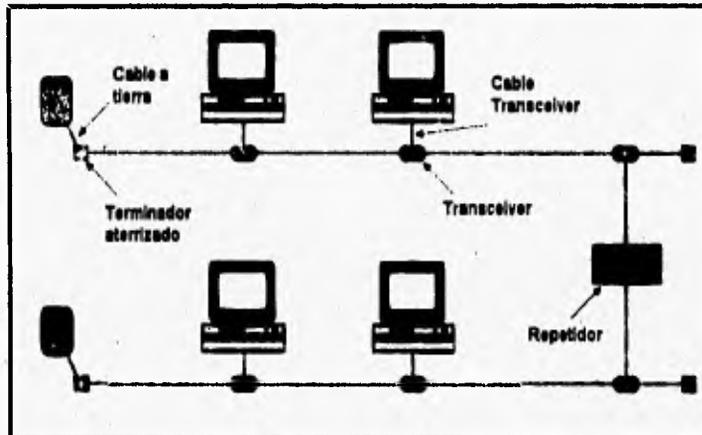


Figura 4.2. Red *Ethernet* de cable grueso

Un medio repetidor (*half repeater*) une un segmento de coaxial a un segmento de enlace. Otro nombre para un medio repetidor es repetidor remoto. La longitud del segmento troncal de coaxial no puede exceder de 500 m. Las longitudes combinadas de dos segmentos de enlace no pueden rebasar 500 m.

Utilizando estos parámetros de cableado, se puede deducir la longitud máxima de una red *Ethernet*.

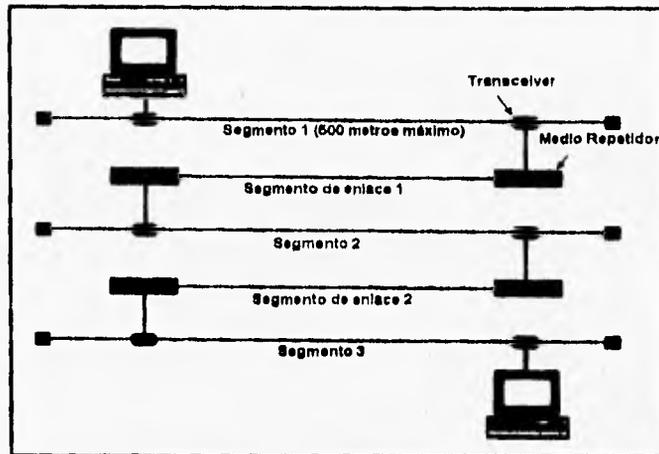


Figura 4.3. Longitud posible de *Ethernet*

La figura 4.3 ilustra la longitud posible de *Ethernet*. Utilizando este diagrama, se puede calcular la longitud de esta red, como se muestra en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Calculando la longitud posible de *Ethernet* estándar.

| Entidad | Longitud |
|-----------------------------------------------------|-------------|
| Longitud del segmento de coaxial 1 | 500 metros |
| Longitud del segmento de coaxial 2 | 500 metros |
| Longitud del segmento de coaxial 1 | 500 metros |
| Longitud combinada de los segmentos de enlace 1 y 2 | 1000 metros |
| Longitud total de <i>Ethernet</i> | 2500 metros |

El número máximo de estaciones que se pueden conectar a un segmento es 100, el número total de estaciones en todos los segmentos no puede exceder de 1024. El repetidor conectado al segmento se cuenta como una estación. La

distancia mínima entre dos estaciones es de 2.5 m, y se recomienda que se separen las estaciones en múltiplos de 2.5 m para minimizar la interferencia.

Reglas de cableado para *Ethernet* de cable delgado

Otros nombres para *Ethernet* de cable delgado son *thinnet* y *cheapernet* (porque es más barata que *Ethernet* estándar). Comparado con el coaxial grueso, el cable delgado es mucho más delgado, más barato y fácil de instalar. La versión *IEEE* de *Ethernet* de cable delgado es llamada 10BASE2, el 10 representa la operación a 10 Mbps, BASE representa la operación de banda base, y el 2 representa aproximadamente 200 m (actualmente, 185 metros) por segmento.

Las funciones de *transceiver* para *Ethernet* de cable delgado son realizadas por la electrónica de la tarjeta de red. No se requieren conexiones externas de *transceiver*. En su lugar, se utilizan conectores T para conectar el cable a la tarjeta. Los dos enchufes opuestos del conector T son utilizados para unir dos cables, y el conector BNC es conectado a la NIC.

El medio compartido es llamado segmento de cable troncal (o sólo segmento). Debido a la atenuación de la señal, un segmento de cable delgado no puede ser más largo que 185 m. El cable coaxial delgado tiene 0.2 pulgada de diámetro, es un cable RG-58 de 50 ohm, y está disponible en varias longitudes con un conector BNC conectado en cada extremo. También se pueden comprar en rollos, pero no tienen conectados BNCs.

El terminador BNC es un conector con un resistor de 50 ohm que bloquea la interferencia en el segmento. Además, cancela las señales reflejadas ocasionadas por las señales que alcanzan el extremo del cable. El terminador BNC es conectado a uno de los extremos del conector T en donde no tenga cable

conectado. Debe haber un terminador BNC aterrizado a través de un cable a tierra. Solamente un extremo del cable debe estar aterrizado.

La figura 4.4 muestra un ejemplo de una red *Ethernet* de cable delgado. En esta red, hay dos segmentos troncales que están unidos por un dispositivo llamado repetidor.

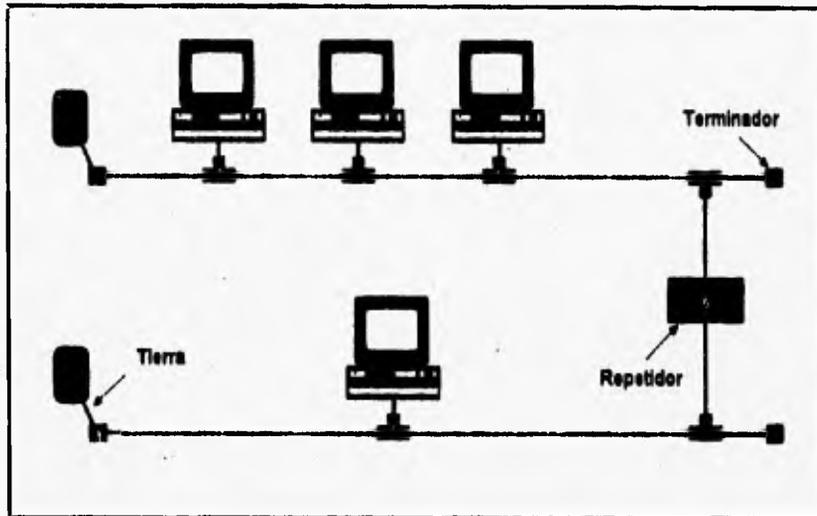


Figura 4.4. Red *Ethernet* de cable delgado

Existen algunas reglas relativas al cableado de este tipo de red, que son resumidas en la tabla 4.3. Las reglas para los repetidores son iguales que para *Ethernet* de cable grueso.

La longitud de un segmento no puede exceder de 185 m. El número máximo de estaciones que se pueden conectar a un segmento es 30, el número total de estaciones no puede exceder a 1024. El repetidor conectado al segmento cuenta como una estación. La distancia mínima entre dos estaciones es de 0.5 metros.

Reglas de cableado para 10BASE-T

La topología de *Ethernet* coaxial es un bus física y lógicamente. La topología física de una red está definida por el método de acomodar el cable entre los nodos; la red física es lo que se puede ver y tocar. La topología lógica de la red está definida por las características eléctricas de la red; no se puede ver o tocar, pero la topología lógica realmente define la forma de las funciones de la red.

Tabla 4.3. Parámetros de *Ethernet* de cable delgado y reglas de cableado

| Parámetros de <i>Ethernet</i> de cable delgado | Valor |
|------------------------------------------------|---------|
| Máx velocidad de transmisión | 10 Mbps |
| Máx repetidores sin <i>IRLs</i> | 2 |
| Máx repetidores con <i>IRLs</i> | 4 |
| Máx longitud del segmento de coaxial | 185 m |
| Máx número de segmentos de enlace | 2 |
| Máx estaciones por segmento | 30 |
| Máx número de estaciones | 1024 |
| Mín distancia entre estaciones | 0.5 m |

Todos los dispositivos en un bus reciben las señales más o menos simultáneamente (las señales eléctricas siempre requieren un tiempo de propagación). Una señal en *Ethernet* coaxial se propaga en ambas direcciones desde la estación origen hasta alcanzar los extremos del cable y es absorbida por los terminadores. Por otro lado el ruido y la interferencia pueden afectar al cable completo. Un corte en el centro del conductor del cable puede causar que las señales se reflejen, esto ocasiona que toda la red se vuelva inoperable. Esta característica puede hacer extremadamente dificultoso identificar cual estación o cual parte del cable está generando la interferencia a la red.

El estándar 10BASE-T fue principalmente desarrollado para soportar *Ethernet* en par trenzado no blindado. La topología física de 10BASE-T es una estrella en lugar de un bus, sin embargo, se pueden simplificar los problemas.

Es importante decir que 10BASE-T es un bus lógico. Excepto cuando se usan enrutadores en la red, todas las señales de la red son propagadas a todas las estaciones, por lo que es difícil identificar el problema si no se cuenta con el equipo de diagnóstico adecuado.

10BASE-T ha llegado a ser muy popular, debido al bajo costo de sus componentes y al creciente interés en la configuración de redes basadas en *UTP*. El 10 representa la operación a 10 Mbps, BASE significa que es una red de banda base, y la T representa el par trenzado.

La tarjeta de interfaz de red cuenta con un puerto *RJ-45*, la cual es oficialmente llamada Media Dependend Interface (*MDI*). Muchas *NICs* también están equipadas con un conector *DIX*, el cual se usa para conectar a través de un *transceiver* a un cable coaxial delgado o grueso. Muchas *NICs* requieren un switch para habilitar cualquiera de los dos puertos, otras tienen un mecanismo de autosensado.

10BASE-T utiliza una topología física de estrella con un concentrador sirviendo como el dispositivo central de conmutación. Cada concentrador acepta cables para las diferentes estaciones, usualmente doce. El cable *UTP* es empleado para conectar el concentrador a las estaciones. Este cable normalmente tiene de 0.4 a 0.6 mm (26 a 22 *American Wire Gauge, AWG*) de diámetro de par trenzado no blindado.

Hay dos pares trenzados (4 cables) entre cada *NIC* y el concentrador. Un par es usado para la transmisión y el otro para la recepción. La tabla 4.4 muestra el asignamiento de *pins* para los cuatro cables.

La configuración de *pins* son las mismas en cada extremo del cable en 10BASE-T. Sin embargo, una función de cruzamiento está implementada en cada cable para que el transmisor de un extremo se conecte al receptor en el otro extremo. Las funciones de cruzamiento se pueden implementar de dos formas: utilizando un cruzamiento externo de cable *UTP* que invierte los pares del transmisor y el receptor en el conector *RJ-45* de un extremo del cable o usando una función de cruzamiento interna, en el cual el cruce está diseñado como parte interna del circuito interno del dispositivo 10BASE-T. Un puerto *MDI* con esta función está marcada con el símbolo "X".

Tabla 4.4. Asignamiento de *pins* para el conector *MDI*

| Contacto | Señal <i>MDI</i> |
|----------|------------------------|
| 1 | TD+ |
| 2 | TD- |
| 3 | RD+ |
| 4 | No usado para 10BASE-T |
| 5 | No usado |
| 6 | RD- |
| 7 | No usado |
| 8 | No usado |

El concentrador de 10BASE-T tiene el mismo rol que un repetidor. Realiza las siguientes funciones:

- Resincroniza los paquetes de datos (*IEEE 802.3*)
- Realiza una prueba de integridad a cada puerto

- Autoparticionamiento por puerto, que desconecta el puerto si ocurren 30 colisiones consecutivas o una colisión excesivamente larga

El funcionamiento propio de *CSMA/CD* en una red 10BASE-T requiere que el tamaño de la red esté limitada para controlar los retrasos de la propagación de la señal.

Hay dos reglas de configuración para más de un concentrador. Primera, un máximo de cuatro concentradores pueden estar en el camino de datos entre dos estaciones. Segunda, los segmentos de *UTP* no deben ser mayores a 100 metros.

Redes *Ethernet* con medios mezclados

Los diferentes medios de transmisión para *Ethernet* se pueden mezclar en una *LAN*. Los segmentos 10BASE-T pueden conectarse a un segmento de coaxial a través de un *transceiver* de 10BASE-T. También, muchos concentradores de 10BASE-T están equipados con un conector *AUI* que permite conectar cable coaxial a través de un *transceiver*.

En la tabla 4.5 se resumen los retrasos máximos de los diferentes segmentos de medios de transmisión. Esta tabla es importante para la administración de la *LAN* porque los segmentos pueden ser construidos por una combinación de cables de diferentes fabricantes, los cuales difieren en algunas especificaciones. Los equipos de prueba, como reflectómetros, pueden usarse para obtener los retrasos en los segmentos.

Tabla 4.5. Retrasos máximos para los medios de transmisión de *Ethernet*

| Tipo de medio del segmento | Número máximo de MAUs por segmento | Longitud máxima del segmento (metros) | Velocidad de propagación mínima (ns) | Retraso máximo por segmento |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Segmento de coaxial | | | | |
| 10BASE5 | 100 | 500 | 0.77c | 2165 |
| 10BASE2 | 30 | 185 | 0.65c | 950 |
| Segmento de enlace | | | | |
| FOIRL | 2 | 1000 | 0.66c | 5000 |
| 10BASE-T | 2 | 100 | 0.59c | 1000 |
| AUI (Cable transceiver) | | | | |
| AUI | DTE/ 1 MAU | 50 | 0.65c | 257 |
| c = 300,000,000 metros/seg (Velocidad de la luz en el vacío) | | | | |
| FOIRL= Fiber Optic Inter Repeater Link | | | | |

Se aplican las siguientes restricciones para la topología de red de medios mezclados:

- Se requieren repetidores para todos los segmentos de interconexión.
- El camino máximo de transmisión para dos estaciones puede consistir de hasta 5 segmentos, cuatro repetidores (incluyendo AUIs), dos MAUs, o dos AUIs.
- Si un camino de red consiste de 5 segmentos y cuatro repetidores, se pueden colocar hasta 3 segmentos de coaxial (el resto deben ser segmentos de enlace). Si hay 5 segmentos y un FOIRL es usado como segmento de enlace, no debe exceder de 500 m.

- Si un camino de red consiste de cuatro segmentos y tres repetidores, la longitud máxima para segmentos *FOIRL* es de 1000 metros.

Combinación de coaxial delgado y grueso en un segmento

Se pueden combinar cable coaxial delgado y grueso en un solo segmento empleando cable delgado tanto como sea posible, porque es más barato y fácil de instalar que el grueso.

La longitud del segmento combinado está entre 185 y 500 metros. Para calcular la cantidad máxima de cable delgado que puede ser usado en un segmento troncal se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{long_delgado} = (500 - \text{long_segmento}) / 3.28 \text{ metros}$$

En esta fórmula *long_segmento* es la longitud del segmento troncal que se desea construir, y *long_delgado* es la máxima longitud de cable delgado que se puede usar.

Para construir un segmento troncal de 400 metros, por ejemplo, la máxima longitud de cable coaxial delgado es:

$$\text{long_delgado} = (500 - 400) / 3.28 = 30.48 \text{ metros}$$

30.48 metros de coaxial delgado pueden compartir un segmento con 369.52 metros de coaxial grueso. El coaxial delgado y el grueso deben ser conectados a través de un conector N a un adaptador BNC.

4.1.5. Equipos y Componentes

A menos que la red se extienda con repetidores o se divida por puentes o enrutadores, la red *Ethernet* de coaxial tiene requerimientos de *hardware* muy simples.

La interfaz para *Ethernet* está incluida como equipo estándar en muchas estaciones de trabajo. Las tarjetas de red para *PC* están manufacturadas por distintos fabricantes. La mayoría de las *NICs Ethernet* ofrecen un adecuado desempeño para las aplicaciones más demandantes. Los costos para tarjetas de 8 bits y de 16 bits difiere muy poco, pero es conveniente estandarizar las tarjetas de 16 bits para asegurar la mejor transferencia real de datos y también del mismo fabricante.

Ethernet de cable delgado requiere el uso de *MAUs* para conectar las estaciones al segmento de coaxial; las *MAUs* son dispositivos activos y aumentan el costo de la red.

10BASE-T requiere el uso de concentradores, a los cuales se les pueden conectar 12 estaciones. El costo por conexión para *10BASE-T* depende de cómo se empleen las capacidades del concentrador.

Una de las razones de la existencia de *10BASE-T* es el deseo de minimizar el costo del cableado utilizando *UTP*, en comparación con el coaxial que es más caro. Particularmente en redes pequeñas a veces sucede lo contrario. En cualquier caso, es raro tomar una decisión acerca de una red basados únicamente en el costo del cable. Características como eficiencia, confiabilidad y crecimiento son más relevantes.

Una razón importante para implementar redes 10BASE-T es que los concentradores, siendo activos, pueden proporcionar algún tipo de aislamiento entre las estaciones, posibilitando desconectar las estaciones que funcionan mal. Los concentradores 10BASE-T también pueden incluir algunos servicios para reportar problemas en la red. Pueden soportar, por ejemplo, protocolos de administración de red *SNMP (Simple Network Manager Protocol)*, que permite monitorearlos desde una consola.

En el contexto de redes empresariales, la tendencia más significativa para instalar *Ethernet* es a través de sistemas de cableado estructurado.

4.1.6. Mercado

Como se mencionó anteriormente *Ethernet* se ha comercializado ampliamente, por lo que hay muchos fabricantes para dispositivos que soportan este tipo de red.

Digital Equipment Corporation es uno de los desarrolladores originales de esta tecnología que ofrece un amplio soporte en equipo de red *Ethernet*.

Otros fabricantes importantes para *Ethernet* son:

- *3Com Corporation*
- *Eagle Technology*
- *AMP Incorporated*
- *BICC Communications*
- *Black Box Corporation*
- *Cabletron Systems, Inc.*
- *Motorola, Inc.*

- *NCR Corporation*

4.1.7. Tendencias Tecnológicas

En respuesta a las limitaciones que se empezaban a hacer patentes en el sistema de trabajo de *Ethernet*, recientemente aparecieron dos estándares que aumentan la transferencia de datos de 10 Mbps a 100 Mbps, éstos son 100BASE-X (*Fast Ethernet*) y 100VG-AnyLAN.

100BASE-X fue desarrollado originalmente por *Grand Junction Networks*, *3Com*, *SynOptics*, *Intel* y otros vendedores, es una extensión de la norma 802.3. Utiliza el método de acceso *CSMA/CD*, cableado de par trenzado normalizado de *Ethernet* (*EIA/TIA* categoría 5) y una topología de configuración en estrella.

100BASE-X tiene muchas características que lo hacen una opción deseable. Al extender el método de acceso *CSMA/CD* escalable, los creadores de 100BASE-X han podido asegurar la compatibilidad entre 100BASE-X y las topologías *Ethernet* existentes. Así, los fabricantes de *hardware* como *Intel* y *SynOptics* han sido capaces de crear *hardware* que funciona a 100 Mbps o 10 Mbps. Comprando a *SynOptics* un concentrador con capacidad 10/100, las estaciones de trabajo individuales pueden actualizarse de forma incremental. De igual forma, se pueden comprar las *NICs* con capacidad de 10/100 de *Intel* y utilizar 10BASE-T hasta que se disponga de concentradores a 100 Mbps. Esto es posible porque 100BASE-X encaja en el subnivel de control de acceso al medio del *IEEE*. Por tanto, estos concentradores y *NIC* sólo deben concordar en velocidad al conmutar entre 10BASE-T y 100BASE-X.

Esta tecnología tiene una limitación para los que piensan en actualizar sus redes. 100BASE-X debe implementarse sobre cable de categoría 5 de 4 pares. Si el edificio utiliza cualquier otro sistema de cableado, será necesario volver a cablear.

Por el contrario, 100VG-AnyLAN se separa del IEEE 802.3 abandonando el método de acceso CSMA/CD en beneficio del método de acceso denominado prioridad bajo demanda. Este método sitúa la capacidad de toma de decisiones en el concentrador en lugar de en el adaptador. Los concentradores son dispositivos inteligentes que le dan a cada estación de trabajo el banderazo de salida para transmitir, basados en la técnica de primero en entrar, primero en servir o en un valor de prioridad determinado. Donde el cable 10BASE-T utiliza cableado de dos pares, 100VG-AnyLAN utiliza cuatro pares, debido a esto es capaz de enviar y recibir datos simultáneamente.

Esta tecnología presenta muchas ventajas sobre los métodos tradicionales de transmisión *Ethernet*. Por medio de señalización de prioridad bajo demanda, 100VG-AnyLAN puede asegurar que los datos que dependan del tiempo, como las transmisiones de video en tiempo real, consigan prioridad sobre otros tipos de paquetes. En caso de que dos estaciones transmitan simultáneamente solicitudes al concentrador, y una de ellas sea un paquete de alta prioridad, será dicho paquete el que se procese primero. El segundo paquete simplemente espera para su procesamiento. Con la transmisión oportuna, el video aparece uniforme y no presenta la calidad de imagen "nerviosa" que se asocia a los paquetes retardados.

Las distancias de cableado definidas en la norma 100VG-AnyLAN son algo diferentes a las utilizadas con *Ethernet* tradicional. El cableado UTP se puede extender hasta 200 metros en comparación con los 100 metros de

Ethernet. Los concentradores y las estaciones de trabajo se conectan de igual manera que en 10BASE-T y 10BASE-X.

Con cualquiera de estas tecnologías, la red puede disfrutar de 100 Mbps en el escritorio y la red de soporte.

4.2. TOKEN RING

Token ring es igual al estándar 802.5 del *IEEE*, enseguida se analizarán sus características.

4.2.1. Antecedente Histórico

En 1985 *IBM* adoptó el estándar 802.5 del *IEEE* para soportar redes de topología en anillo, por lo que esta tecnología recibió una enorme cantidad de publicidad.

Este estándar en comparación con los otros del *IEEE* está definido más superficialmente. Es menos detallado que el 802.3 o el 802.4, y además existen anomalías como que en los *bytes* del campo de datos se transmite primero su *bit* más significativo. Esta es una inversión de la convención utilizada en los estándares 802.3 y 802.4 que especifican la transmisión del *bit* menos significativo en primer término.

Por esto se necesitan realizar otras operaciones cuando se enlaza una *LAN* 802.5 a una red 802.3. Es probable que estos atributos del estándar sean (cuando menos en parte) una consecuencia de la influencia de *IBM* en el estándar. El estándar primero se definió para 4 Mbps y se desarrolló hasta

obtener 16 Mbps. Su tecnología es exclusivamente digital, además que tiene un tiempo de respuesta determinista, incluso en condiciones de gran carga.

4.2.2. Topología

La topología lógica de una red *token ring*, es como su nombre lo indica de anillo, el cual es una concatenación de enlaces punto a punto que forman un círculo.

4.2.3. Estándares y Protocolos

El estándar de una red *token ring* es el 802.5 del *IEEE*, el cual está definido para las capas física y de enlace de datos.

Operación de *Token Ring*

Un grupo especial de *bits*, llamados *token*, son usados para moderar el acceso al anillo. El *token* circula de una estación a otra a lo largo del anillo. Si una estación desea transmitir un paquete, debe esperar y tomar el *token*. Mientras conserva el *token*, puede transmitir un paquete. Al final de la transmisión, debe liberar el *token* para que otras estaciones puedan tener acceso al anillo.

Para una adecuada operación del anillo, el *token* circula continuamente, aun cuando no haya actividad en el anillo. Hay 24 *bits* (tres *bytes*) en el *token*, y el anillo debe tener un período de latencia para conservar 24 *bits*. Si la velocidad de transmisión es de 4 Mbps, el anillo debe tener una latencia de 24 entre 4 Mbps igual a seis microsegundos. Seis microsegundos pueden verse

como un retraso muy pequeño, pero considerando el medio de par trenzado en el cual la velocidad de propagación es de 0.59 veces la velocidad de la luz. Para calcular el tamaño del anillo para tener un período de latencia de 6 microsegundos, se usa la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}\text{Tamaño del anillo} &= \text{Latencia} \times \text{Velocidad de propagación en el medio} \\ &= 0.000006 \times 0.59 \times 3 \times 1000000 \text{ metros} \\ &= 1062 \text{ metros} \\ &= 1.062 \text{ kilometros}\end{aligned}$$

Por lo anterior se deduce que el mínimo tamaño del anillo es de 1 kilometro. Este tamaño es demasiado grande, considerando que unicamente se deseen conectar unas cuantas estaciones en un solo cuarto. Por esta razón, una estación especial, designada como el monitor activo, añade un *buffer* de retraso de 24 bits al anillo. Este *buffer* también compensa cualquier fase de fluctuación en el anillo. El monitor activo es importante para mantener la operación normal del anillo.

Una estación *token ring* opera en uno de los siguientes cuatro modos:

- Modo transmisión
- Modo escucha
- Modo *bypass*
- Modo recepción

La figura 4.6 muestra estaciones operando en estos modos. La estación A está en el modo transmisión. Para entrar en este modo, se toma un *token* libre. El *token* tiene un bit llamado T bit, que tiene el valor de 1 si está libre. La estación transmisora cambia este bit a 0, indicando que el *token* está ocupado, y

de datos es copiado a la memoria de la estación y también es enviado a lo largo del anillo. Un número de banderas, llamadas banderas de estado del paquete, son modificadas para indicar la recepción correcta del paquete de datos. La estación A recibe el paquete de datos que es enviado y examina las banderas de estado del paquete. Estas banderas tienen el propósito de un reconocimiento basado en el *hardware*. La estación transmisora puede determinar estas banderas y determina si el paquete se ha recibido correctamente. Las banderas de estado del paquete contienen la bandera de reconocimiento de dirección (A), la bandera de paquete copiado (C) y la bandera de error (E). La bandera E es analizada y activada por todas las estaciones; las banderas A y C son activadas solamente por la estación destino. La tabla 4.7 define estas banderas.

Tabla 4.7. Banderas de estado del paquete

| Banderas | Valor | Significado |
|-----------------|--------------|----------------------------------|
| A | 1 | Dirección reconocida |
| A | 0 | Dirección no reconocida |
| C | 1 | Paquete copiado exitosamente |
| C | 0 | Paquete no copiado |
| E | 1 | Paquete dañado (error en el CRC) |
| E | 0 | Paquete correcto |

La combinación aceptada de estas banderas son:

- AC = 00 implica que la dirección no fue reconocida, entonces la operación de copia no se realizó.
- AC = 10 implica que la estación existe, pero que el paquete no fue copiado. Si E = 1, un paquete dañado fue recibido. Si la

bandera E es 0, entonces el paquete no se copió por razones desconocidas.

- AC = 11 implica que la estación existe y que el paquete fue copiado en la estación.

La única combinación no aceptada es AC = 01, que indica que la estación no fue reconocida, pero que copio el paquete (en otras palabras, alguna estación ilegalmente copio el paquete de datos). Como los *bits* fueron enviados por la estación A regresan a ella, y los retira del anillo.

Existe una estación llamada monitor activo. Hay un *bit* de monitoreo (*bit M*) en el *token* que es cambiado a 0 por la estación transmisora. El monitor activo examina este *bit* y lo cambia a 1 si tiene 0. Si el monitor activo ve que el valor del *bit M* es 1, concluye que el paquete de datos ha estado circulando varias veces. Esto puede pasar debido a que la estación transmisora no retiró el paquete de datos del anillo.

Si el *token* está perdido por causa del ruido en el anillo, el monitor activo genera un nuevo *token*. El monitor activo rastrea el tiempo de rotación del *token* y también si excede del valor límite. Para redes *token-ring* pequeñas, un valor límite típico es de 8 microsegundos. Bajo condiciones de gran carga, este valor puede aumentar un poco.

El monitor activo no es una estación con *hardware* especial. Cualquier estación en una red *token ring* puede ser el monitor activo, las estaciones restantes actúan como monitores de reserva. La elección de qué estación llega a ser el monitor activo se realiza a través de un procedimiento de inicialización

del anillo. Si el monitor activo falla, uno de los monitores de reserva toma el papel de monitor activo.

Cuando no hay paquetes de datos circulando en el anillo, el monitor activo emite un paquete *MAC* de monitor activo presente, (*Active Monitor Present, AMP*). Este paquete es enviado en intervalos regulares, usualmente cada siete segundos. Otras estaciones que son monitores de reserva envían paquetes *MAC* de monitor de reserva presente (*Standby Monitor Present, SMP*). Los monitores de reserva detectan el paquete *AMP* y concluyen que el monitor activo está haciendo su trabajo. Si el monitor activo se salta un recorrido, esto es, que no envía el paquete *AMP* cuando se requiere, uno de los monitores de reserva toman su lugar y se convierte en monitor activo. El monitor de reserva que detecta la falla del monitor activo envía su nombramiento al anillo en forma de paquetes *MAC* de titulación (*Claim Token, CL_TK*). El monitor de reserva detiene el envío de estos paquetes si una de las siguientes condiciones ocurre:

- Otro paquete *CL_TK* es recibido y la dirección del origen es mayor que su dirección. Si dos o más estaciones enviaron un *CL_TK*, se resuelve que la estación con dirección mayor llega a ser el monitor activo.
- Un paquete *Beacon (BCN)* es recibido. Este paquete es enviado como resultado de una falla grave en el anillo, como una ruptura. El paquete *BCN* es usado para localizar y aislar la fallas. En este caso, el anillo necesita ser reparado antes de decidir quien será el ganador en esta competencia.

- Un paquete *Purge (PRG)* es recibido. Este paquete es enviado al final del procedimiento de *CL_TK* por la estación que ha llegado a ser el monitor activo. Esto significa que la competencia ha sido ganada por otra estación, es decir no tendría sentido seguir compitiendo.

En cualquiera de los casos anteriores, el monitor de reserva conserva su estado. Si una estación recibe el paquete *CL_TK* que generó, ésta será el monitor activo y emite un paquete *Purge* para informar a las otras estaciones que hay un nuevo monitor activo. En este punto, el nuevo monitor activo añade un *buffer* de 24 *bits* al anillo y comienza a monitorear la red.

Antes de unirse al anillo, una estación nueva envía un paquete de prueba de dirección duplicada (*Duplicate Address Test, DAT*) como parte del procedimiento de inicialización del anillo. El paquete *DAT* es enviado con su propia dirección en el campo de dirección destino. Si otra estación responde activando los *bits AC* a 11, entonces la otra estación tiene la misma dirección. La nueva estación regresa un código apropiado de estado. El *software* de monitoreo de la red puede detectar este código y lo procesa con un mensaje de error apropiado.

Otra característica del estándar 802.5 del *IEEE* es el mecanismo de acceso con prioridad. El *token* tiene dos campos, el campo de prioridad y el campo de reservación, que consiste de tres *bits*. Un total de ocho valores de prioridad se pueden definir (0 a 7). El campo de reservación es cambiado a 0 por la estación transmisora. Si una estación quiere tener prioridad en el acceso, puede colocar su valor de prioridad en el campo de reservación.

Después de que la estación transmisora recibe el paquete, copia el valor del campo de reservación en el campo de prioridad del nuevo *token* que genera. El *token* ahora tiene el valor de prioridad requerida. Solo estaciones con mayor o igual prioridad pueden tener acceso a este *token*.

Las estaciones de 16 Mbps no esperan el regreso del paquete de datos que está en la red, éstas liberan un *token* libre inmediatamente después de que la transmisión del paquete de datos ha terminado. Esto es llamado mecanismo de liberación de *token* temprano, que permite que hasta dos paquetes de datos se puedan transmitir en una *LAN token ring* al mismo tiempo.

4.2.4. Cableado

Las redes *token ring* tienen tres componentes básicos:

- Tarjetas de interfaz de red, que están disponibles en versiones de 4 Mbps y 16 Mbps
- Sistema de cableado
- Unidades de acceso multiestación, que sirve como concentradores para el sistema de cableado

Debido a que frecuentemente el *hardware* usado en una red *token ring* es manufacturado por *IBM*, varios de los componentes de esta red serán descritos en términos de productos *IBM*.

La unidad de acceso multiestación (*multistation access unit*) es también llamada *MAU* (aunque en la terminología de *token ring* recientemente se ha

cambiado su abreviación a *MSAU*, esto es para no confundirlo con la unidad de conexión al medio del *IEEE 802.3*). El *MAU* es un centro de cableado al cual las estaciones son conectadas. Además de los puertos para las estaciones, cada *MAU* está equipada con puertos *RI (Ring In)* y *RO (Ring Out)*, los cuales son usados para conectar varias *MAUs* juntas.

Las estaciones están conectadas a la *MAU* a través de los cables adaptadores. El cable adaptador del estándar *IBM token ring* está hecho de 8 pies del cable tipo 1 de *IBM*. El cable tipo 1 es un cable *STP*. El cable tipo 6 es similar al tipo 1, pero es más flexible; el cable tipo 6 puede también usarse para conectar estaciones de trabajo, aunque su uso principal es para cables de parcheo entre centros de cableado. El tipo 6 tiene un rango de trabajo más pequeño que el tipo 1. Uno de los extremos de este cable conecta al adaptador *token ring* a la estación y el otro extremo es un conector dual se inserta a uno de los puertos de la estación en la *MAU*.

Puede usarse también el cable tipo 3 se refiere a un cable telefónico convencional (*UTP*). El estándar 802.5 actualmente sanciona el cable *STP* para velocidades de transferencia de 4 y 16 Mbps. El cable *UTP* es sancionado sólo para 4 Mbps, sin embargo, los fabricantes como Proteon han desarrollado estrategias propietarias para implementar en cable *UTP* velocidades de transferencia de 16 Mbps. *IBM* también anunció que sus productos soportaban 16 Mbps con cable *UTP*, y junto con *SynOptics* desarrolló un estándar que propusieron al *IEEE*.

Reglas de diseño del IEEE 802.5

Las reglas para planear una red *token ring* pueden involucrar muchos conceptos, especialmente si la red está en los límites de la tecnología. Los

proyectistas de instalaciones *token ring* pueden obtener varias guías de planeación de este tipo de red que tienen disponibles en *IBM* y con otros fabricantes. En el caso particular de implementar la red *token ring* con *UTP* a 16 Mbps cada fabricante tiene sus propias reglas.

La tabla 4.8 resume las reglas para cablear en una *token ring*.

Tabla 4.8. Reglas de cableado para *token ring*

| Parámetros <i>token ring</i> | Tipo 1 y 2 | Tipo 3 |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Máx dispositivos por anillo | 260 | 96 |
| Velocidad de transferencia probadas | 16 Mbps | 4 Mbps |
| Estación a un solo <i>MAU</i> | 300 metros | 100 metros |
| Estación a múltiples <i>MAUs</i> | 100 metros | 45 metros |
| Máx <i>MAUs</i> por <i>LAN</i> | 12 | 2 |
| Distancia <i>MAU</i> a <i>MAU</i> | 200 metros | 120 metros |

Cableado de Tipo 1 y 2

Un máximo de 260 dispositivos se pueden conectar a un cableado en anillo con los cables tipo 1 y 2; sin embargo, las *MAUs* cuentan como dispositivos (tal como los repetidores y otros componentes de la red). Un número más razonable de dispositivos es 100. Para redes implementadas con una *MAU IBM*, sólo 12 *MAUs* pueden aparecer en el anillo. Por lo tanto, el anillo puede tener un máximo de $8 \times 12 = 96$ estaciones en la red.

Para los cables tipo 1 y 2, la máxima distancia entre la estación y la *MAU* es de 300 metros para una sola *MAU*, pero esta distancia se reduce a 100 metros para múltiples *MAUs*. Como una medida práctica, es mejor trabajar con 100 metros, aún para una sola *MAU*, debido a que las *LAN* tienen una

tendencia a crecer y más estaciones son añadidas, por lo que se requeriría probablemente más de una *MAU*.

La distancia máxima de *MAU* a *MAU* en una *LAN token ring* es 200 metros para estos tipos de cables.

Cableado de Tipo 3

Para el cableado del tipo 3, la distancia máxima entre la estación de trabajo y una sola *MAU* es de 100 metros, pero la distancia se reduce a 45 metros para varias *MAUs*. Como una medida práctica, es mejor trabajar con 45 metros, aún siendo una sola *MAU*. La razón es que las redes locales tienden a crecer y a aumentar las estaciones, por lo que eventualmente se requerirá más de una *MAU*.

La distancia máxima de *MAU* a *MAU* para una red *token ring* es de 120 metros.

Guía de cableado para *token ring*

Las guías generales de cableado para *token ring* son:

- Las estaciones localizadas a 8 pies de una *MAU* pueden ser conectadas utilizando un cable adaptador de 8 pies.
- Las estaciones alejadas más de 8 pies de la *MAU* pueden conectarse por cordones de extensión (o cables adaptadores más largos se pueden construir).

- Para formar un anillo utilizando múltiples *MAUs*, se conecta un cable de parcheo desde el *RO (Ring Out)* de la primera *MAU* al *RI (Ring In)* de la segunda *MAU*. Se continúa haciendo esto para todas las *MAUs* hasta que la última *MAU* es conectada. Entonces se conecta el *RO* de la última *MAU* al *RI* de la primera *MAU*.
- Las estaciones no pueden conectarse a los puertos *RI* o *RO*. Estos puertos únicamente se usan para interconectar *MAUs*.
- Los cables de parcheo (Tipo 6 de *IBM*) no pueden ser unidos.
- Los cables de parcheo del tipo 6 no deben usarse en cualquier ducto que maneje aire. El tipo 9 de *IBM*, se puede usar para esos casos.

4.2.5. Equipos y Componentes

El *hardware* para *token ring* ha evolucionado significativamente desde su primera generación. En un principio las tarjetas de interfaz eran más caras comparadas con las tarjetas para *Ethernet*, y se limitaban a 4 Mbps. La *MAU* original de *IBM* fue la 8228, que añadía un costo aproximado de \$80 por estación.

Cada estación *token ring* debe tener un cable individual que llegue al concentrador, aún si está a unos pies de una estación vecina. Debido a que en las primeras redes *token ring* requerían cable tipo 1 o tipo 2, el tipo de cableado se veía frecuentemente como una obligación seria.

En esta etapa, *Ethernet* tenía dos ventajas sobre la aceptación de *token ring*: la eficiencia y el costo. Muchos de los proyectistas de redes vieron ventajas en *token ring* solo cuando la alta confiabilidad o compatibilidad con arquitecturas de red basadas en *mainframes IBM* justificaban el alto costo de instalación.

Aún en sus inicios *token ring* ofrecía significativas ventajas en términos de confiabilidad, tolerancia a fallas y diagnóstico. Entre estas ventajas están:

- Un camino redundante de cableado permitiría que la red continuara funcionando, a pesar de que una falla ocurriera en el camino primario.
- Un cableado con topología en estrella permite identificar fácilmente el malfuncionamiento de las estaciones y retirarlas de la red.
- El control del protocolo permitía detectar automáticamente y corregir muchos errores.
- La interfaz de administración de red entre las *NICs token ring de IBM* y las herramientas de administración de red *IBM*, como *NetView* y *NetView PC*.
- Un mecanismo de control de acceso determinístico que hacía que *token ring* fuera conveniente para aplicaciones de red en tiempo real, como el control de proceso de manufactura.

Por lo anterior, había incentivos significativos para incrementar la eficiencia y bajar el costo de las redes *token ring*, y tanto *IBM* como sus competidores han continuado fomentado el estándar.

IBM raramente tiene la tendencia de disminuir el costo de las redes *token ring*. En parte, esto se debe a su extremadamente conservativa renuencia a implementar redes de 16 Mbps en el cable *UTP*. *IBM* ha dicho que el cable *UTP* genera demasiada interferencia en radiofrecuencia para ser aceptable, y ha especificado *token ring* de 16 Mbps para los costosos cables de los tipos 1 y 2.

Los fabricantes de la competencia tienen una ventaja sobre *IBM* porque han comercializado *token ring* de 16 Mbps en *UTP*. Quizás el fabricante más notable es Proteon, que comercializó con mucho éxito la línea de *MAUs* de 16 Mbps que aceptaban cableado *UTP*.

La vieja *MAU 8228* de *IBM*, es un dispositivo pasivo, que contiene un sistema de retrasos que controlan las conexiones de las estaciones a la red. El 8228 está equipado con ocho puertos para las estaciones, además de un puerto *RI* y otro *RO*. Debido a que es un dispositivo pasivo, el 8228 no requiere suministro de potencia y es confiable, pero no ofrece soporte para administrar la red. Por esta razón, las *MAUs* pasivas han ido disminuyendo en las grandes redes.

Los centros de cableado series 70 de Proteon son *MAUs* inteligentes que están disponibles en modelos que soportan *UTP* via conectores *RJ-45*, así como *STP* utilizando los conectores tradicionales de *token ring*. Las *MAUs* de las series 70 están equipadas con *LEDs* y switches que facilitan el monitoreo y la reconfiguración de la red. Proteon ha sido el impulsor de la eficiencia en *token*

ring, y las series 70 soportan velocidades de transmisión de 16 Mbps en cables *UTP* y *STP*.

TokenVIEW Plus y *TokenVIEW Monitor* de Proteon son paquetes de *software* para monitorear la red de manera central y además administrar los *MAUs*. *TokenVIEW Plus* monitorea el estado en los anillos individuales; *TokenVIEW Manager* trabaja con múltiples estaciones *TokenVIEW Plus* para crear un sistema de administración distribuida que permite tener todas las estadísticas en una computadora centralizada de administración.

IBM también tiene concentradores activos. La *Controlled Access Unit (CAU) 8230* es un concentrador inteligente que tiene capacidad hasta de 80 dispositivos, operando a 4 Mbps o 16 Mbps, compartiendo el mismo concentrador. Muchas funciones de recuperación de errores que se hacían manualmente, se hicieron automáticas. El 8230 reportaba una variedad de datos de desempeño y fallas a los programas de administración de redes como *IBM LAN Network Manager*.

Las herramientas de administración de *IBM* llegaron a ser más valoradas en ambientes que incluían *mainframes IBM*; *Netview* se ejecutaba en una *mainframe* que podía recibir alertas desde los anillos y podía unificar la administración de las redes *token ring* y *SNA*.

IBM también implementó en su *CAU 8230* los componentes para soportar 16 Mbps en *UTP* en redes *token ring*.

4.2.6. Mercado

El estándar 802.5 fue respaldado principalmente por *IBM*. El resultado del auspicio de *IBM* parece ser un estándar que no es enteramente consistente en su enfoque con los otros estándares, sea en detalles operacionales o en definiciones (que pudieran haber sido más o menos los mismos protocolos) y que (cuando menos originalmente) tenían varios vacíos. Para principios de los 90s varios fabricantes incursionaban en el mercado de respaldo de *token ring*, aunque el número de fabricantes que producen tarjetas *token ring* no se acerca al número de fabricantes de *hardware* 802.3, entre los cuales se pueden mencionar *Proteon* y *SynOptics*.

4.2.7. Tendencias Tecnológicas

Con respecto a las redes con topología de anillo se han desarrollado estándares que ofrecen alta velocidad como la red *Fiber Data Distribution Interface (FDDI)* y el estándar 802.6 del *IEEE*.

Un problema fundamental con los estándares 802.3 y 802.5, haciendo aun el debate sobre cuál ofrece mayor nivel de desempeño, es que durante el siguiente milenio se necesitarán sistemas de mayor velocidad. Ni los 10 Mbps del 802.3 ni los 16 Mbps del 802.5 son suficientes para satisfacer las demandas que enfrentarán los fabricantes de redes de área local.

Con las demandas crecientes de transmisión de gráficos, video y otros datos en grandes volúmenes, la tecnología se dirigirá hacia redes de área local más veloces.

4.3. *FIBER DATA DISTRIBUTED INTERFACE*

4.3.1. Antecedente Histórico

La tecnología *FDDI* es un estándar del *ANSI (American National Standards Institute)* que soporta una velocidad de transmisión de 100 millones de *bits* por segundo (100 Mbps). Este estándar fue desarrollado por el *Accredite Standards Committe (ASC) X3T9.5* en respuesta a la necesidad de mejorar el desempeño de los canales de entrada y salida. El Comité X3T9 es el encargado de implementar las interfaz de computadoras y periféricos. El Comité X3 es responsable de desarrollar estándares para los sistemas de procesamiento de información y es el padre del comité X3T9.

Primero para desarrollar este estándar, el comité X3T9 estuvo ocupado con la especificación para *Locally Distributed Data Interface (LDDI)*. Aunque la especificación de *LDDI* era de 50 Mbps, tenía limitaciones significantes en velocidad, complejidad en la implementación y alto costo. Estas limitaciones y los avances en la tecnología de fibra óptica, proporcionaron los motivos para desarrollar el estándar *Fiber Data Distributed Interface (FDDI)*.

Como un estándar, *FDDI* se desarrolló rápidamente. La propuesta de desarrollo inicial de *FDDI* se hizo en octubre de 1982 por James Hamstra, un diseñador de *Sperry* (ahora *Unisys*), y otros miembros del comité. Esta propuesta fue aprobada por ASC X3 a finales de 1983.

Esta propuesta necesitaba incorporar las necesidades de una red de área local de propósito general. Estas necesidades incluían soporte para un gran número de estaciones con tolerancia de fallas no atendidas y operación descentralizada. En menos de un año (junio 1983), las propuestas iniciales fueron hechas para el control de acceso al medio (*MAC*) y la capa física (*PHY*).

En octubre de 1984, el *MAC FDDI* fue enviado para evaluarlo y en 1986 llegó a ser un estándar *ANSI*. La capa física del modelo *OSI* se dividió en dos subcapas *Physical Medium Dependent* y *Physical Medium Independent* que alcanzaron su reconocimiento a mediados de 1986.

El proyecto de desarrollar un estándar para la administración de las estaciones (*station management, SMT*) en *FDDI* fue aprobado en agosto de 1984. Una propuesta para desarrollar la dependencia del medio físico a la fibra óptica multimodo (*MMF PMD, multimode fiber physical medium dependent*) se hizo en junio de 1985 (ya está incluida en el estándar *ANSI*). A principios de 1986, se realizó la propuesta de *FDDI-II* para que fuera modificado el estándar original para incluir voz y video en tiempo real junto con datos. Esta capacidad fue llamada control de anillo híbrido (*HRC*). Debido a que *MMF PMD* limitaba la distancia entre los nodos a dos kilómetros, fue necesario que *FDDI* permitiera distancias mayores a las planeadas. Este incremento fue posible gracias al uso de la fibra óptica monomodo (*single-mode fiber, SMF*). De hecho, el proyecto de la fibra óptica monomodo *PMD* fue aprobado en agosto de 1987. A partir de 1988, *SMF PMD* estuvo disponible como una alternativa del *PMD*.

La primera demostración pública de la interoperabilidad de *FDDI* fue en *Advanced National Testing Center*, en *Advanced Micro Devices* y en *Interop* en 1989.

4.3.2. Topología

La topología de *FDDI* es un doble anillo que es parte de las ventajas de este estándar debido a que uno de ellos es un camino redundante de datos, en los anillos los datos circulan en sentido contrario, en la figura 4.7 se puede

apreciar. Cuando ocurre una falla en el anillo primario automáticamente se conmuta el camino de los datos al otro anillo, en el nodo de falla.

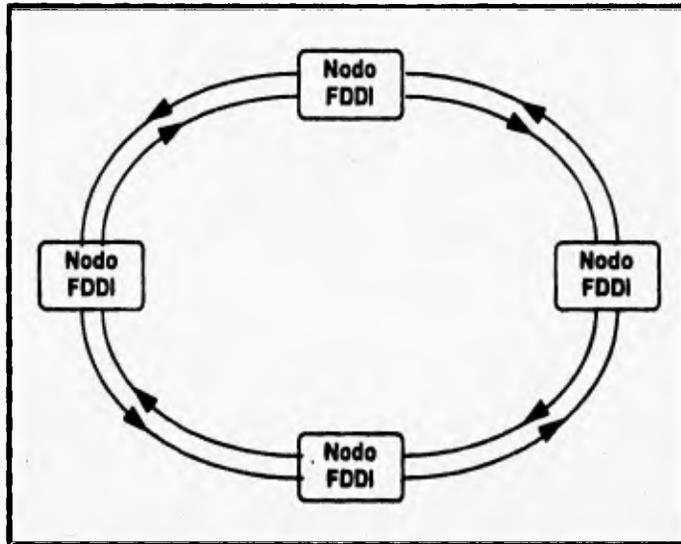


Figura 4.7. Topología de FDDI

4.3.3. Estándares y Protocolos

FDDI fue definido para proporcionar servicios de comunicación al *LLC* del estándar 802.2 del *IEEE*. Este estándar divide a la capa física del modelo *OSI* en dos subcapas:

- *PMD*, *Physical Medium Dependent*, en donde se especifican las características de los medios de transmisión y la forma en que los nodos se conectan físicamente al anillo.

- *PHY Physical medium-independent*, en la cual se trata la codificación de los datos digitales.

Así mismo provee los mecanismos de control de acceso al medio (*MAC*), que proporcionan servicios que son requeridos por el protocolo *LLC* desarrollado por el *IEEE 802.2*. Este depende de los servicios proporcionados por los protocolos de la capa física definidos para *FDDI*. También provee de un conjunto de servicios de administración para la entidad de la administración de la estación local (*local station management, SMT*). La función primaria es liberar los datos proporcionados por el *LLC* local en forma de paquetes a la red. Esta tarea se realiza utilizando el protocolo *token passing* que proporciona el acceso al anillo usando un *token* que circula en el anillo. Además de proporcionar el acceso al medio, el protocolo *MAC* provee direccionamiento de la estación, generación, repetición y verificación de paquetes.

La relación de las capas de *FDDI* con el modelo *OSI* se muestran en la figura 4.8.

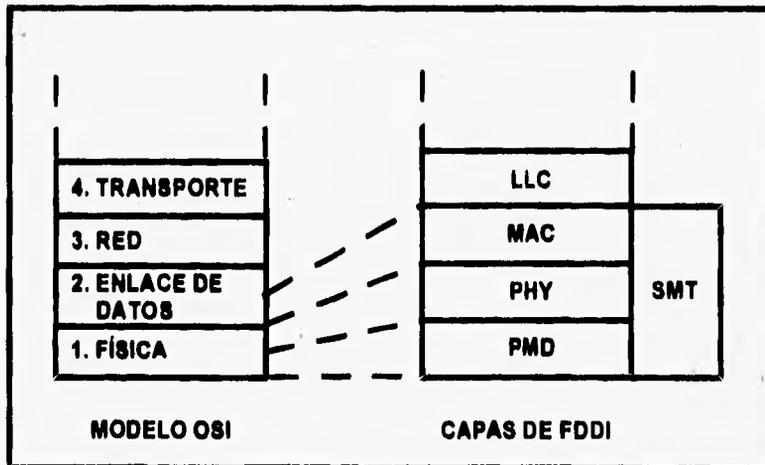


Figura 4.8. Comparación del modelo *OSI* con las capas de *FDDI*

Subcapa *PHY*

La subcapa *PHY* de *FDDI* es independiente del medio, usa un esquema de codificación especial 4B/5B que es confiable y eficiente. El protocolo soporta y define un mapeo de 4 bits de datos originados en el *MAC* a 5 símbolos de codificación. Estos símbolos incluyen símbolos de información, de control y de paquetes.

Lógicamente, la subcapa *PHY* consiste de un camino de transmisión y otro de recepción. Finalmente, interactúa con sus capas adyacentes como la *PMD*, *SMT* y *MAC*.

Esta subcapa recibe datos del *MAC*, los codifica y solicita al *PMD* la transmisión en la red. La *PHY* interactúa con *SMT* y mantiene a la capa *SMT* informada de los cambios de estado en la línea actual.

Operación de la capa *MAC* en *FDDI*

El protocolo *MAC* opera pasando un *token* secuencialmente de estación a estación alrededor del anillo. Una estación que desea transmitir un paquete de datos remueve el *token* del anillo, esto es, "captura" el *token* y procede a transmitir los paquetes. Al final de la transmisión, la estación envía el *token* a la siguiente estación del anillo. El protocolo *MAC* controla la rotación del *token* para proporcionar el límite máximo de tiempo en el que al *token* se le permite circular. Controlar el tiempo de rotación del *token* permite hacer eficiente la integración de múltiples clases de servicios de datos. La cantidad y tipo de datos de la transmisión es constantemente ajustado basados en su prioridad y en el tiempo de rotación del *token*. Una vez que el paquete de datos es transmitido, cada flujo del *MAC* examina y repite los paquetes nuevos,

verificando la integridad de los datos al mismo tiempo. Si la dirección destino del paquete corresponde a la dirección local *MAC*, el paquete es copiado en el *buffer* local. Eventualmente, el paquete de datos va a viajar en todo el anillo hasta alcanzar el *MAC* que transmitió el paquete. El *MAC* reconoce un paquete que transmitió comparando la dirección origen del nuevo paquete con su propia dirección. Si la dirección corresponde, el paquete es removido del anillo. Este proceso es llamado *stripping*.

Además del acceso al medio, el protocolo *MAC* es responsable de la inicialización del anillo y la recuperación de errores. El mecanismo de detección y recuperación de errores son proporcionados para restablecer la operación del anillo cuando los errores en la red o en la transmisión causen una falla en la operación. Un proceso de un algoritmo distribuido conocido como *claiming* es ejecutado por todos los *MACs* en el anillo *FDDI* para establecer un tiempo de rotación del *token* y crear un *token*. Cuando ocurre una falla seria en el anillo o el proceso *claim* falla, el protocolo *MAC* invoca el proceso *beacon*. Si existe una falla, el proceso *beacon* aísla y localiza la falla. Cuando el problema es corregido, el proceso *beacon* termina, y el protocolo *MAC* comienza a inicializar el anillo utilizando el proceso *claim*.

Además de la sincronización del tiempo del *token*, el protocolo *MAC* difiere del 802.5 del *IEEE* en la manera en la que el *token* es liberado después de la transmisión del paquete. El protocolo *FDDI* emite un nuevo *token* inmediatamente después de la transmisión del *token*, mientras que en el *IEEE* 802.5, una estación emite un *token* solo después de que la parte principal del paquete transmitido regresa. Liberando tempranamente el *token* se reduce el retraso del acceso para los paquetes transmitidos, puesto que las estaciones reciben el *token* inmediatamente después de que la transmisión del paquete termina. La utilización del anillo es también incrementada, ya que los

paquetes de múltiples estaciones son permitidos en el anillo al mismo tiempo. La liberación temprana del *token* es una característica importante del protocolo *MAC* que permite la operación eficiente a 100 Mbps.

Formatos de los paquetes en el protocolo *MAC*

Las estaciones en *FDDI* se comunican a través del uso de unidades de información de longitud variable. Hay dos tipos de unidades (protocol data units) usados por el *MAC*: los paquetes y los *tokens*. Un paquete *FDDI* es usado por las estaciones individuales para transferir varios tipos de información como datos, inicialización y recuperación de información. La longitud de un paquete está limitado a un máximo de 4500 bytes y pueden tener o no un campo de información. El *token* circula por las estaciones *FDDI* y se usa para determinar la correcta transmisión de los datos, es simplemente un paquete especial con longitud fija. Los formatos de los paquetes y los *tokens* se muestran en la figura 4.9 y están acompañados por las descripciones de los campos individuales.

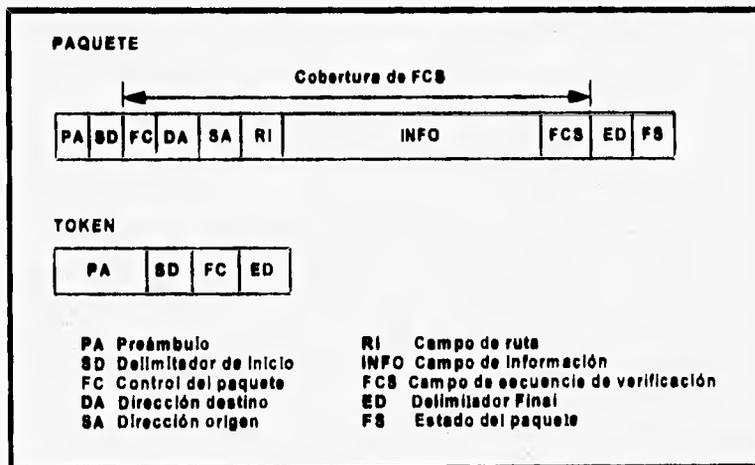


Figura 4.9. Formatos del paquete y del *token*

Preámbulo

El campo preámbulo precede a todas las transmisiones con un mínimo de 16 símbolos. En una operación normal del anillo, todos los paquetes y los *tokens* están separados por un intervalo de preámbulo. Estos símbolos se usan con el propósito de sincronizar los símbolos nuevos con el receptor lógico en la capa física. Una implementación del *MAC* puede requerir un mínimo de 12 símbolos de preámbulo para copiar los paquetes recibidos. Para un *token*, la longitud del preámbulo puede ser cero o una cantidad mayor.

Delimitador de inicio

El delimitador de inicio (*Starting Delimiter, SD*) establece el límite inicial del paquete y del *token*. Consiste de un solo par de símbolos y es reconocido como cualquier símbolo límite. Todos los paquetes y *tokens* válidos deben comenzar con un delimitador de inicio.

Control del paquete

El campo de control del paquete (*Frame Control, FC*) define el tipo del paquete con varias opciones. El campo *FC* identifica la fuente o destino del paquete entrante y es usado para permitir varias entidades (*LLC, SMT, etc*) para ser vinculados al *MAC* en la siguiente capa. Este campo también distingue entre las clases de prioridad asíncrona tal como los paquetes *MAC* de los procesos *claim* y *beacon*. El campo es típicamente usado por el *MAC* para demultiplexar los paquetes entrantes en las colas recibidas por separado o en estructuras de memoria. Este procedimiento facilita el procesamiento a las capas superiores. Durante la transmisión, el *MAC* usa este campo para

distinguir entre las prioridades asíncronas, los paquetes síncronos, los paquetes *SMT* y *LLC*.

El *bit* para la clase del paquete, *C*, indica que si el paquete es asíncrono (*bit C* = 0) o síncrono (*bit C* = 1). El *bit* de longitud del paquete, *L*, define la longitud de las direcciones *MAC* origen y destino; *L* = 0 indica direcciones de 16 *bits*, *L* = 1 indica direcciones de 48 *bits*. Los *bits* del formato del paquete, *FF*, junto con los *bits C* y *F* y los subsecuentes *ZZZZ* indican los diferentes tipos de paquete.

Los paquetes que tienen los *bits FF* = 00, son empleados para la administración de la red. Estos paquetes solo sirven en anillos locales y no son enviados a otras redes por los puentes. También, los *tokens* recibidos por el *MAC* pueden ser distinguidos por el *bit L*, que indica si son restringidos o no restringidos. Para *SMT*, *MAC*, *LLC* y los paquetes reservados para la implementación, los *bits* de control *ZZZZ* tienen un significado especial, (algunos de los cuales están definidos en el estándar *MAC*) para la(s) estación(es) direccionada(s) por el campo de la dirección destino; los *bits* de control del paquete *MAC* son interpretados por todos los *MACs*. Por ejemplo, los *bits ZZZZ* para los tipos del paquete *LLC* son usados para implementar prioridades asíncronas; si los *bits ZZZZ* son iguales a 0111, el paquete es considerado de prioridad 7; si los *bits* son 0000, el paquete tiene prioridad 0.

El paquete *SMT* definido por el campo *FC* de 0L00 0111 tiene propiedades especiales. El paquete *Next Station Addressing (NSA)* es útil para determinar la primera terminación del paquete de la estación vecina de un *MAC*. El indicador *C* en el campo del estado del paquete de un paquete *NSA* es actualizado solo por el siguiente *MAC* direccionado del anillo. El siguiente *MAC* direccionado es distinguido por el hecho de que el indicador *A* del paquete

recibido es restablecido. Entonces, si un *MAC* recibe un paquete *NSA* y el indicador *A* es restablecido, el transmisor de este paquete (conocido como *SA*) es la primera estación vecina. Los paquetes *NSA* son usados por el protocolo de administración de la estación para determinar un mapa lógico del anillo y verificar las direcciones duplicadas en un anillo en funcionamiento.

Direcciones destino y origen

El estándar *MAC* define las direcciones de 16 o 48 *bits* de longitud. Dos campos están reservados en un paquete *FDDI* para la dirección destino (*Destination Address, DA*) y la dirección origen (*Source Address, SA*). Aunque cualquiera de las modalidades de la longitud de la dirección puede estar deshabilitada para las operaciones particulares del protocolo, por ejemplo, cuando no es capaz de realizar las operaciones solicitadas en ambos modos, como la repetición de paquetes, el reconocimiento de la dirección *broadcast* (todos en unos, 16 o 48 *bits*), y la reacción propia de recuperar paquetes *MAC*.

El campo de dirección destino contiene la dirección *MAC* para el destinatario o destinatarios. Los dos *bits* más significativos de la dirección de 48 *bits* tienen significados especiales. El *bit* más significativo, *I/G*, controla si la dirección es individual o es un grupo de direcciones (*I/G* = 0 para una dirección, *I/G* = 1 para un grupo). Una dirección individual selecciona un *MAC* específico en el anillo, todas las demás deben tener direcciones únicas. El grupo de direcciones, definidos por convención, son también permitidos para seleccionar múltiples *MACs* relacionados en el anillo. El soporte para la dirección *broadcast*, todos unos, que direccionen a todos los *MACs* en el anillo es requerido para todas las estaciones. Una opción de dirección nula, todos ceros, es permitido en ciertas condiciones para las funciones de administración; hay limitaciones específicas que están asociadas con esta opción para prevenir la

interrupción de la operación normal del anillo, ya que esta característica permite que una condición de dirección duplicada pueda ocurrir. El segundo *bit* en el campo *DA*, *U/L*, es usado para la dirección de administración. Este *bit* indica si la dirección está siendo administrada por una autoridad "universal" ($U/L = 0$) o lo está siendo localmente ($U/L = 1$). En una dirección de 16 *bits*, sólo el primer *bit* *I/G* es utilizado. El protocolo *SMT* requiere que sólo las direcciones administradas universalmente (obtenidas de la oficina de estándares del *IEEE*) sean usadas durante la operación del anillo.

La dirección fuente (*SA*) contiene la dirección *MAC* del transmisor del paquete que es de 16 o 48 *bits*. Excepto para situaciones cuando el *MAC* está operando con un puente, el *MAC* no puede generar un paquete que no contenga su propia dirección en el campo *SA*, y debe siempre asegurarse que los campos *DA* y *SA* tengan la misma longitud. El *MAC* de una estación transmisora usa el campo *SA* para determinar qué paquetes deben ser retirados del anillo. Cuando el campo *SA* del paquete entrante corresponde con la dirección local, se sobrescribe la información con símbolos sin significado. El resto del paquete ya repetido en el anillo va a ser removido por otra estación porque representa un paquete incompleto. Este proceso de sobrescritura del paquete entrante con símbolos sin significado constituye el *stripping* del paquete en el anillo.

El campo *SA* de 48 *bits* tiene dos *bits* especiales que son los más significativos. El *bit* más significativo, *RI*, es usado como un indicador de la ruta. Un valor de uno indica que existe un campo que contiene la información de la ruta inmediatamente después del campo *SA*. Este campo de ruta opcional (*RI*, *Routing Indicator*) contiene entre dos y treinta *bytes* de información. El primer *byte* en el campo *RI*, indica la longitud del campo en *bytes* ($xxxN$ $NNNO$), donde $NNNO$ es la longitud del campo en *bytes*). Si *RI* es 0, entonces no hay un campo *RI*. El segundo *bit*, *U/L*, es para administrar la dirección que

tiene el mismo significado que en el campo *DA*. Si es una dirección de 16 *bits*, este campo no existe. Sin embargo, el *bit* más significativo del campo de 16 *bits* está reservado para futuras estandarizaciones. El primer *bit*, en direcciones de 16 o 48 *bits*, debe ser ignorado durante la comparación de direcciones en cualquier *MAC* individual.

Campo de información

El campo de información (*INFO, Information Field*) contiene datos dirigidos a varias entidades de *FDDI*, como el *MAC, LLC* y *SMT*. Estos destinos son descifrados por los *bits* de control contenidos en el paquete en el campo *FC*. Para paquetes de supervisión de *MAC*, este campo tiene por lo menos cuatro *bytes* y contiene información *claim/beacon*. Para paquetes *claim*, el campo de información contiene el valor del *bit T*, y para los *beacon*, contiene el tipo. Para el tráfico *LLC* y *SMT*, el *MAC* debe estar habilitado para recibir y transmitir paquetes con un campo de información de hasta 4478 *bytes* (con cuatro símbolos para el preámbulo).

Campo de secuencia de verificación de paquete

El campo de secuencia de verificación del paquete (*Frame Check Sequence, FCS*) contiene información basada en un *CRC* de 32 *bits* usado para detectar errores en el paquete. Esta verificación abarca los campos *FC, DA, SA, INFO* y *FCS*, porque estos campos únicamente contienen símbolos de datos (los campos no abarcados en esta verificación no contienen datos). El campo *FCS* tiene una longitud de ocho símbolos (32 *bits*). El estándar *ANSI* polinomial es usado para calcular el *CRC*, y cualquier diferencia entre las secuencias de *bits* generadas y recibidas provocan un error en la transmisión. Cuando se detecta

un error, el indicador de error (E) en el campo de estado del paquete es activado, esto registra el error.

Delimitador final

Un delimitador final (*Ending Delimiter, ED*) que varía en tamaño dependiendo si es un paquete o es un token. Para un token, el campo *ED* está después del campo *FC* y consiste de un par de símbolos terminales (*Terminate, T*), esto es, *TT*. El campo *ED* de un paquete consiste de un sólo símbolo *T*. Este símbolo debe ser el primer símbolo en un par de símbolos. Si el símbolo *T* aparece como el segundo símbolo de un par de símbolos (un formato ilegal) un error en el formato es generado.

Campo de estado del paquete

El campo de estado del paquete (*Frame Status, FS*), sigue después del campo *ED*, contiene tres (opcionalmente más) símbolos indicadores de control especificando que un error se ha detectado, que una dirección ha sido reconocida y que un paquete ha sido copiado. Cada uno de estos indicadores tienen un símbolo de restablecimiento (*Reset, R*) o activación (*Set, S*). Para un paquete dado, el *MAC* origen transmite el indicador de error (E) como un símbolo *R*. El *MAC* entonces activa al indicador. Como el paquete es inspeccionado y repetido por *MACs* sucesivos, si un error es detectado y el indicador *E* no es una *S*, entonces un error ha ocurrido. El *MAC* entonces activa el indicador *E* con un símbolo *S*. El *MAC* también activa al indicador con un símbolo *S* cuando el indicador *E* no es recibido o ya es un símbolo *S*.

El segundo indicador de control para la dirección reconocida (*Address Recognized*) es también transmitida como un símbolo *R*. Un *MAC* que recibe y

tiene la dirección de destino correspondiente a su dirección individual o a su dirección de grupo, o un puente con el encaminamiento de origen que corresponde con la dirección de encaminamiento contenida en el campo *RI*, debe activar el indicador A con un símbolo S antes de la retransmisión. Si la dirección no corresponde, el paquete es repetido con el indicador que recibió.

De igual manera, el indicador de paquete copiado (*Frame Copied*) C, inicialmente tiene el símbolo R, es activado a S por el MAC que ha reconocido la dirección y ha copiado el paquete en su *buffer* de recepción. Un indicador que no tiene S o R se determina que no fue recibido.

Aparte de estos tres indicadores, un número arbitrario de otros indicadores (que no están en el estándar *FDDI*) pueden ser añadidos al campo *FS*. Estos indicadores opcionales deben ser repetidos por todos los MACs. El campo *FS* termina cuando cualquier símbolo aparte del R o S es recibido o el símbolo T está presente.

Capa SMT (Station Management)

La capa *SMT* permite a las redes *FDDI* mantener los servicios en la red. Esta reconfigura el flujo de datos dentro de los sistemas para proporcionar el servicio continuo en la red. Monitorea las tasas de error en los enlaces de fibra conectados para asegurar que la calidad de la línea es aceptable. Detecta y resuelve las condiciones de falla que puede prevenir en la operación de la red.

La *SMT* también proporciona información de la operación de los nodos de *FDDI* a los administradores de la red, a través de una amplia variedad de servicios de paquetes y definiciones de datos.

4.3.4. Cableado

La capa inferior de *FDDI*, conocida como *PMD (Physical Medium Dependent)*, describe las características de los medios de transmisión y la forma en que un nodo es conectado físicamente al anillo. Esta capa incluye la especificación de los conectores para *FDDI*, la operación del transmisor y receptor y el *switch* óptico.

El estándar *FDDI* permite los siguientes medios de transmisión:

- Fibra óptica multimodo (*Multi-Mode Fiber, MMF*)
- Fibra óptica monomodo (*Single-Mode Fiber, SMF*)
- Par trenzado no blindado (*UTP*)

MMF PMD

La fibra óptica multimodo ofrece soporte para terminaciones de fibra óptica menos costosas que para *SMF*, fácil alineación entre conectores y *transceivers*, y fuentes de luz de bajo costo como los *LEDs*.

El diámetro del centro de fibra óptica multimodo generalmente se especifica de 62.5 μm , mientras que el diámetro del revestimiento es de 125 μm . Esta disposición frecuentemente es referida como 62.5/125 μm . Para una fuente de luz con longitud de onda de 1300 nm, el *MMF PMD* especifica que la fibra tiene 500 MHz-km y las estaciones pueden estar separadas hasta 2 km.

Los nodos *FDDI* (estaciones o concentradores) están conectados al cable de la fibra óptica por medio de conectores llamados *media interface connectors (MICs)*.

Los *MICs* son identificados por *single-attached stations (SAS)*, *dual-attached stations (DAS)* y concentradores.

Un *SAS* tiene un solo *MIC*, contiene dos puertos de interfaz, un puerto de entrada primaria P_{in} y uno de salida primaria P_{out} . Un *SAS* actúa como un esclavo con respecto a los concentradores *FDDI* para conectarse al anillo principal, de aquí el porque un *SAS MIC* es llamado *MIC S (slave)*, un *SAS* se ilustra en la figura 4.10.

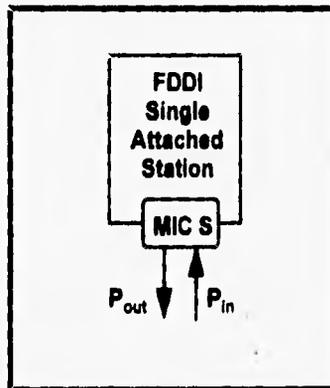


Figura 4.10. Single Attached Station

Un *DAS* tiene cuatro interfaz P_{in} y P_{out} , y dos puertos secundarios de respaldo S_{in} y S_{out} . El *MIC* que soporta los puertos P_{in} y S_{out} es llamado *MIC A*, y el que soporta P_{out} y S_{in} es llamado *MIC B*, un *DAS* se representa en la figura 4.11.

El número máximo de *DASs* en un anillo dual es de 500 (o 1000 *SASs* en un solo anillo), con una circunferencia total de 100 km (la distancia de un paquete de datos que viaja a través del anillo y regresa a su estación de origen).

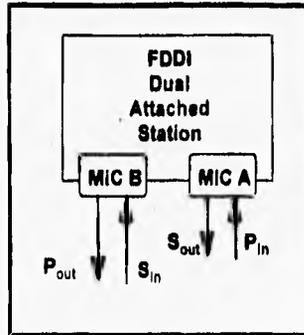


Figura 4.11. Dual Attached Station

Los concentradores son dispositivos que soportan la conexión de SASs a un anillo dual. El MIC en un concentrador que soporta un SAS es el maestro (*master*) o conector *M* y es llamado *MIC M*. Esto es, el *MIC S* es el compañero del *MIC M*. Los concentradores pueden ser de una sola conexión (*MIC S*) a otro concentrador o de doble conexión (*MIC A* y *MIC B*) a un anillo *FDDI*. La figura 4.12 ilustra un concentrador de una conexión (*SAC*) y un concentrador de doble conexión (*DAC*).

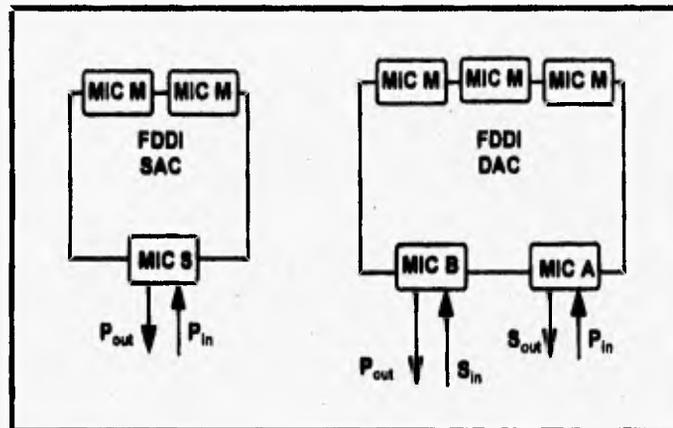


Figura 4.12.. Single Attached Concentrator y Dual Attached Concentrator

SMF PMD

La fibra mono modo fue desarrollada para extender las capacidades de *FDDI* a lo largo de múltiples campus y áreas metropolitanas. La *SMF*, es más cara por estación que *MMF*, es generalmente usada para crear *backbones* de grandes alcances geográficos y sin repetidores las distancias entre las estaciones son de 40 hasta 60 km.

El diámetro del centro de la fibra que se recomienda es de 8 a 10 μm con un diámetro de 125 μm de revestimiento. Como *MMF*, *SMF* recomienda una fuente de luz de 1300 nm.

Hay cuatro tipos de conectores para *SMF* que funcionan similarmente a los conectores para *MMF*:

- *SA* es la interfaz *DAS* para los puertos P_{in}/S_{out}
- *SB* es la interfaz *DAS* para los puertos P_{out}/S_{in}
- *SM* es la interfaz del concentrador que soporta *SAS SS*, *DAS SA*, o *DAS SB*
- *SS* es la interfaz para los puertos P_{in}/P_{out}

UTP PMD

En la versión en cable de cobre a la norma *FDDI* se le llama *CDDI* (*Copper Distributed Data Interface*). Aunque su costo es menor, las distancias del cable están limitadas debido a los problemas de atenuación y ruido. El cable de cobre sólo puede llegar a 100 metros, y emite una señal hacia el exterior del

cable que puede detectarse fácilmente, introduciendo así un riesgo en la seguridad.

La implementación de *FDDI* con *UTP*, normalmente se hace en la automatización de oficinas con cable *UTP* de categoría 5 de la *EIA/TIA*.

4.3.5. Equipos y Componentes

Los equipos que se requieren para la implementación de *FDDI*, son concentradores, puentes y enrutadores.

Los concentradores se usan para aumentar la longitud del anillo, y generalmente los puentes y los enrutadores se usan para interconectar dos *LANs*.

4.3.6. Mercado

Con la demanda de las necesidades de incrementar la velocidad de transmisión en las *LANs*, el mercado de *FDDI* se ha ido incrementando, debido, por ejemplo a que supera la velocidad de *Ethernet* 10 veces , además no es una tecnología propietaria como lo es *token ring*.

En el mercado existen varios fabricantes de equipo como *NICs*, puentes y enrutadores para *FDDI*, como son:

- *3Com*
- *BayNetworks*
- *Cabletron*

- *Cisco*
- *InterPhase*
- *Madge*
- *Rockwell*
- *SysKonnnect, Inc*
- *XLNT Designs*

4.3.7. Tendencias Tecnológicas

La velocidad, seguridad y robustez de la *FDDI* la convierten en una excelente opción para la conexión de servidores de archivos a estaciones de trabajo de escritorio, y de escritorio a escritorio. No obstante, basándose en el costo de los concentradores *FDDI*, las *NICs* y el cable, es necesario buscar otras opciones alternativas con mejor relación calidad/precio como *10BaseT*, que en muchas situaciones puede funcionar con par trenzado. Además, como alternativa de alta velocidad, la *FDDI* sufre del mismo mal que la *Ethernet* a 10 Mbps y *token ring* a 4/16 Mbps. Al añadir más estaciones de trabajo a una red *FDDI*, *Ethernet* o *token ring*, disminuye el ancho de banda disponible, porque todas las estaciones de trabajo deben compartir el mismo conducto de comunicaciones.

De acuerdo con estos factores, la *FDDI* juega un importante papel en las redes de los noventa. Existen básicamente tres configuraciones en las que se encuentra la *FDDI*: grupos de trabajo, conexiones de servidor y redes de soporte.

Por otro lado, de acuerdo a la actual demanda de que las redes soporten voz, datos y video, *FDDI* es una buena opción para cubrir estas necesidades en *LANs*, pero el siguiente paso es la interconexión de varias de éstas para lo cual

se seguirán desarrollado redes de área amplia que tengan alto desempeño en estas tareas. Ejemplos de estas redes son *frame relay*, *high-speed digital links*, *Switched Multimegabit Data Service (SMDS)*, *Broadband Integrated Services Digital Network* y sobresalientemente *Asynchronous Transfer Mode*.

Grupos de trabajo

Un grupo de trabajo de *FDDI* puede encontrarse en entornos que necesiten conferencias por video y por voz. En este contexto, se utiliza la *FDDI* para conectar un número de usuarios que comparten la misma aplicación. Por ejemplo, un campus puede utilizar un grupo de trabajo de *FDDI* para difundir debates de clase por video.

Conexiones de servidor

Como las redes actuales pueden aprovechar el *hardware* de altas prestaciones del servidor se dispone de la *FDDI* como un excelente punto de acceso al servidor de archivos. Si se coloca una *NIC* de *FDDI* en un servidor de archivos, se puede aumentar de forma ostensible la capacidad de procesado de información del servidor por un factor de diez con respecto a una *NIC* de 10 Mbps. Si se encaminan diez líneas *Ethernet* a 10 Mbps por un concentrador de conmutación que contenga una conexión *FDDI*, se puede garantizar el ancho de banda completo para cada estación de trabajo.

Redes de soporte

Una red de soporte *FDDI* puede adoptar muchas formas. Puede tratarse de una red de soporte basada en enrutador, en la que se conectan dos o más segmentos de red a un anillo *FDDI* por medio de enrutadores. Puede ser una

red de soporte colapsada, en la que existe un anillo similar, no por toda la empresa, sino dentro de los dominios de un único concentrador, al que están conectadas todas las subredes. Puede ser también una red de soporte centralizada, que proporciona un punto central de servicio para numerosos periféricos de red. Por ejemplo, a un único concentrador se puede conectar una serie de servidores de archivos, una plataforma de administración, numerosos concentradores de estación de trabajo y una conexión de datos públicos por medio de cables *FDDI*.

4.4. SELECCIÓN

Para elegir el estándar adecuado de red para el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, es importante hacer una comparación de las características de los tres estándares estudiados en este capítulo, lo cual se muestra en la tabla 4.9.

En el caso de *token ring* de 4 Mbps se podría migrar únicamente a 16 Mbps, pero se descarta este estándar para la red del INER, porque se espera que crezca en número de nodos y probablemente 16 Mbps no sean suficientes, además *Ethernet* tiene la posibilidad de migrar a 100 Mbps y *FDDI* puede migrar a *FDDI II* que hace más eficiente el protocolo de control de acceso al medio.

FDDI ofrece diez veces mayor velocidad de transmisión que *Ethernet*, lo que hace a éste estándar el más recomendable, así mismo su topología de doble anillo es una gran ventaja porque proporciona un camino redundante para la transferencia de datos y facilita la aislación de fallas, *Ethernet* ofrece también la última característica debido a que su topología física puede ser una estrella, sin embargo, no tiene redundancia.

Tabla 4.9. Comparación de los tres estándares

| | <i>Ethernet</i> | <i>Token Ring</i> | <i>FDDI</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Velocidad de transmisión | 10 Mbps | 4 - 16 Mbps | 100 Mbps |
| Topología lógica | Bus | Anillo | Doble anillo |
| Protocolo <i>MAC</i> | <i>CSMA/CD</i> | <i>Token passing</i> | <i>Token passing</i> |
| Medios de transmisión | Par trenzado blindado y no blindado Cable coaxial Fibra óptica | Par trenzado blindado y no blindado | Fibra óptica Par trenzado blindado |
| Costo | Costosa | Costosa | Muy costosa |
| Aplicaciones en tiempo real | No | Si | Si |
| Mercado | Muy amplio | Amplio | Amplio |
| Posibilidad de aumentar su eficiencia con el desarrollo de otro estándar con las mismas instalaciones | Si | Si, sólo de 4 a 16 Mbps | Si |

FDDI soporta aplicaciones en tiempo real, factor que no es determinante para la red del INER porque no se requieren aplicaciones de éste tipo.

Ethernet cumple totalmente con la especificación de compatibilidad entre productos y fabricantes, debido a que es el estándar más empleado en redes locales.

Por las ventajas que ofrece *FDDI* se recomienda que en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias se implemente si el presupuesto lo permite, sino es así, *Ethernet* es la segunda opción, porque es menos costosa y a mediano plazo se podría migrar a 100-BaseX (*Fast Ethernet*).

CAPÍTULO 5
RED DEL INER

CAPÍTULO 5

RED DEL INER

En el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias para implementar un proyecto se requiere que el Departamento de Control Presupuestal asigne una cantidad específica de dinero, la que se toma como base de comparación para el estudio de costos que realiza el Departamento de Adquisiciones, que es el encargado de solicitar cotizaciones a diferentes proveedores para establecer quien ofrece el mejor producto o servicio al menor costo, por tal motivo en esta tesis se presenta únicamente la parte técnica del proyecto de la red de cómputo del INER.

En el capítulo anterior se propuso que el estándar a implementar fuera *FDDI*, pero cuando el Departamento de Adquisiciones hizo el estudio de costos, determinó que la mejor propuesta excedía el presupuesto asignado, así que se llevó a cabo un estudio para *Ethernet* y esta vez el costo fue satisfactorio.

5.1. PROYECTO

Para la red del INER se ha decidido implementar *Ethernet* de 10 Mbps, para lo cual se deben planear adecuadamente los componentes que cumplen las especificaciones de dicho estándar.

Una parte importante en el diseño de una red es la topología física, debido a que repercute en gran medida en la posibilidad de crecimiento y en la prevención de fallas, esto implica definir las trayectorias de cableado así como los lugares en los cuales se colocarán los equipos de comunicaciones, para hacer esto se consideran las especificaciones de la norma de cableado estructurado para edificios comerciales *EIA/TIA 568*.

También se especifican los equipos de comunicaciones adecuados a las necesidades del Instituto.

5.1.1. Cableado

Considerando las especificaciones de la norma *EIA/TIA 568*, los cables que se van a emplear son:

- Cable con 6 hilos de fibra óptica multimodo de 62.5/125 μm con protección a humedad y roedores para el subsistema de campus que abarca 10 edificios
- Cable *UTP* categoría 5 para el subsistema horizontal

5.1.1.1. Trayectoria del cableado del subsistema de campus

La norma *EIA/TIA 568* especifica que la topología física para diseñar el cableado de una red es una estrella jerárquica distribuida, considerando que 10 edificios del Instituto se interconectarán se ha buscado un punto central para que sea el corazón de la estrella, dicho punto se ha localizado en un área de 3x3 metros, ubicada en el pasillo derecho del edificio de gobierno, a partir del cual se distribuyen las trayectorias de cableado hacia los edificios, lo cual constituye el subsistema de campus, ver figura 5.1. Para trazar las trayectorias se han considerado los lugares en los que se establecerán los equipos de comunicaciones, los cuales se muestran en las figuras correspondientes a cada edificio.

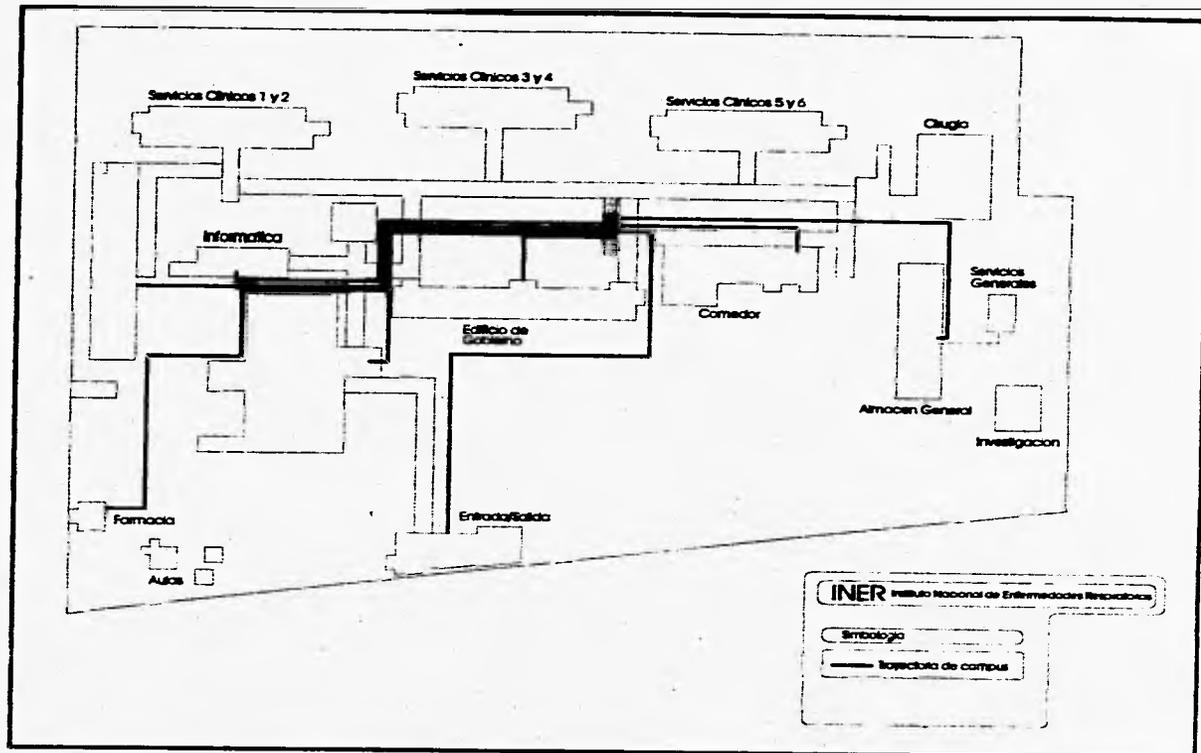


Figura 5.1. Topología de la red del INER

Como se observa en la figura 5.1 únicamente se tienen 8 trayectorias de fibra óptica, porque de los lugares de los equipos de comunicaciones ubicados en los edificios del Almacén General e Informática hay una separación menor a los 100 metros con respecto a los edificios de Servicios Generales y del Auditorio, respectivamente.

Los edificios del Instituto están comunicados por pasillos y sótanos, lugares por los que se ha optado llevar el cableado, en la figura 5.2 se presenta la trayectoria de la fibra óptica desde el punto central hasta los edificios y para alcanzar el Almacén General se propone que la fibra cruce por el techo del edificio de Cirugía.

5.1.1.2. Ubicación del equipo de comunicaciones y cableado del subsistema horizontal

En cada edificio al que llegará la fibra óptica se tendrá un *rack*, en el cual se integrarán los subsistemas de administración y de sala de equipos, además será el punto de unión del cableado del subsistema horizontal y el subsistema de campus.

Para el cableado del subsistema horizontal se empleará cable *UTP* de categoría 5, el cual se extenderá desde el *rack* hasta cada una de las entradas/salidas de datos especificadas en el capítulo 2 para cada uno de los edificios.

En la figura 5.3 se muestran la trayectorias del *UTP* para el edificio de Entrada/Salida, desde el *rack* hasta cada uno de los dos puntos de conexión.

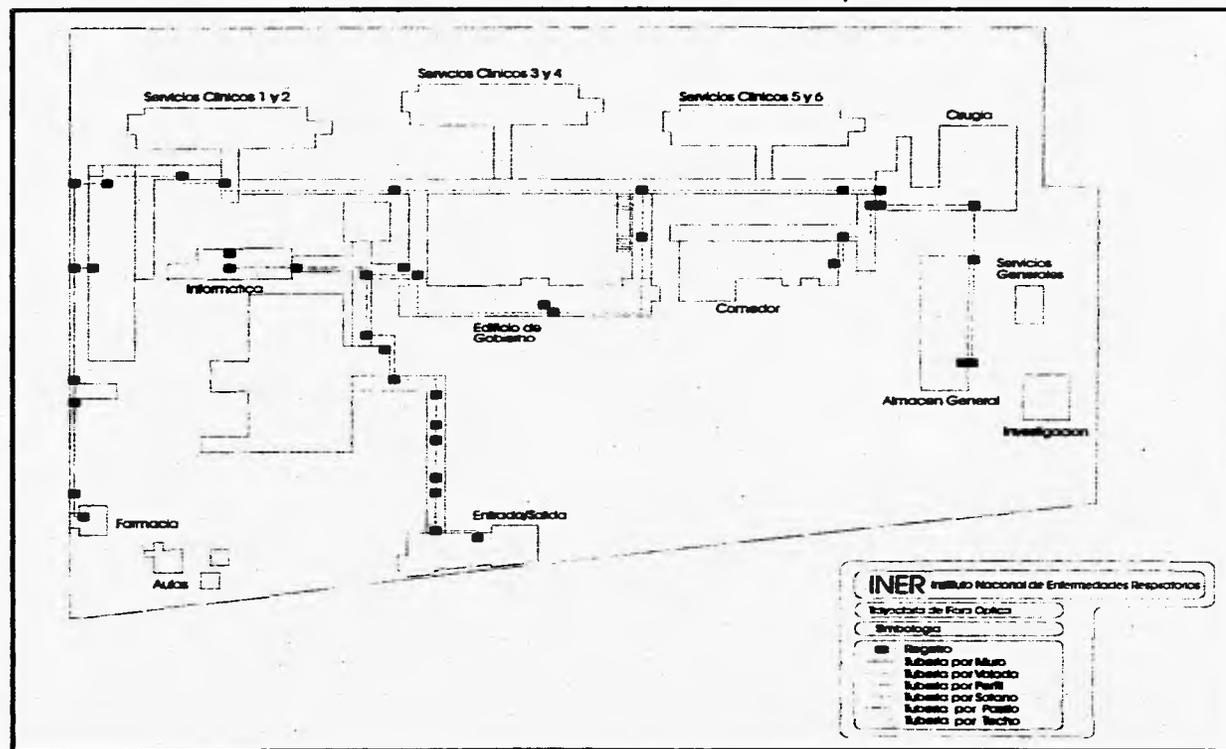


Figura 5.2. Trayectoria de campus

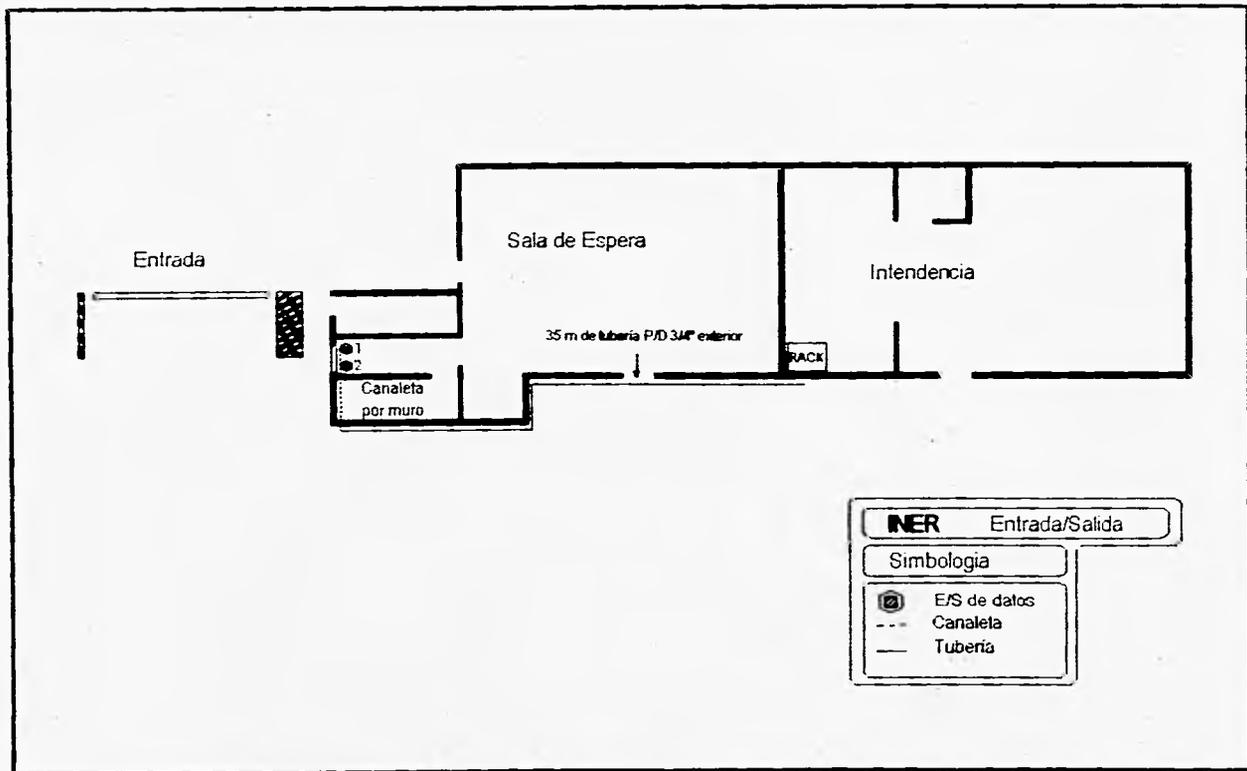


Figura 5.3. Cableado del edificio de Entrada/Salida

En la figura 5.4 se observan las trayectorias del *UTP* para el edificio de Farmacia, desde el *rack* hasta cada uno de los dos puntos de conexión.

Para el edificio de Enseñanza se muestran las trayectorias de *UTP* para los cuatro nodos en la figura 5.5.

En el edificio de Urgencias se tendrán tres entradas/salidas de datos y las trayectorias del *UTP* se ven en la figura 5.6.

En la figura 5.7 se observan las trayectorias del cableado para los once puntos de conexión de la planta baja del edificio de Informática, y en la figura 5.8 se muestran las diecisiete trayectorias de *UTP* para la planta alta.

En el Auditorio se tendrán tres puntos de conexión, y las trayectorias de *UTP* para alcanzarlos parten del *rack* de Informática y se localizan en las ubicaciones mostradas en la figura 5.9.

Para la planta baja del edificio de Gobierno se muestran en la figura 5.10 las trayectorias de cableado hacia los ocho puntos de conexión. Así mismo en la figura 5.11 se presentan las trayectorias hacia los quince nodos de la planta alta.

En el área que está junto al dispositivo central de la red se colocará una entrada/salida de datos, y su trayectoria se observa en la figura 5.12.

En la figura 5.13 se muestran las trayectorias hacia los 6 puntos de conexión del Almacén General y en la figura 5.14 las trayectorias hacia los cuatro nodos de Servicios Generales.

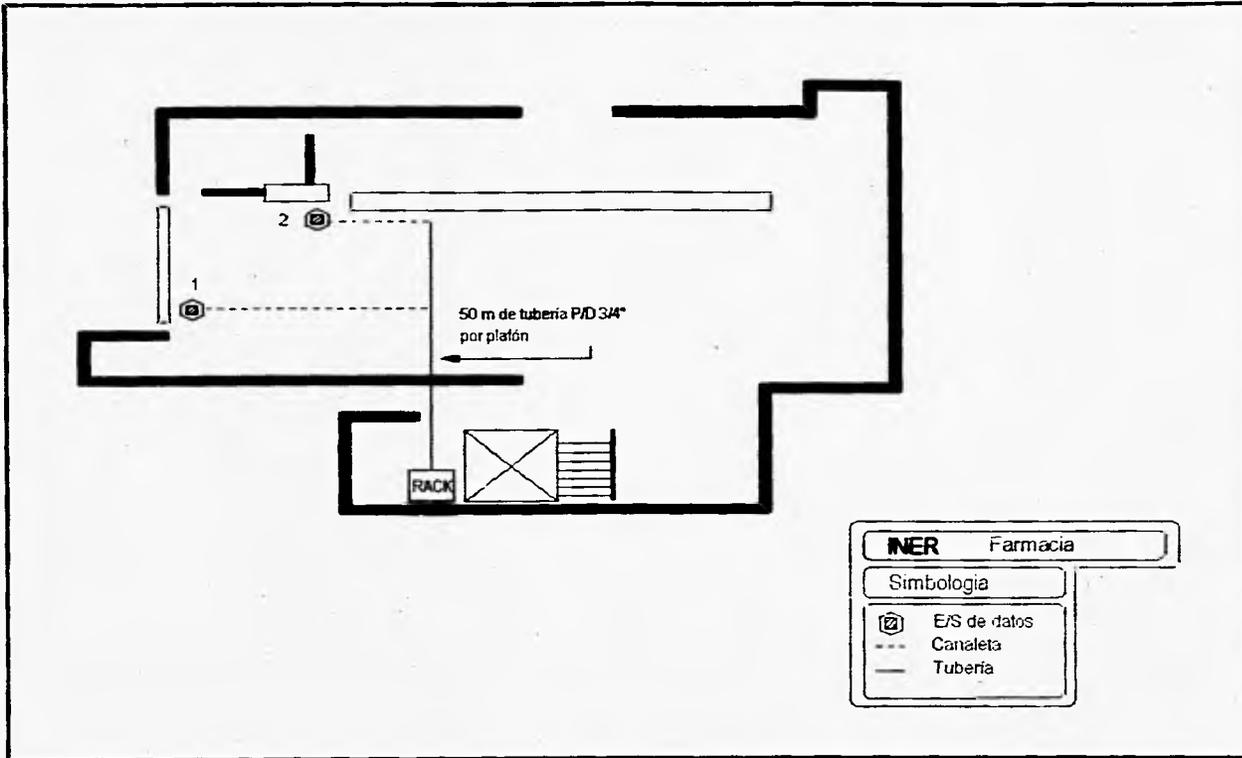


Figura 5.4. Cableado del edificio de Farmacia

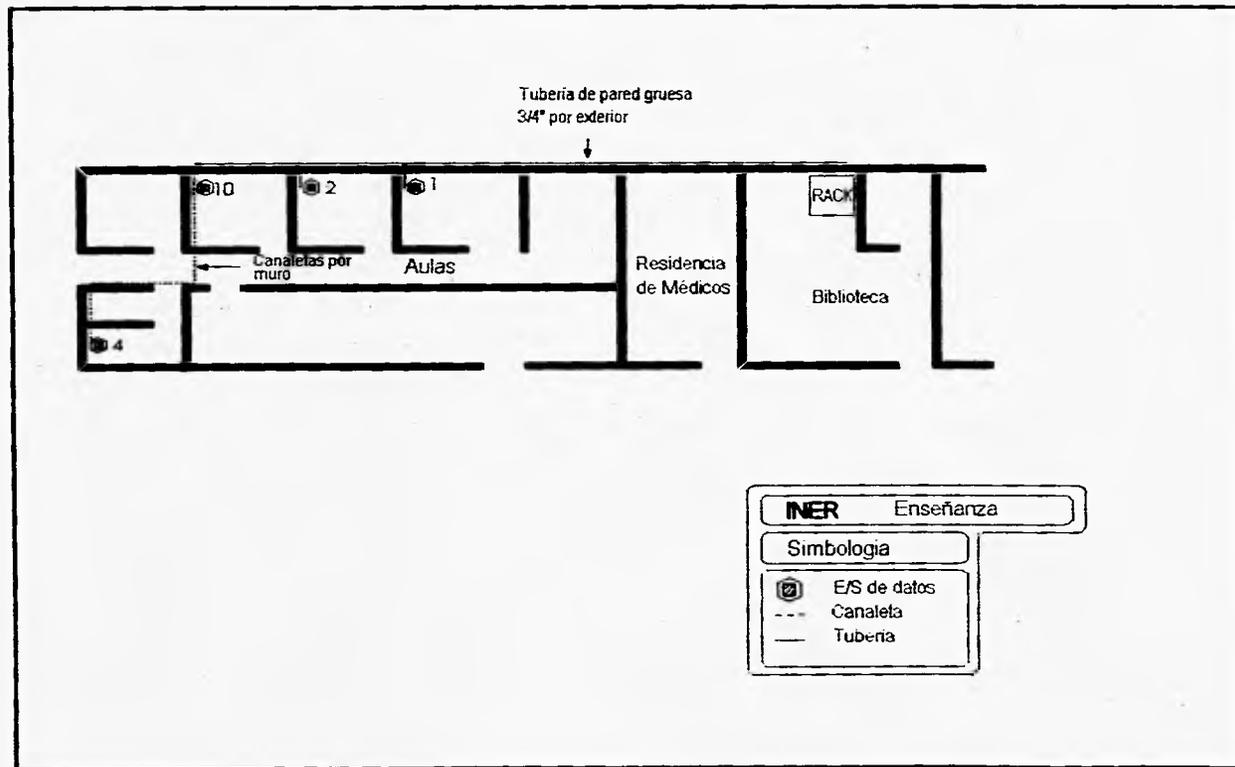


Figura 5.5. Cableado del edificio de Enseñanza

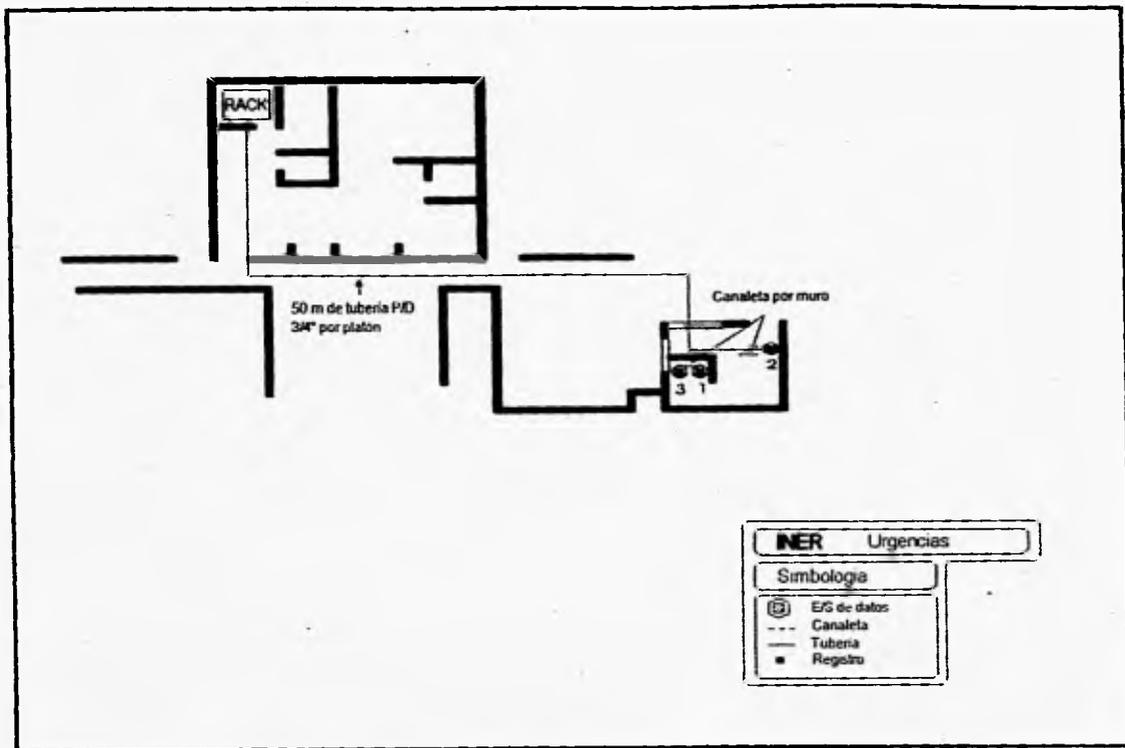


Figura 5.6. Cableado del edificio de Urgencias

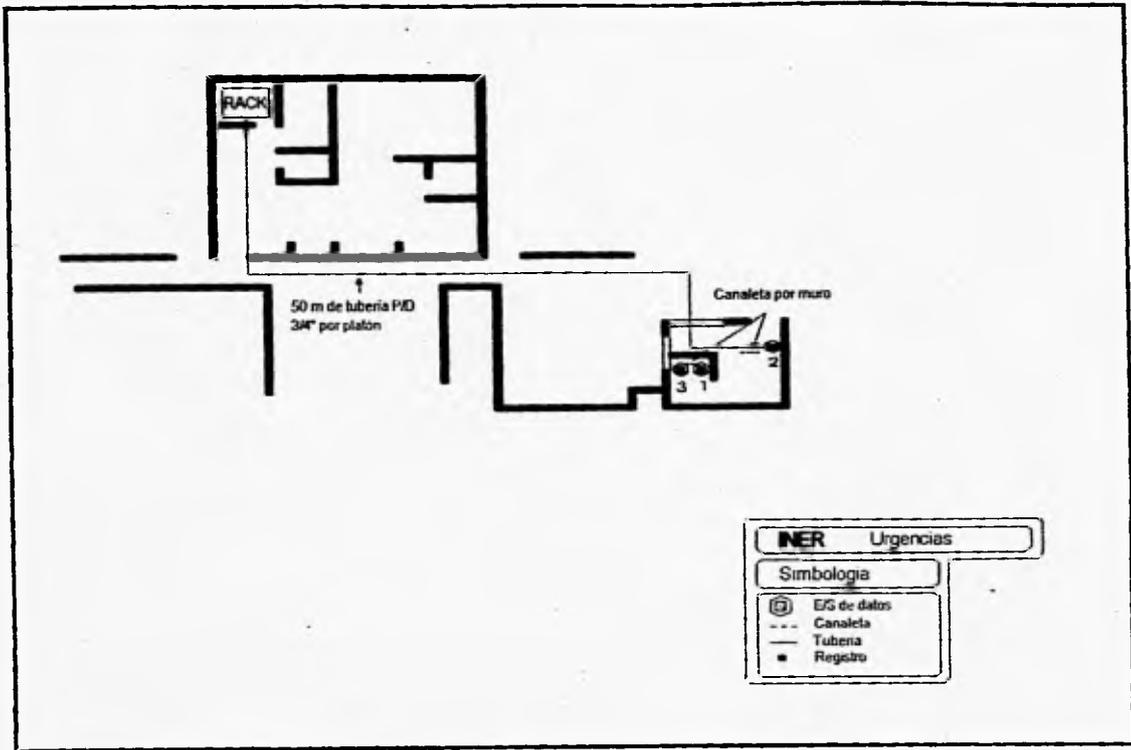


Figura 5.6. Cableado del edificio de Urgencias

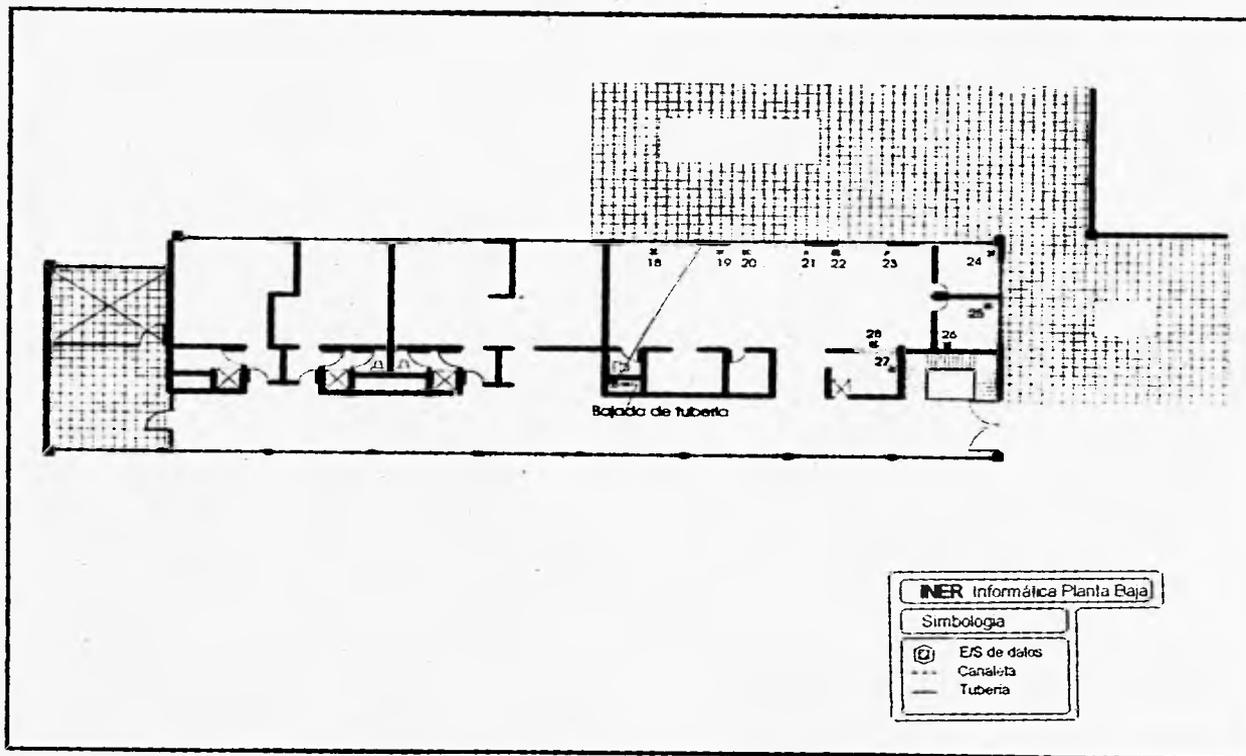


Figura 5.7. Cableado del Edificio de Informática Planta Baja

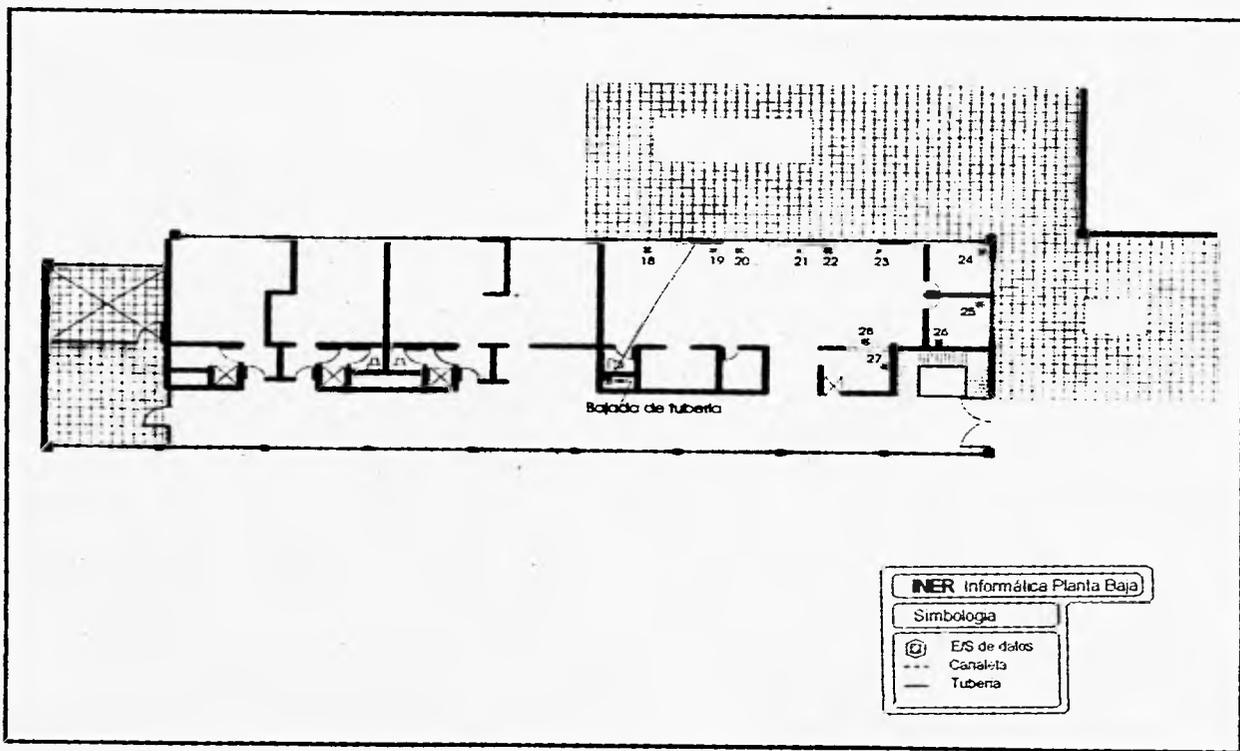


Figura 5.7. Cableado del Edificio de Informática Planta Baja

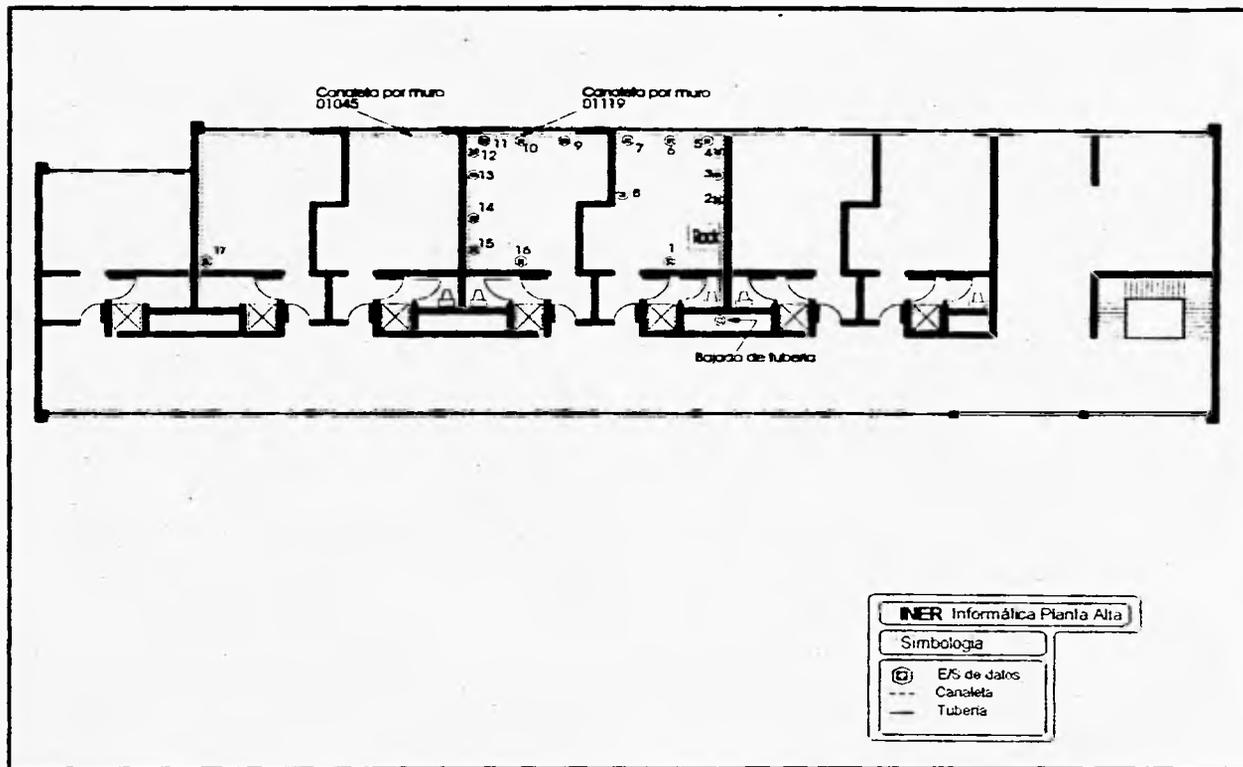


Figura 5.8. Cableado del Edificio de Informática Planta Alta

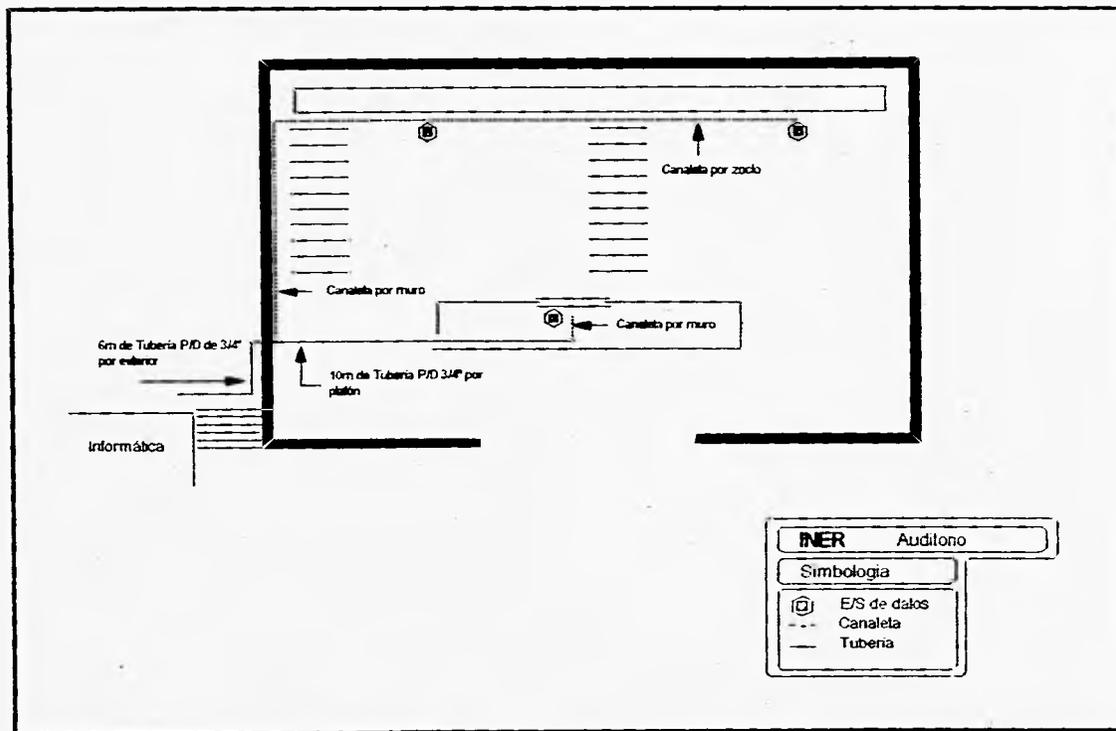


Figura 5.9. Cableado del Auditorio

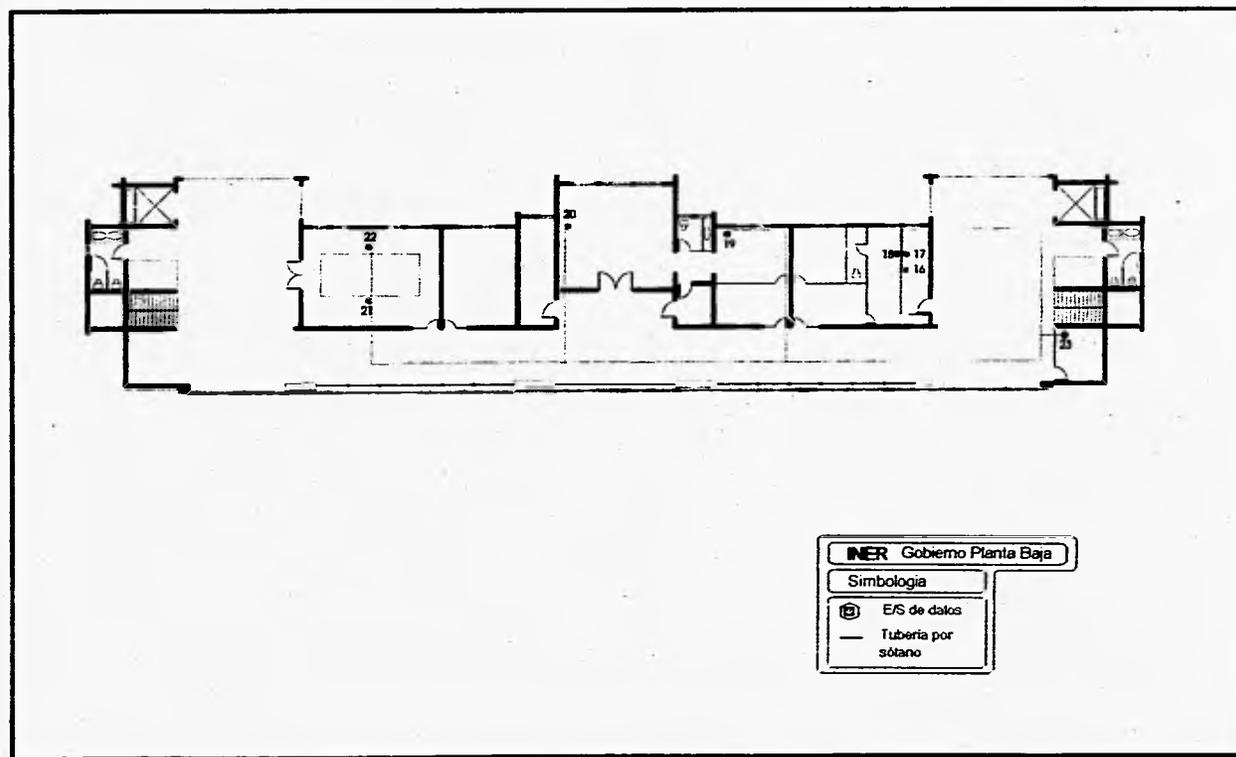


Figura 5.10. Cableado del Edificio de Gobierno Planta Baja

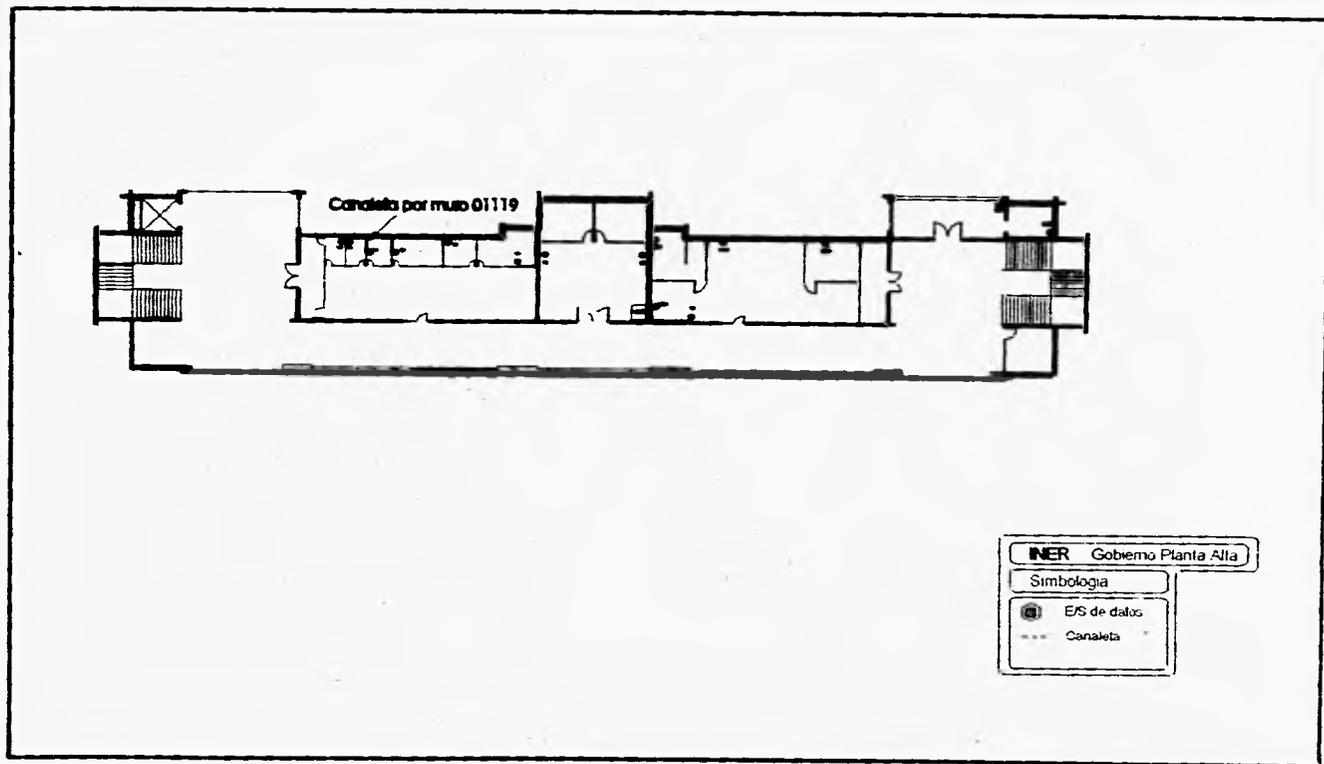


Figura 5.11. Cableado del Edificio de Gobierno Planta Alta

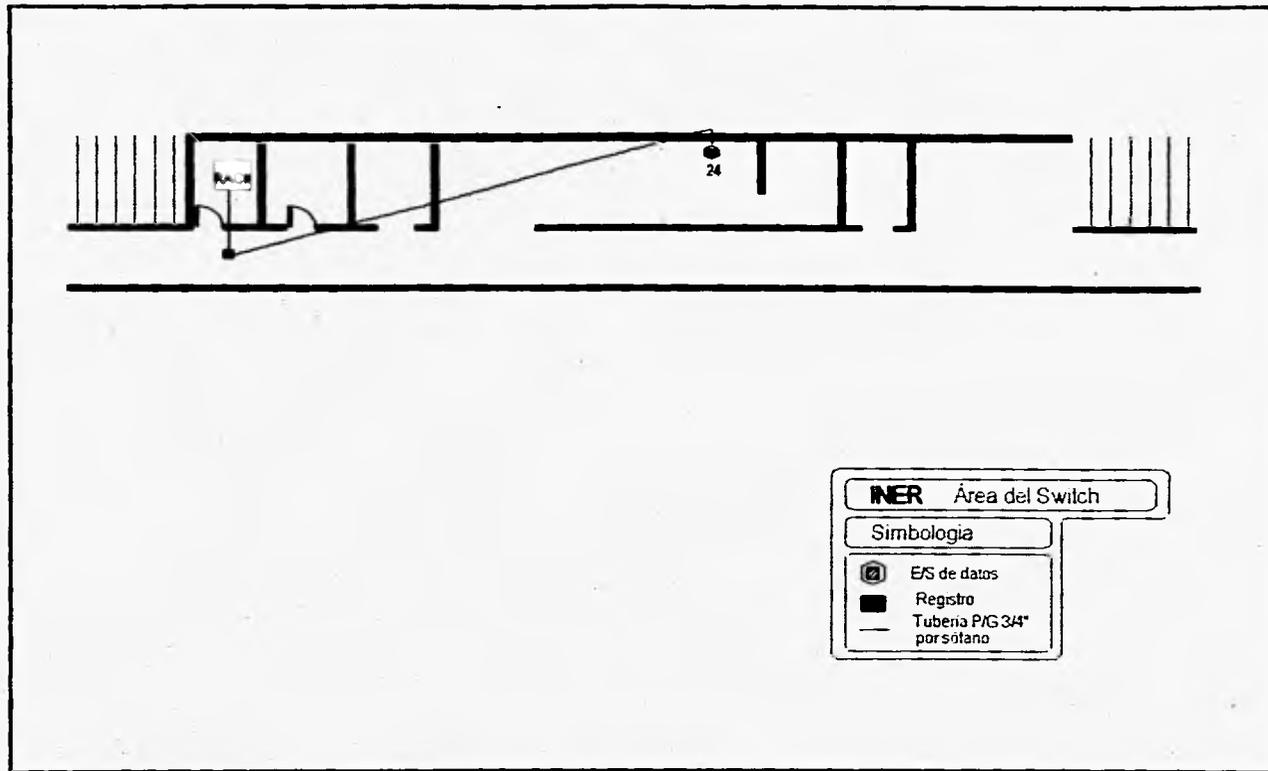


Figura 5.12. Cableado del Área del Switch

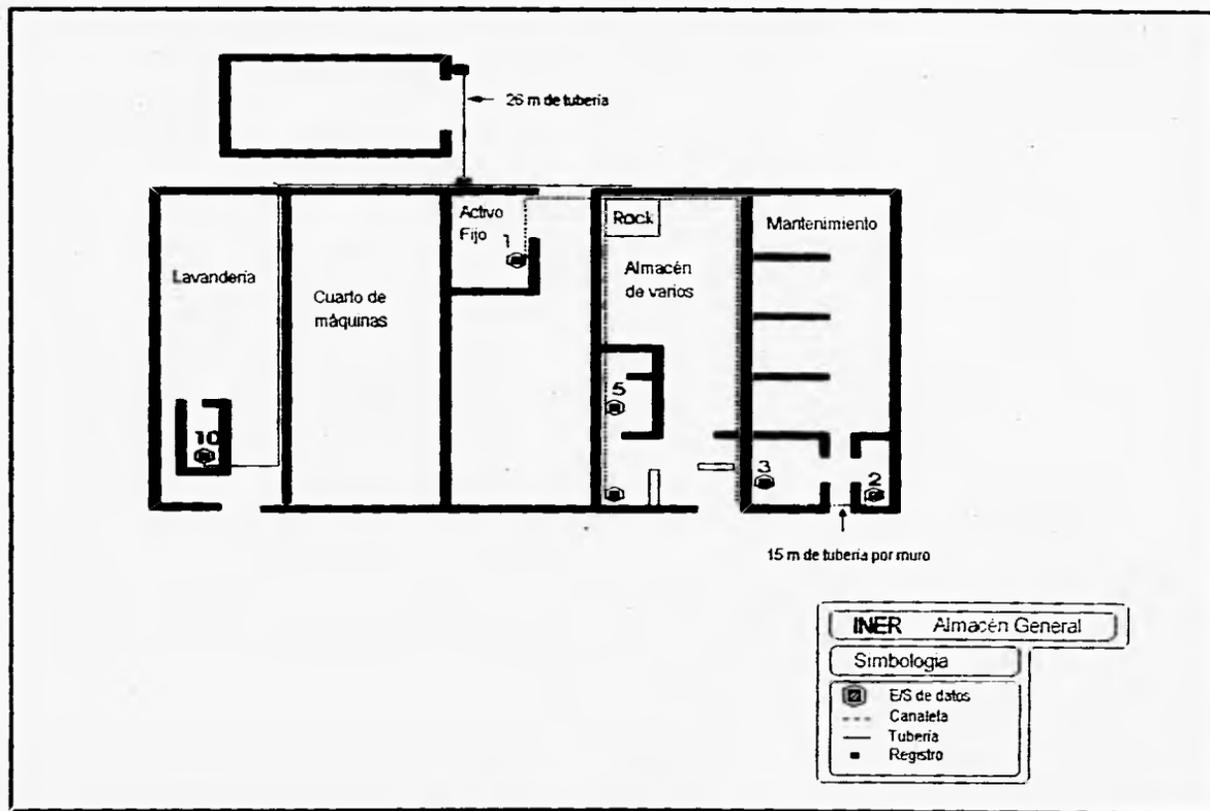


Figura 5.13. Cableado del edificio del Almacén General

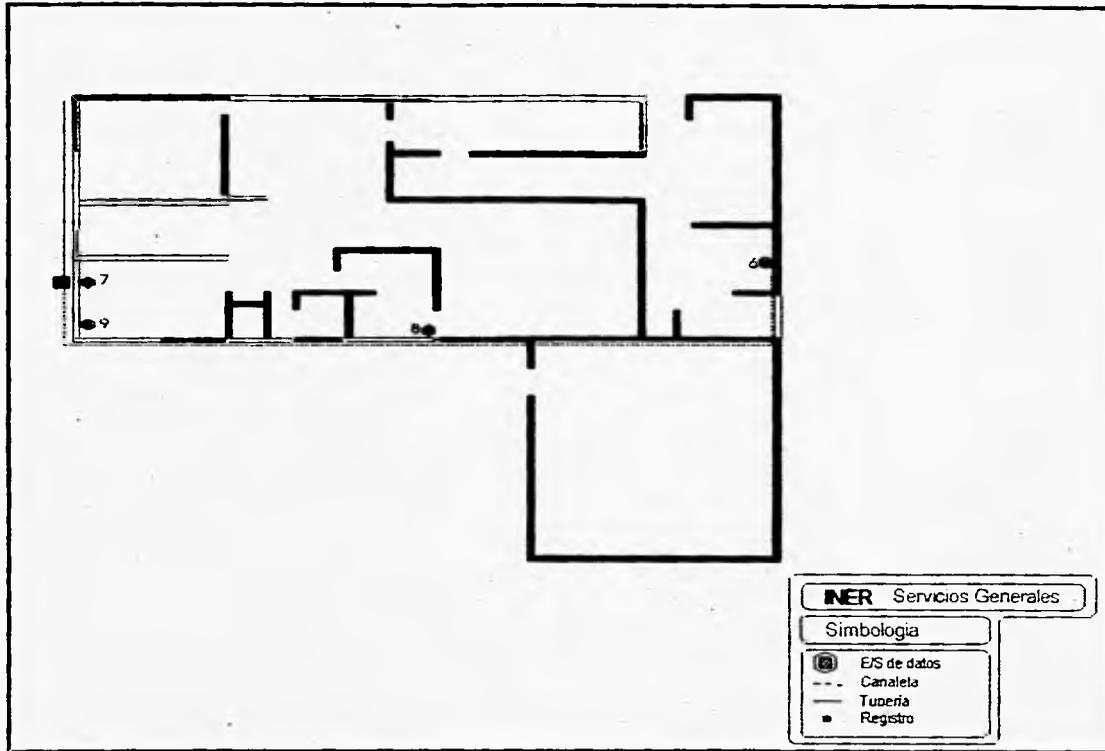


Figura 5.14. Cableado del edificio de Servicios Generales

5.1.2. Equipo de comunicaciones

Los equipos de comunicaciones que se proponen son:

- Para el dispositivo central un *Switch Ethernet* de 10 Mbps con 8 puertos para fibra óptica y un puerto para administración con agente *SNMP*

- Para dar servicio a las estaciones
 - ◆ 2 concentradores de 24 puertos *RJ-45* sin agente de administración *SNMP* y un puerto para fibra óptica

 - ◆ 2 concentradores de 12 puertos *RJ-45* sin agente de administración *SNMP* y un puerto de fibra óptica

 - ◆ 5 concentradores de 8 puertos *RJ-45* sin agente de administración *SNMP* y *transceiver* de fibra óptica

5.1.3. Materiales y accesorios para instalación

Para la instalación y protección del cableado de fibra óptica se requieren los siguientes materiales:

- 2044 metros de cable armado con 6 fibras ópticas 62.5/125 μm con protección a humedad y roedores

- 979 metros de tubería de 2" galvanizada pared gruesa

- 41 cajas registro de 60x60x15 para la instalación de la fibra óptica en ducto
- 49 codos de pared gruesa para tubería de 2"

Para los extremos de fibra óptica que llegan a los *racks* de los edificios:

- 8 *LIUs* distribuidores de fibra óptica para 12 fibras
- 8 paneles para *LIU* que acepten 6 acopladores *ST*
- 48 acopladores multimodo para conectorización en el *LIU*
- 8 paneles ciegos para *LIU*
- 48 conectores *ST* cerámicos
- 8 paneles *brackets* para fijar *LIU*

Para el *rack* del *switch*:

- 1 distribuidor de fibra óptica para 72 hilos
- 48 acopladores multimodo para conectorización en el distribuidor
- 48 conectores *ST* cerámicos

Para proteger el equipo de comunicación y formar el subsistema de sala de equipo

- 8 gabinetes de media altura con puertas anterior y posterior que cada uno contenga un *rack*

- 1 gabinete con puertas anterior y posterior con *rack*

Para las 80 entradas/salidas de datos

- Cable *UTP* categoría 5 de longitud variable que se instala desde el *rack* hasta el punto de conexión
- Cajas para salida de datos
- *Jacks* para salidas de datos en cada punto
- Tapa modular sencilla para *jack* de la serie M
- *Jack* panel con piernas, 12 *RJ-45*
- *Patch cord* categoría 5 de 3 metros

También se requieren otros tipos de tubos para la instalación del cableado estructurado

- Tubo conduit galvanizado de 1", ¾", y ½" de pared gruesa
- Tubo conduit galvanizado de 1", ¾", y ½" de pared delgada

5.2. INSTALACIÓN

La instalación de la red se ha dividido en las siguientes etapas:

- Instalación de fibra óptica
- Instalación de *UTP*
- Instalación de Entrada/Salida de datos
- Instalación de equipo de comunicaciones

5.2.1. Instalación de fibra óptica

La instalación de fibra óptica se realizó en su mayoría a través de tubería de pared gruesa que sirve tanto para guiar y soportar como para proteger de ataques de roedores, de los factores ambientales y de actos vandálicos, el diámetro del tubo se definió de 2" porque es una medida suficiente para llevar 3 cables de fibras ópticas.

Para la instalación de la fibra óptica se hicieron las siguientes consideraciones:

- A lo largo de la ruta de la fibra óptica, la curvatura del cable no debe exceder de 45° porque se reduce su eficiencia, además no debe quedar rígido
- El conducto de fibra óptica no debe estar lleno más del 50%
- El ducto debe ser exclusivamente para fibra óptica, para evitar las fuerzas ejercidas por otros cables

- Los registros en la instalación de la fibra óptica tienen como objetivo el que sea fácil adicionar otros cables, así mismo la capa de fibra óptica es de 1.20 metros con la finalidad de proteger el cableado contra sismos, como se muestra en la figura 5.15. Los registros se deben colocar cuando hay cambio de trayectoria, en los puntos donde se unan varias trayectorias y cuando se requieran para facilitar la instalación



Figura 5.15. Registros

- Como se mencionó anteriormente el Instituto tiene sótanos y pasos cubiertos que comunican a los edificios, por tal motivo se instaló la tubería en éstos, como se ve en la figura 5.16 también se colocó sobre techos, muros y fachadas, como se muestra en la figura 5.17.

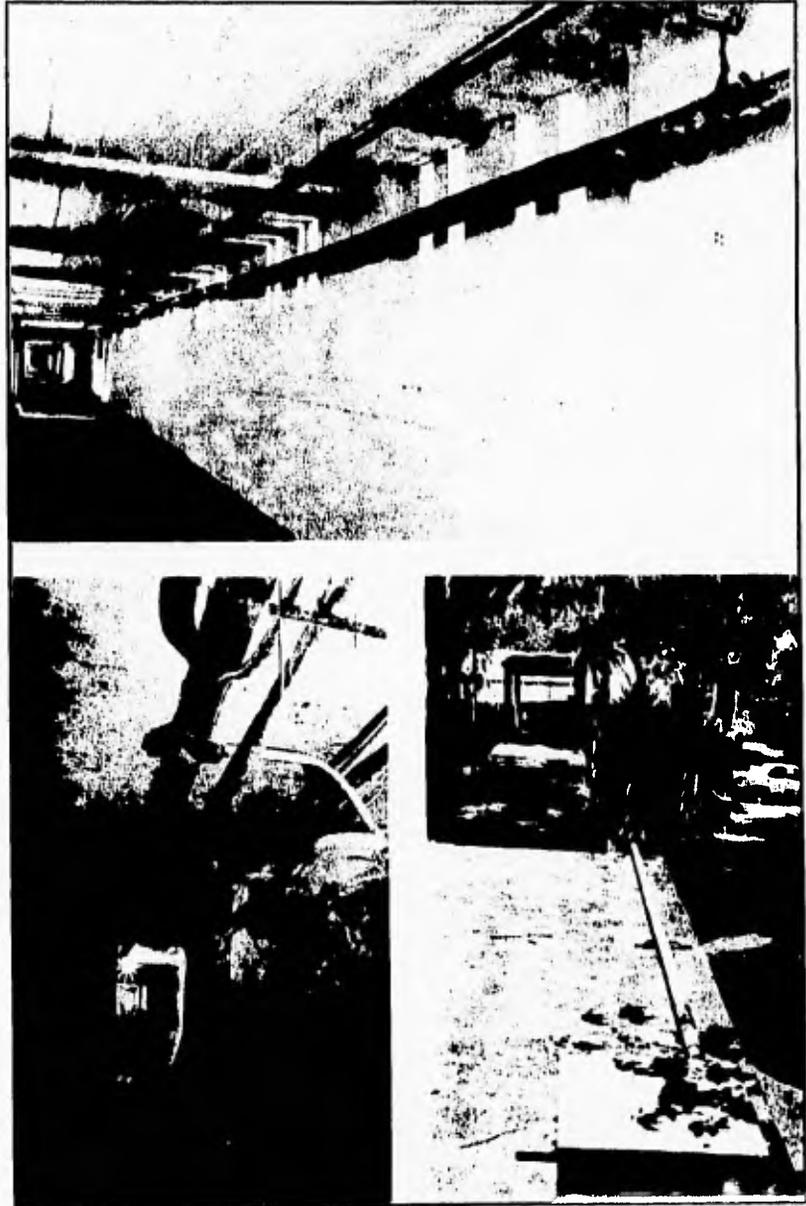


Figura 5.16. Tubería por sótano y paso cubierto



Figura 5.17. Tubería en techos, fachadas y muros

- En el caso de edificios que no tienen comunicación por sótano o por paso cubierto, se cruza la tubería por aire, para lo cual se tiene que usar un soporte de acero que sostenga al tubo con el fin de que la fibra óptica no sufra daños ni reduzca su eficiencia, tal como se observa en la figura 5.18.



Figura 5.18. Tubería por aire

5.2.2. Instalación de UTP

El *UTP* se instaló en canaleta en los lugares donde no se realizan trabajos rudos como en el Edificio de Informática (ver figura 5.19), y en los lugares como el Almacén General se usó tubería de 3/4".



Figura 5.19. Canaleta en interiores

Dentro de la canaleta y la tubería se pueden colocar tantos cables como sea necesario, tal como se ve en la figura 5.20, además el *UTP* no puede instalarse con una curvatura de 90°



Figura 5.20. Múltiples cables de *UTP* en la canaleta

5.2.3. Instalación de las E/S de datos

En cada E/S de datos se requiere una caja para salida de datos, *jack* para salida, tapa modular sencilla para *jack* de la serie M, *jack* panel con piernas y un conector *RJ-45*. En las figura 5.21 se aprecia como quedaron las E/S de datos.



Figura 5.21. Entrada/Salida de datos

5.2.4. Instalación de equipo de comunicaciones

En cada uno de los registros de remate de fibra óptica se instaló un *LIU*, con capacidad de 6 conectores *ST*, como se puede ver en la figura 5.22.



Figura 5.22. *LIU* con capacidad para 6 conectores

En el *rack* del *switch* se instaló un distribuidor de fibra óptica con capacidad para 72 *ST*, como son 8 cables de 6 fibras ópticas solamente se usaron 48, esto se puede observar en la figura 5.23.



Figura 5.23. *Rack* del *switch* con un distribuidor de fibra óptica para 72 hilos

En cada *rack* se instaló un panel de parcheo, además de los concentradores y *switch* requeridos en cada edificio, tal como se muestra en la figura 5.24.

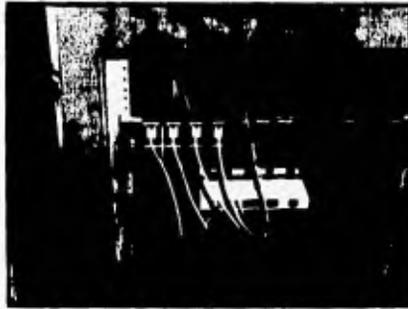


Figura 5.24. Interior de un *rack*

En la figura 5.25 se muestra como quedaron instalados el registro y el *rack* de media altura .



Figura 5.25. Registro y *rack* de media altura

5.2.4.1. Área del Switch

En el pasillo derecho del edificio de Gobierno, se instaló un *switch* marca *Cisco System Catalyst 1200* con 8 puertos para fibra óptica, este equipo se comunica con los concentradores que se conectaron en los demás edificios a través de fibra óptica. El *switch* se aprecia en la figura 5.26.



Figura 5.26. Switch Cisco System Catalys 1200

5.2.4.2. Edificios de Entrada/Salida, Urgencias, Farmacia, Enseñanza Comedor

En cada edificio se instaló un microrepetidor marca *Allied Telesyn* para convertir la señal de fibra óptica a una salida *Ethernet 10base2* que se conectó a un mini concentrador marca *3Com Link Builder* con 8 salidas *UTP 10BaseT* para enlazar las E/S de datos correspondientes a cada construcción.

5.2.4.3. Edificios de Gobierno y Almacén General

En cada edificio se instaló un concentrador *3Com Link Builder FMS II* de 24 puertos *UTP 10BaseT* y un módulo de fibra óptica para conectarse al *switch* y enlazar las E/S de datos.

5.2.4.4. Edificio de Informática

Se instaló un concentrador *3Com Link Builder FMS II* de 24 puertos *UTP 10BaseT* y un módulo de fibra óptica, así como un concentrador de 12 puertos *10BaseT* en cascada (ver figura 5.27) para dar servicio a las E/S de datos de este edificio.

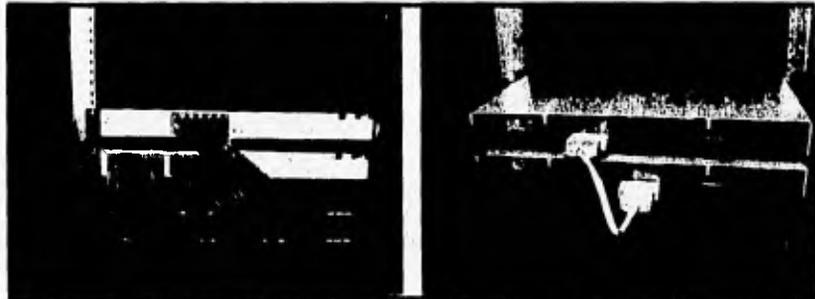


Figura 5.27. Concentradores en cascada

5.3. REPORTE DE ATENUACIONES DE FIBRA ÓPTICA Y PARÁMETROS DEL CABLEADO *UTP* CATEGORÍA 5

Para verificar que el cableado instalado en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias cumple con las normas de Cableado Estructurado

para Edificios Comerciales *EIA/TIA* 568, se generaron los reportes de atenuaciones de fibra óptica y parámetros del cableado *UTP* Categoría 5.

5.3.1. Reporte de Atenuación de la fibra óptica

Los resultados se obtienen de las mediciones de los pares del cable de fibra óptica (por medio de un medidor y una fuente tipo *LED* de 850/1300 nm). La atenuación es la diferencia entre la potencia transmitida y recibida debido a pérdidas en los equipos, líneas u otros dispositivos de transmisión, su unidad de medida es el decibel (dB). Esta medición permite verificar que el cable de fibra óptica no tenga rupturas así como la adecuada conectorización en cada uno de los extremos. La figura 5.28 muestra gráficamente cómo se realizó esta prueba.

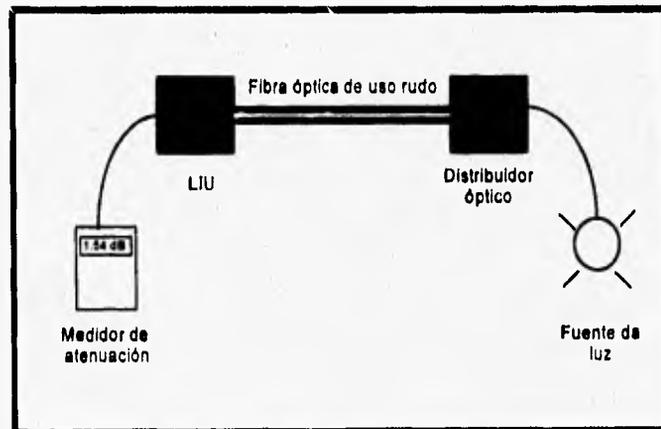


Figura 5.28. Medición de la atenuación en la fibra óptica

En la tabla 5.1. se presenta el reporte obtenido.

Tabla 5.1. Reporte de atenuaciones de la fibra óptica

| Atenuación de la fibra óptica [dB] | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------|-------------------|------------------|----------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | E/S 95 m | Gobierno 221 m | Comedor 226 m | Informática 300 m | Almacén 392 m | Urgencias 180 m | Enseñanza 330 m | Farmacia 300 m |
| Azul | 3.5 | 2.7 | 1.54 | 2.52 | 3.3 | 2.71 | 2.96 | 2.46 |
| Naranja | 3.74 | 2.66 | 1.88 | 2.36 | 3.1 | 2.33 | 2.94 | 2.25 |
| Verde | 3.14 | 3.1 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 2.44 | 3.79 | 2.19 |
| Cafe | 3.39 | 3.49 | 1.97 | 2.67 | 3.9 | 2.47 | 3.2 | 2.26 |
| Gris | 3.41 | 2.97 | 2.06 | 2.28 | 3.31 | 2.44 | 3.05 | 2.38 |
| Blanco | 3.38 | 3.07 | 2.08 | 2.05 | 3.01 | 2.64 | 3.34 | 2.41 |

5.3.2. Reporte de parámetros del cableado *UTP* Categoría 5

Para obtener este reporte se usó un Pentascanner marca Microtest. En este equipo se pueden generar reportes impresos con los siguientes datos: tipo de cable, atenuación, resistencia, *NEXT* (*Near End Crosstalk*), paradifonía (*ACR*), capacitancia, distancia. En la figura 5.29 se presenta el diagrama de conexión para obtener los parámetros del cableado.

Para cada uno de los 81 segmentos de *UTP* se realizó el reporte de los parámetros del cable. El Pentascanner evalúa si el cable cumple con las características especificadas para la Categoría 5, el resultado obtenido fue que todos los segmentos instalados cumplen con dicha norma. En las tablas 5.2, 5.3, y 5.4 se presentan tres muestras de las mediciones.

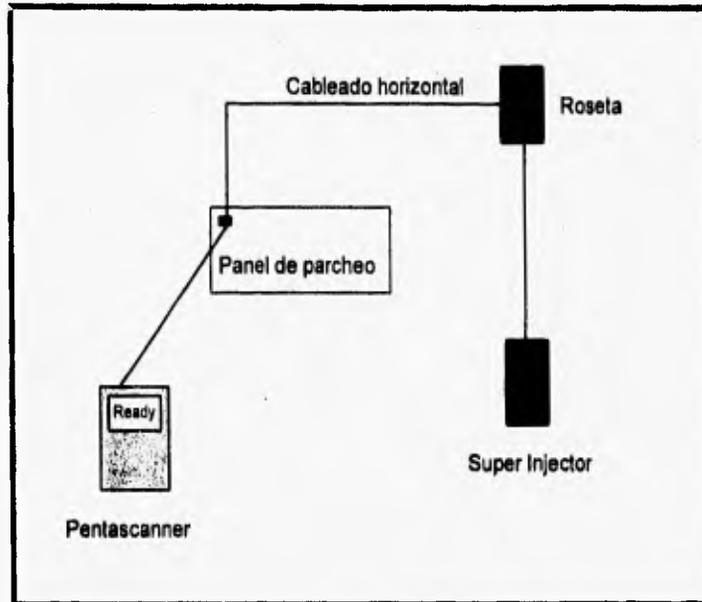


Figura 5.29. Diagrama de conexión para obtener los parámetros del cableado

Tabla 5.2. Muestra 1 cable ATT 1061C de 93 metros de longitud.

| Prueba | Resultados esperados | | Resultados obtenidos | | | |
|------------------|----------------------|-------|----------------------|--------|--------|--------|
| | Mín | Máx | Par 12 | Par 36 | Par 46 | Par 78 |
| Longitud m | 3.0 | 100.0 | 93.0 | 91.7 | 92.7 | 90.8 |
| Impedancia ohms | 80.0 | 125.0 | 107.0 | 110.0 | 110.0 | 113.0 |
| Resistencia ohms | 0.0 | 18.8 | 16.6 | 16.4 | 16.6 | 16.4 |
| Capacitancia pF | 10 | 5600 | 4423 | 4306 | 4339 | 4273 |
| Atenuación dB | | | 18.9 | 18.5 | 18.2 | 18.4 |
| ⓈFrec MHz | | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Límite dB | | | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 |

| Combinaciones de Pares | 12/26 | 12/45 | 12/78 | 36/45 | 36/78 | 45/78 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>NEXT Loss</i> dB | 38.7 | 40.4 | 44.2 | 39.7 | 42.5 | 41.7 |
| ⓈFrec MHz | 85.1 | 98.3 | 85.1 | 97.1 | 93.9 | 96.9 |
| Límite Cat 5 | 28.3 | 27.2 | 28.3 | 27.3 | 27.5 | 27.3 |
| ACR Activo dB | 20.6 | 26.6 | 32.1 | 27.6 | 35.5 | 31.9 |
| ⓈFrec MHz | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Lim derivado dB | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 |

Tabla 5.3. Muestra 2 cable ATT 1061C de 50.4 metros de longitud.

| <i>Prueba</i> | <i>Resultados esperados</i> | | <i>Resultados obtenidos</i> | | | |
|------------------|-----------------------------|-------|-----------------------------|--------|--------|--------|
| | Mín | Máx | Par 12 | Par 36 | Par 45 | Par 78 |
| Longitud m | 3.0 | 100.0 | 50.3 | 49.7 | 50.3 | 49.1 |
| Impedancia ohms | 80.0 | 125.0 | 107.0 | 109.0 | 106.0 | 109.0 |
| Resistencia ohms | 0.0 | 18.8 | 9.0 | 9.0 | 9.1 | 9.0 |
| Capacitancia pF | 10 | 5600 | 2483 | 2396 | 2444 | 2339 |
| Atenuación dB | | | 10.2 | 10.2 | 9.9 | 9.7 |
| ⓈFrec MHz | | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Límite dB | | | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 |

| Combinaciones de pares | 12/26 | 12/45 | 12/78 | 36/45 | 36/78 | 45/78 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>NEXT Loss</i> dB | 41.4 | 38.4 | 39.8 | 34.7 | 40.0 | 37.2 |
| ⓈFrec MHz | 98.9 | 96.5 | 99.9 | 92.3 | 88.7 | 94.1 |
| Límite Cat 5 | 27.1 | 27.3 | 27.1 | 27.7 | 28.0 | 27.5 |
| ACR Activo dB | 33.2 | 34.2 | 29.6 | 32.7 | 40.0 | 28.5 |
| ⓈFrec MHz | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Lim derivado dB | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 |

Tabla 5.4. Muestra 3 cable ATT 1061C de 11.9 metros de longitud.

| Prueba | Resultados esperados | | Resultados obtenidos | | | |
|------------------|----------------------|-------|----------------------|--------|--------|--------|
| | Mín | Máx | Par 12 | Par 36 | Par 45 | Par 78 |
| Longitud m | 3.0 | 100.0 | 11.9 | 11.6 | 11.6 | 11.3 |
| Impedancia ohms | 80.0 | 125.0 | 110.0 | 113.0 | 109.0 | OVR |
| Resistencia ohms | 0.0 | 18.8 | 2.4 | 2.5 | 2.5 | 2.4 |
| Capacitancia pF | 10 | 5600 | 575 | 549 | 569 | 537 |
| Atenuación dB | | | 2.3 | 2.0 | 2.1 | 1.9 |
| ⓈFrec MHz | | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Límite dB | | | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 |

| Combinaciones de pares | 12/26 | 12/45 | 12/78 | 36/45 | 36/78 | 45/78 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| NEXT Loss dB | 39.7 | 38.4 | 42.4 | 31.5 | 32.3 | 38.8 |
| ⓈFrec MHz | 99.9 | 62.5 | 91.3 | 99.3 | 94.5 | 97.7 |
| Límite Cat 5 | 27.1 | 30.6 | 27.8 | 27.1 | 27.5 | 27.2 |
| ACR Activo dB | 37.4 | 36.5 | 47.3 | 29.4 | 34.9 | 38.7 |
| ⓈFrec MHz | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Lím derivado dB | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 | 3.1 |

Resistencia

Todo conductor, aislante o material opone una cierta resistencia al flujo de la corriente eléctrica. Un determinado voltaje es necesario para vencer la resistencia y forzar el flujo de corriente. Cuando esto ocurre, el flujo de corriente a través del medio produce calor. La cantidad de calor generado se llama potencia y se mide en Watts. Esta energía se pierde. La resistividad usualmente se mide en ohms (Ω) por unidad de longitud.

Reactancia

Es una medida de la oposición al flujo de corriente alterna. Se simboliza por X y la cantidad de reactancia se expresa en ohms. Los dos tipos de reactancia son

- Reactancia inductiva, causada por inductores.
- Reactancia capacitiva, causada por capacitores.

Impedancia

Es una combinación de los factores de reactancia y resistencia que son parte de cualquier línea de transmisión. Se simboliza por la letra Z y se expresa en ohms.

$$\text{La fórmula de la impedancia es } Z = \sqrt{R^2 + (X_i - X_c)^2} = \sqrt{R^2 + \frac{(F^2 LC - 1)^2}{(FC)^2}}$$

con $F = 2\pi f$, R es la resistencia, L es la inductancia y C la capacitancia.

De un simple estudio de la fórmula se deduce que si $X_i = X_c$, $Z = R$ (la impedancia de la línea es igual a la resistencia de la misma). Por lo tanto, la impedancia mínima de cualquier sección de una línea de transmisión debe ser igual a la resistencia de esa sección. Cualquier diferencia entre X_i y X_c , aumentará el valor de Z , o sea la impedancia, por encima de R . El valor de la impedancia de una línea debe estar en relación con una frecuencia dada.

ACR Attenuation to Crosstalk Ratio

Es una medida de qué tan fuerte es la señal en relación a la diafonía en el enlace.

5.4. CARACTERÍSTICAS DEL CABLEADO Y EQUIPO DE COMUNICACIONES

En esta sección se presentan las características técnicas de los principales elementos utilizados en la Red del INER.

Cable *LIGHTPACK* Metálico 3DSX LXE

3DSX es el cable estándar *Fiber Optic Express Entry (LXE)*, contiene de 4 a 48 fibras multimodo con un centro de 62.5µm y un recubrimiento de 125µm. Las fibras están separadas por grupos de colores codificados rodeadas por un tubo lleno con una composición que bloquea el agua. El cable tiene dos alambres opuestos y paralelos al centro. El material de la cobertura tiene una alta densidad de polietileno para una protección máxima contra los factores ambientales. Es usado en tubería y en aplicaciones aéreas. Cumple con los estándares *Bellcore, FDDI* y *EIA*. Está diseñado para el subsistema de campus.

Especificaciones físicas

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| Diámetro | 12.4 mm |
| Peso | 0.16 kg/m |
| Número de fibras | 4 a 48 |
| Mínimo radio de curvatura del cordón | 20 veces el diámetro del cable |

| | |
|--------------------------|--------------------------------|
| | durante la instalación |
| | 10 veces el diámetro del cable |
| | después de la instalación |
| Tensión | 600 lb (2.669 N) |
| Temperatura de operación | 40 a 77° C |

Especificaciones ópticas

| | |
|----------------------------|---------------------------------------------|
| Pérdida máxima de la fibra | 3.75 dB/km a 850 nm 1 dB/km a 1300 nm |
| Mínimo ancho de banda | 160 MHz·km a 850 nm 500 MHz·km a 1300 nm |
| Apertura numérica | 0.275 |

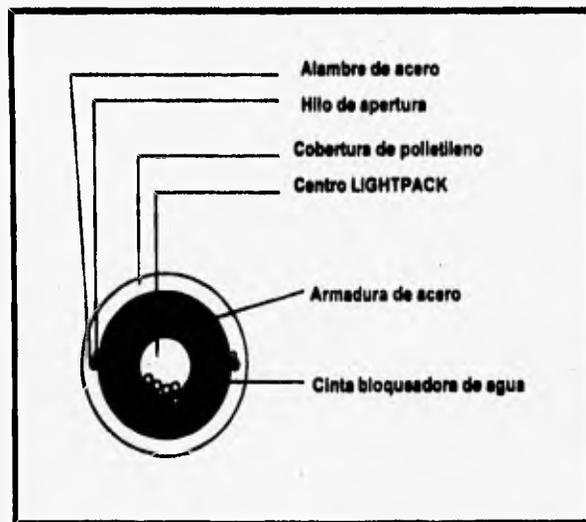


Figura 5.30. Sección transversal 3DSX

Cordón de fibra óptica 1860A

El cordón 1860A consiste de una sola fibra óptica multimodo con un centro de 62.5µm y un recubrimiento de 125 µm. Está cubierta de hilo Aramid (kevlar) y una cubierta de PVC que retarda el fuego. Son usados en los armarios de telecomunicaciones o sala de equipos, requieren que se conectoricen en el campo.

Especificaciones físicas

| | |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Centro | 62.5 µm |
| Recubrimiento de la fibra | 125 µm |
| Recubrimiento | 250 µm |
| <i>Buffering</i> | 900 µm |
| Número de fibras | 1 |
| Mínimo radio de curvatura de la fibra | 1.91 cm |
| Mínimo radio de curvatura del cordón | 2.54 cm después de la instalación 5.08 cm durante la instalación |
| Tensión | 100 lb (444N) |
| Temperatura de operación | 20 a 70 ° |

Especificaciones ópticas

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pérdida máxima de la fibra | 3.4 dB/km a 850 nm (rango típico de 2.8 a 3.2 dB/km) 1 dB/km a 1300 nm (rango típico 0.50.8 dB/km) |
| Mínimo ancho de banda | 160 MHz-km a 850 nm 500 MHz-km a 1300 nm |

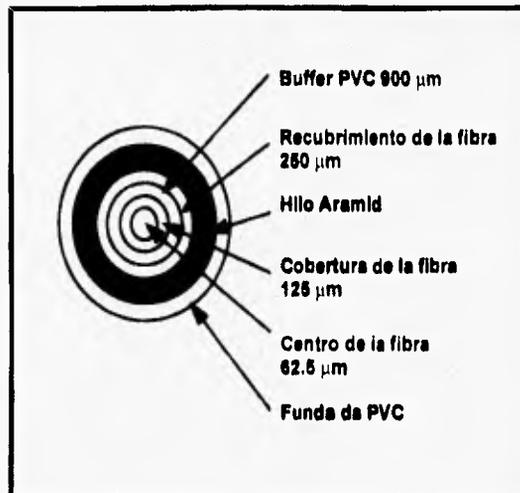


Figura 5.31. Sección transversal del cordón de fibra óptica

Cordones de parcheo ST multimodo

Los cordones de parcheo son usados para conectar equipo con conectores cruzados de fibra óptica, interconectores y salidas de información. Los cordones están disponibles en una longitud estándar de hasta 30.5m.

Se uso el cordón FLIEE que consiste de un cordón de fibra óptica 1860A (62.5/125 μm) con dos conectores ST II.

Especificaciones físicas

| | |
|----------------------------|------------|
| Número de fibras | 1 |
| Diámetro del recubrimiento | 250 μm |
| Grosor del cable | 0.24 cm |
| Peso | 170g/30.5m |

| | |
|---------------------------|------------|
| Mínimo radio de curvatura | 2.54 cm |
| Temperatura de operación | 20 a 70° C |

Especificaciones ópticas

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Pérdida aproximada | 0.4 dB/conector |
| Mínimo ancho de banda | 160 MHz-km a 850 nm |
| | 500 MHz-km a 1300 nm |

Cable Nonplenum 1061 LAN

El cable Nonplenum 1061 LAN es de alta velocidad, alta eficiencia y de 100 Ω . Este cable es capaz de transportar señales de alta frecuencia para grandes distancia en sistemas de distribución de edificios.

Las aplicaciones en redes de área local incluyen a *token ring* 4/16 Mbps la cual enlaza múltiples estaciones de trabajo. Los amplificadores de señal no son requeridos para longitudes menores a 100 m. Las transmisiones de 10 Mbps se pueden obtener hasta con 150 m.

Cumple con las especificaciones para *UTP* de categoría 5 del estándar para cableado estructurado de la *EIA/TIA* 568.

Especificaciones físicas

| | |
|-----------------|--------------|
| Longitud | 305 m |
| Calibre | 24 AWG |
| Número de pares | 4 |
| Peso | 34.5kg/1000m |

| | |
|-------------------|---------|
| Diámetro exterior | 0.56 cm |
|-------------------|---------|

Especificaciones eléctricas

| | |
|--------------------------------------------------|---------------------|
| Categoría <i>EIA/TIA</i> | 5 |
| Resistencia máxima DC | 9.38 Ω /100m |
| Resistencia máxima DC sin balancear | 5% |
| Capacitancia 1 kHz | 4.59 μ F/100m |
| Capacitancia máxima no balanceada (par a tierra) | 131.2 pF/100 m |
| Atenuación dB/305m | a 0.772 Mhz 5.5 |
| | a 1.0 Mhz 6.3 |
| | a 4.0 Mhz 13 |
| | a 8.0 MHz 18 |
| | a 10.0 MHz 20 |
| | a 16.0 MHz 25 |
| | a 20.0 MHz 28 |
| | a 25.0 MHz 32 |
| | a 31.25 MHz 36 |
| | a 62.5 MHz 52 |
| | a 100 MHz 67 |

Switch Cisco Catalyst WSC1211

El *switch Cisco Catalyst WSC1211* provee la funcionalidad de un puente entre *Ethernets* que realiza sus operaciones en forma transparente a alta velocidad, usando tecnología *CAM (Content Addressable Memory)* puede aprender hasta 1024 direcciones *Ethernet*.

| Especificación | Descripción |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dimensiones | 2.7x17.4x16" (6.96x44.2x40.6 cm) |
| Peso | 7.7 kg |
| AC y DC | 100 a 120 VAC, 2.0A máximo, 60 Hz 200 a 240 VAC, 1.0A máximo, 50 Hz 12A @ + 5 VDC, 1A @ + 12 VDC, 0.5A @ 12 VDC |
| Disipación térmica | 80W |
| Temperatura de operación | 0 a 40°C |
| Humedad relativa | 10 a 90% |
| Microprocesador | 68EC030 a 20 MHz para el procesador de administración de red |
| Memoria | 1 MB de memoria <i>flash</i> 4 MB de <i>DRAM</i> para el <i>buffer</i> de paquetes 32 KB de <i>NVRAM</i> |
| Puertos | 8 <i>IEEE 802.3 Ethernet 10BaseF</i> <i>EIA/TIA232</i> para el de administración 10BaseT para el <i>SUM</i> |
| Conectores | 10BaseF (<i>ST</i>) <i>SUM (RJ-45)</i> Administración (<i>RJ-45</i>) |
| Administración | Agente <i>SNMP</i> |
| <i>LEDs</i> Indicadores | Estado del concentrador Estado del enlace (para cada enlace) Medidor de tráfico |
| Distancia del cable de estación a estación | 625/125 micron fibra multimodo 2km 50/125 micron fibra multimodo 2km 8/125 micron fibra monomodo 30 km |

Puerto de administración

El puerto de administración es la conexión de una terminal al *switch*. Para usar el puerto de administración se conecta una terminal compatible con *EIA/TIA 232* (configurada a 9600 baud, sin paridad, ocho bits de datos y un bit de parada), modem o una estación de trabajo de administración de red. El puerto de administración permite las siguientes funciones

- Configurar el *switch*
- Obtener estadísticas del monitoreo de red y errores
- Configurar los parámetros del agente *SNMP*
- Bajar las actualizaciones del software al *switch*

Puerto SUM (Stackable Unified Management)

Es un puerto *Ethernet 10BaseT* que para un conector *RJ-45*. Se usa un cable con conexión cruzada cuando se conecta al sistema terminal y un cable con conexión uno a uno cuando se conecta a un concentrador. Se puede conectar al puerto *SUM* un concentrador *10BaseT* para hacer *Telnet* (conexión remota), *FTP (File Transfer Protocol)* y conexión de administración *SNMP*.

Concentrador LinkBulder FMS II 24 puertos

Cumple con el estándar *IEEE 802.3*

| <i>Especificación</i> | <i>Descripción</i> |
|------------------------------|---------------------------|
| Dimensiones | 440 x 224 x 44 mm |
| Peso | 2.7 kg |
| Potencia de entrada | 100 - 240 VAC 50/60 Hz |

| | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Fusible de protección | 2 A |
| Potencia de consumo | 28 VA |
| Disipación de potencia | 30W |
| Temperatura de operación | 0 a 50°C |
| Humedad relativa | 0 a 90% |
| Puertos | 24 <i>IEEE 802.3 Ethernet 10BaseF</i> |
| Conectores | <i>RJ-45</i> |

Concentrador *LinkBuilder FMS II 12 puertos*

Cumple con el estándar *IEEE 802.3*

| <i>Especificación</i> | <i>Descripción</i> |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Dimensiones | 440 x 224 x 44 mm |
| Peso | 2.6 kg |
| Potencia de entrada | 100 - 240 VAC 50/60 Hz |
| Fusible de protección | 2 A |
| Potencia de consumo | 22 VA |
| Disipación de potencia | 22 W |
| Temperatura de operación | 0 a 50°C |
| Humedad relativa | 0 a 90% |
| Puertos | 24 <i>IEEE 802.3 Ethernet 10BaseF</i> |
| Conectores | <i>RJ-45</i> |

Concentrador *LinkBuilder TP/8 Hub*

Este concentrador ofrece todas las funciones de repetidor del estándar *IEEE 802.3 Ethernet*. El puerto 8 tiene una salida alternativa que permite la conexión con otro concentrador.

| <i>Especificación</i> | <i>Descripción</i> |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Dimensiones | 440 x 224 x 44 mm |
| Peso | 0.6 kg |
| Potencia | 7.5 - 12 VAC |
| Potencia de consumo | 8 VA |
| Disipación de potencia | 22 W |
| Temperatura de operación | 0 a 50°C |
| Humedad relativa | 5 a 95% |
| Puertos | 8 puertos <i>IEEE 802.3</i> 1 puerto BNC para 10Base2 |
| Conectores | <i>RJ-45</i> BNC |

Micro Repeater ATMR127F Allied Telesyn International

Repetidor compatible con *IEEE 802.3 y Ethernet*, su modo de operación puede ser de medio o total repetidor, tiene capacidad para repetir paquetes, regenerar el preámbulo y resincronizar los paquetes

| | |
|-------------|--------------------|
| Dimensiones | 21.0x11.2x3.1 cm |
| Peso | 0.5 kg |
| Puerto 1 | 10Base2 <i>AUI</i> |

| | |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Puerto 2 | 10BASEFL/FOIRL SMA o ST |
| LEDs Indicadores | Potencia Actividad (En línea, colisión, recepción, transmisión y enlace (en el puerto 2, únicamente)) |
| Potencia | 100 - 240 VAC 50/60 Hz |

Interfaz de red 3Com Etherlink III 3C590TPO

Compatible con *IEEE 802.3 Ethernet*

| | |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de bus | ISA o EISA |
| Tipo de conector | RJ-45 |
| Controladores | Novell Netware MS LAN Manager MS Windows Banyan VINES IBM LAN Server |

CAPÍTULO 6
APLICACIÓN DE LA RED DEL INER

CAPÍTULO 6

APLICACIÓN DE LA RED DEL INER

Al implementarse la red de cómputo en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, se ha cubierto la necesidad de tener intercomunicadas las áreas administrativas para que puedan intercambiar la información del Sistema de Cómputo de la Administración que ha desarrollado la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico de la UNAM.

El sistema se ha desarrollado bajo los conceptos de la arquitectura Cliente/Servidor, la cual se explica a continuación.

6.1 COMPUTACIÓN CLIENTE/SERVIDOR

La computación cliente/servidor puede definirse mejor conociendo qué es un cliente y qué es un servidor, y la relación que existe entre ambos. En el sentido más amplio, la computación cliente/servidor toma un proceso de computación y lo divide en dos partes. Una parte del procesamiento es realizado por el cliente y la otra por el servidor. Enseguida se examinará con más detalle el rol de estas dos entidades.

6.1.1 El Cliente

El cliente es usualmente el procesador "*front-line*" que es operado por el usuario final y es generalmente el originador del proceso de computación. Gran parte del procesamiento va a llevarse a cabo en el cliente; el procesamiento que

no es realizado por el cliente es delegado al servidor. Frecuentemente los clientes son *PCs* o *workstations* pero pueden ser minicomputadoras. Los procesos de computación asignados al cliente son los que satisfacen mejor esa plataforma en particular. Por ejemplo, una *PC* es más capaz de soportar una interfaz gráfica que una terminal de una *mainframe*. Además, los procesos que son más eficientemente desempeñados en el cliente deben ser localizados en éste. Las operaciones de cálculos intensos, como las hojas de cálculo, pueden ser menos costosas para realizarse en una *workstation* donde las *MIPS* (*Million Instruction Per Second*) son mucho menos caras que en otras plataformas.

6.1.2 El Servidor

El segundo componente de la computación cliente/servidor es el servidor. El rol del servidor es proveer procesamiento y/o información al cliente. Típicamente el servidor proporciona los datos al cliente; sin embargo, el servidor puede realizar algún tipo de procesamiento para producir la información deseada. Por ejemplo, si un cliente solicita la información de ventas para una región en particular, el servidor puede requerir hacer algún tipo de procesamiento para extraer los datos de toda la base de datos de la corporación y darle el formato requerido por el cliente. Así como en el cliente, los procesos que mejor realice y que sean menos costosos deben realizarse por el servidor. Muy frecuentemente, los servidores son los que almacenan la información y son, en comparación con el cliente, más eficientes para administrar y recuperar los datos. Esto usualmente implica que el servidor tenga dispositivos de almacenamiento externo conectado a éste y podría operar algún sistema manejador de base de datos.

6.1.3 Cliente y Servidor

Para que la división de trabajo ocurra, debe haber algún tipo de integración entre el cliente y el servidor. Muy frecuentemente los dos son enlazados a través de una *LAN* u otro sistema de comunicaciones. El principal requerimiento es que ambos componentes sean capaces de transferir información libremente. El flujo de la información es continuamente visto como un flujo en una sola dirección, con el cliente solicitando datos y el servidor enviando la información. Es también posible que el cliente pueda proporcionar datos al servidor para ser procesados e incorporados a la base de datos del mismo.

Considerando el ejemplo de un sistema cliente/servidor de reservaciones de una aerolínea. El cliente usado por el cajero debe solicitar información de los vuelos a una ubicación específica de una determinada fecha. La solicitud debe ser enviada al servidor, el cual va a extraer la información de la base de datos de las reservaciones de vuelo y regresará los datos al cliente. El cliente podría entonces procesar la información del vuelo con otros datos como el transporte terrestre y preparar el itinerario. Después de que el cajero presenta la información a la persona interesada y ésta decide tomar el vuelo, el cliente debe pasar la reservación al servidor para ser procesada. El servidor entonces debe añadir la nueva reservación a la base de datos. La figura 6.1 muestra un ejemplo de una configuración cliente/servidor en una *LAN*.

Las *PCs* clientes son conectadas a través de la *LAN* al servidor de la base de datos de la red. El rol del servidor es proporcionar los datos a las *PCs* clientes. El principio básico de la arquitectura cliente/servidor es que el proceso de computación es dividido entre dos plataformas de *hardware* interconectadas.

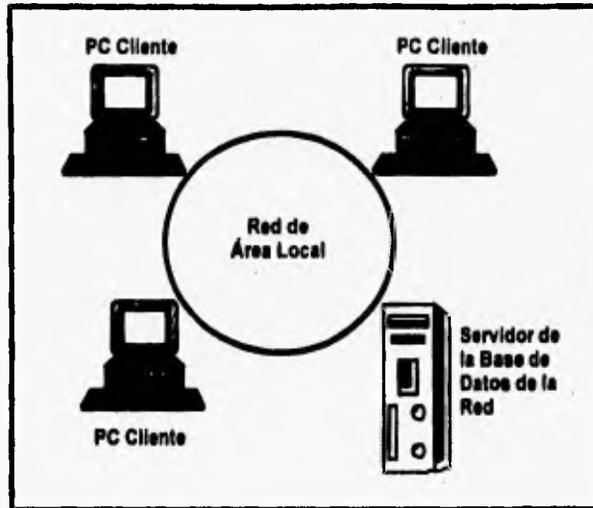


Figura 6.1. Ejemplo de una configuración cliente/servidor

6.1.4 Proceso de Computación

Los elementos básicos de un proceso de computación realizan funciones separadas que interactúan entre sí para llevar a cabo una tarea de computación. Estos elementos son:

- **Depósito de datos.** La función del elemento de depósito de datos es proporcionar un medio para almacenar la información y permitir que un proceso de alto nivel accese a los datos.
- **Sistema Manejador de Base de Datos.** Es el elemento que permite organizar los datos para que puedan ser accedados fácilmente por los programas de aplicación. Este sistema maneja la organización de los datos en un nivel lógico y el depósito de datos maneja la organización física.

- **Software de Aplicación.** Es el elemento que permite al usuario o programador llevar a cabo una tarea específica. Puede ser un programa escrito en un lenguaje de alto nivel como C o puede ser una aplicación de propósito general como Lotus 1-2-3.
- **Sistema Operativo.** El sistema operativo controla los recursos de la computadora y asigna los recursos requeridos por el usuario.
- **Interfaz de usuario.** Este elemento permite al usuario final comunicarse con los programas de aplicación. Esta interfaz puede estar basada en caracteres o en gráficos.
- **Dispositivo de despliegue.** Es el hardware que permite al operador comunicarse con la interfaz de usuario.

6.1.5 Modelos de computación

Una vez definidos los elementos básicos de un proceso de computación, se verá cómo pueden ser usados para construir tres modelos simples de computación.

Tiempo Compartido (*Time-Sharing*)

En un principio, los sistemas de computación consistían de un procesador central con terminales conectadas. Todas las funciones de procesamiento eran

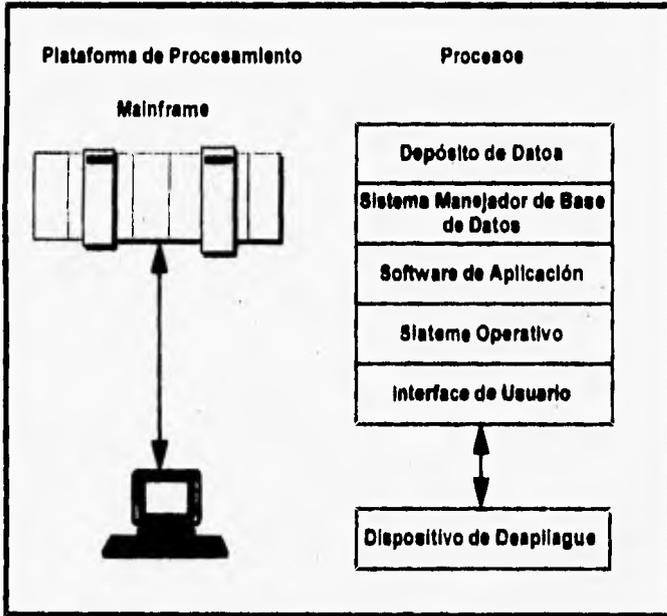


Figura 6.2. Modelo de Tiempo Compartido

realizadas por el procesador central. Esto es referido como modelo de tiempo compartido (*time-sharing*) en el cual cada una de las terminales o usuarios compartían el tiempo de procesamiento del procesador central. El depósito de datos, el manejador de base de datos, el *software* de aplicaciones, el sistema operativo y la interfaz de usuario se localizaban en el procesador central. El dispositivo de despliegue era el único elemento independiente. En la figura 6.2 se muestra este modelo.

Recursos Compartidos (*Resource Sharing*)

Con el desarrollo de computadoras personales más potentes y las estaciones de trabajo, fue posible migrar algunos procesos que se llevaban a

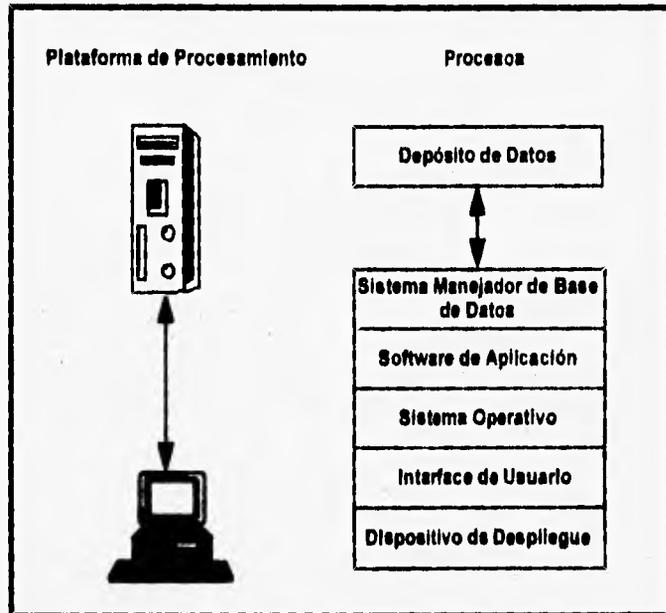


Figura 6.3. Modelo de Recursos Compartidos

cabo en las plataformas centralizadas al escritorio. El modelo de recursos compartidos mostrado en la figura 6.3 ilustra la división de los elementos básicos de la computación entre una computadora personal y una fuente de datos, en este caso, el servidor de una LAN. El término recursos compartidos se refiere a una arquitectura en la cual las estaciones de trabajo individuales realizan la mayor parte de los procesos de computación con un dispositivo de depósito de datos central proporcionando acceso a los datos y a los dispositivos de la red. El dispositivo de despliegue, la interfaz de usuario, el sistema

operativo, las aplicaciones de *software* y el manejador de base de datos están residentes en la computadora personal. El depósito de datos reside en el servidor de archivos.

Cliente/Servidor

El modelo cliente/servidor es una combinación de los modelos de tiempo y recursos compartidos. En este modelo se dividen los elementos básicos de la computación entre las plataformas que tienen un mejor manejo de cada uno de ellos. La figura 6.4 muestra la división de los elementos de una arquitectura cliente/servidor. El dispositivo de despliegue, la interfaz de usuario, el sistema operativo y las aplicaciones de *software* son localizadas en la plataforma del cliente. El manejador de base de datos y el depósito de datos son localizados en la plataforma del servidor.

En esta configuración, el poder de la computadora personal puede ser utilizado para tener una interfaz gráfica, el sistema operativo y las aplicaciones. Las tareas de almacenar datos y recuperarlos son delegados al servidor, el cual puede ser un servidor de red, una minicomputadora o una *mainframe*. La necesidad de transferir grandes cantidades de datos desde el servidor al cliente es eliminada porque el manejador de base de datos está localizado en el servidor y puede extraer y transferir sólo la información requerida. La centralización del manejador de base de datos y la información permiten tener seguridad e integridad. Con esta arquitectura, la separación del manejador de base de datos y el depósito de datos de los otros elementos de la computación permiten una mayor flexibilidad en el desarrollo de aplicaciones. Nuevas aplicaciones pueden desarrollarse independientemente de la base de datos y no se requiere algún nuevo programa en el servidor.

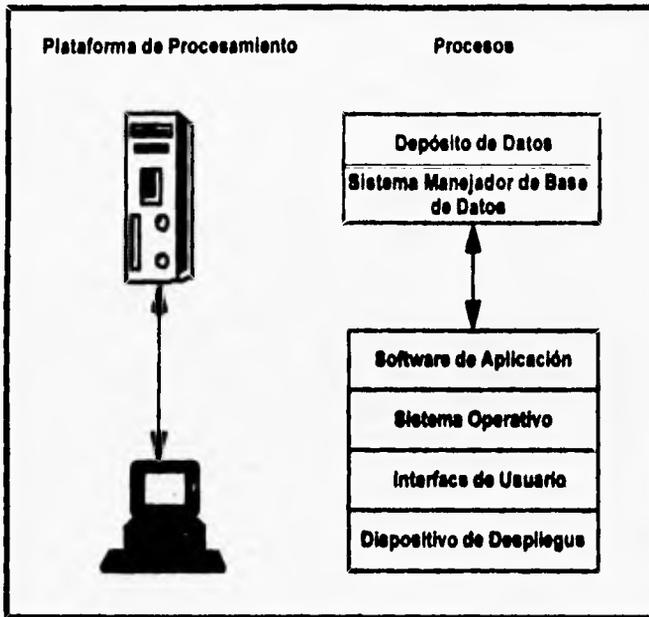


Figura 6.4. Modelo Cliente/Servidor

Actualmente la computación cliente/servidor cubre una amplia gama de aplicaciones que van desde una simple transferencia de datos a una integración compleja de aplicaciones punto a punto. La principal diferencia en estas aplicaciones es la complejidad de la relación entre el cliente y el servidor. A continuación se presentarán tres aplicaciones que emplean la computación cliente/servidor:

- **Transferencia de archivo.** Esta aplicación es la menos compleja, en términos de la tecnología requerida y la relación entre el cliente y el servidor. El concepto básico de una transferencia de archivo es que el servidor tenga los datos requeridos por un cliente. Estos datos son por algún medio extraídos y enviados al cliente, donde van a ser procesados. La

relación entre el cliente y el servidor es muy simple, los datos que son transferidos entre ellos. El cliente y el servidor pueden ejecutar aplicaciones independientes en diferentes plataformas, pero ellos tienen una relación básica de usuario-proveedor. Mientras existen algunas limitaciones de esta aplicación, hay algunas situaciones en que es altamente efectiva.

- ***Applications Programming Interfaz (API)***. Esta aplicación es más compleja técnicamente porque permite desarrollar una relación cliente/servidor entre un *host* de aplicación existente y una *PC*. La relación cliente/servidor en un *API* está basada en una interfaz de aplicación a aplicación. Esta aplicación puede ser efectiva en situaciones en donde exista un *host* de aplicación que proporcione la funcionalidad básica necesaria. Este *host* puede dar una interfaz tan amigable que pueda ser integrada a aplicaciones.
- ***Comunicación punto a punto***. IBM ha desarrollado una nueva arquitectura que permite la comunicación punto a punto entre sistemas y aplicaciones. Ésta extiende la relación básica entre el cliente y el servidor en una relación de dos formas en la cual cualquiera de los sistemas puede operar como cliente o servidor, o ambos. La comunicación punto a punto puede ocurrir entre dos plataformas de iguales capacidades o entre plataformas de una amplia diferencia de poder de procesamiento. La relación punto a punto permite que las aplicaciones y los sistemas interactúen en iguales bases.

6.2 **HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA DE CÓMPUTO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL INER**

El sistema se ha implementado con los siguientes productos:

- El servidor es una *workstation Sun Ultra 1* con las características especificadas en el capítulo 2, el manejador de bases de datos que mantendrá la información es *Sybase* versión 7.0.
- Los clientes son computadoras personales con las características especificadas en el capítulo 2, y las *APIs* del sistema que tienen como objetivo manipular la información de la base de datos, contemplando las altas, las bajas, los cambios, los reportes y las consultas se desarrollaron en *Paradox* versión 5.0 de *Borland*.

CAPÍTULO 7
MANTENIMIENTO

CAPÍTULO 7

MANTENIMIENTO

Para lograr la máxima vida económica de la red, que implica tener fiabilidad, disponibilidad, seguridad, funcionalidad, operabilidad y apariencia es necesario que se lleve a cabo el mantenimiento a la misma.

El mantenimiento es cualquier combinación de acciones que conserva a un artículo o que lo restaura a una condición aceptable, existen diferentes tipos de mantenimiento:

- **Preventivo.** Son las acciones que se llevan a cabo para evitar las fallas en los equipos, instalaciones, etc.
- **Correctivo.** En este tipo de mantenimiento, la característica es la corrección de las fallas a medida que se van presentando, ya sea por síntomas claros y avanzados o por el paro del equipo, instalación, etc.
- **Adaptativo.** Se refiere a los procedimientos que se siguen para añadir nuevos bloques a la infraestructura existente.
- **Perfectivo.** Es el mantenimiento que se lleva a cabo para mejorar la funcionalidad de un equipo, una instalación, etc.

7.1 MANTENIMIENTO DE LA RED DEL INER

Para la red del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, el mantenimiento preventivo se hará cada 6 meses, el cual consistirá de verificar las condiciones ópticas y eléctricas de cada uno de los segmentos de cable de fibra óptica y *UTP*, respectivamente, para evitar cualquier falla, para los equipos de comunicaciones (*switch* y concentradores) no procede el mantenimiento preventivo porque están protegidos de los factores ambientales dentro del *rack*.

Se procederá con el mantenimiento correctivo cuando ocurra una falla en el cableado o en el equipo de comunicaciones.

Cuando se realicen las siguientes etapas del proyecto de automatización del INER, el cual consistirá de intercomunicar las áreas Médica, Investigación y Enseñanza se procederá a hacer un mantenimiento adaptativo en las instalaciones actuales y el migrar a *Fast Ethernet* se considera como mantenimiento perfecto, además se aumentará la infraestructura de cableado para dar servicio a los nuevos nodos de la red.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El diseño e implementación de la red en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias ha cubierto la necesidad de intercomunicar las áreas administrativas para hacer más eficiente el desempeño de las actividades concernientes a las mismas conforme al Sistema de Cómputo de la Administración, además para eliminar el gasto fijo que implicaba el sistema de procesamiento electrónico de datos externo, así como para ayudar a controlar de manera efectiva la información y el presupuesto del Instituto, además de optimizar los recursos humanos.

El desarrollo del presente trabajo, ha permitido darnos cuenta que para llevar a cabo un proyecto existen dos factores importantes, el técnico y el económico, porque en el estudio que se realizó para elegir el estándar de red para el INER, la mejor opción técnica fue *FDDI*, sin embargo el costo de los componentes excedió el presupuesto asignado por el Instituto, por tal motivo se implementó la segunda opción que fue *Ethernet*. Cabe mencionar que se usó cableado estructurado con fibra óptica y *UTP* de categoría 5, lo cual va a permitir que a mediano plazo se migre a *Fast Ethernet* que es un estándar para 100 Mbps, además de poder añadir otros segmentos de cableado para las siguientes etapas del Proyecto de Automatización del INER, que contempla las áreas Médica, Investigación y Enseñanza.

En esta tesis los estándares de redes locales analizados son los que se han usado a lo largo de varios años en el mundo, por lo cual se ha comprobado su funcionalidad, además de que cuentan con un mercado sólido y estable.

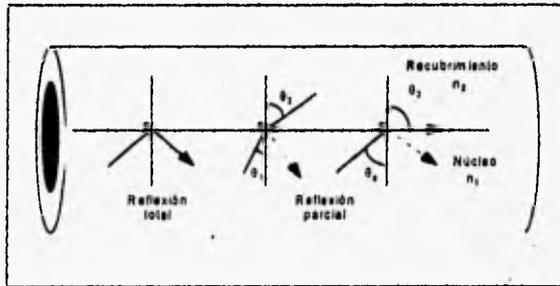
GLOSARIO

GLOSARIO

Ancho de Banda. Es la diferencia entre la mayor y menor frecuencia, de las señales que pueden ser transmitidas a través de un medio.

Apertura numérica. Se define como la mitad del ángulo sólido dentro del cual un haz de luz incidente en la fibra logra la condición de reflexión total interna (RTI). Un rayo de luz que viaja por un medio con un índice de refracción n_1 (núcleo) mayor que n_2 (índice del recubrimiento), al llegar a la frontera de los medios, se refracta de manera que se cumple la ley de Snell

$$n_1 \cdot \text{sen} \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen} \theta_2$$



Corte longitudinal de la fibra

θ_c es el ángulo crítico

$$\text{sen} \theta_c = \frac{n_2}{n_1}, \text{ para } \theta_2 = 90^\circ, \text{ o sea } \text{sen} \theta_2 = 1$$

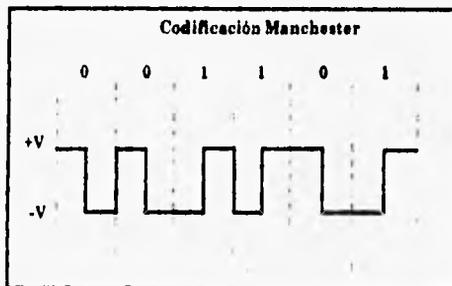
Para un ángulo de incidencia $\theta > \theta_c$ tendremos la reflexión total interna (RTI), del haz transmitido.

Para el caso de una fibra óptica, con índice de refracción de tipo de escalón, la apertura numérica (AN) puede expresarse como:

$$AN = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, n_1 > n_2$$

ASK (Amplitude-Shift Keying). Manipulación por corrimiento de amplitud. Técnica de modulación analógica para información digital, en donde los valores binarios son representados por dos diferentes amplitudes de la señal de la portadora.

Codificación Manchester. Es una técnica de codificación de datos binarios en señales digitales, consiste en tener dos niveles de voltaje (+V y -V), en el cual, un cero se codifica como una transición de +V a -V y el uno como una transición de -V a +V, la duración en cada nivel de voltaje equivale a la mitad de la duración del bit.



Enlace multipunto. Consiste en comunicar varios dispositivos a través de un solo medio de transmisión.

Enlace punto a punto. Consiste en comunicar dos dispositivos a través de un canal de transmisión.

FSK (*Frequency-Shift Keying*). Manipulación por corrimiento de frecuencia. Técnica de modulación analógica para información digital, donde la portadora conmuta entre dos frecuencias predeterminadas.

PCM (*Pulse Code Modulation*). Modulación por codificación de pulso. Esta técnica de modulación consiste en digitalizar señales analógicas y codificarlas para transmitir las a través del canal de comunicación.

PSK (*Phase-Shift Keying*). Manipulación por corrimiento de fase. Técnica de modulación analógica para información digital, que consiste en conmutar la fase de la portadora entre π radianes o 180° . También puede considerarse que varía la polaridad de la portadora de acuerdo a la información binaria.

Servicio orientado a la conexión. Este servicio proporciona una conexión a través de un circuito virtual entre los puntos de acceso al mismo (entre usuarios). Esto es, que cada usuario puede pedir o notificar el establecimiento o terminación de una conexión lógica. También provee de un control del flujo de datos, secuenciación, y recuperación de errores. Este soporta el direccionamiento punto a punto.

Servicio orientado a la sin-conexión. Este servicio provee un mecanismo por el cual un usuario pueda enviar una unidad de datos y puede o no recibir un reconocimiento que los datos fueron liberados, sin la necesidad de establecer una conexión.

TDM (*Time Division Modulation*). Modulación por división de tiempo. Es la transmisión de muestras de información desde varios canales de señal en forma simultánea a través de un solo sistema con diferentes muestras de los canales, distribuidos secuencialmente en el tiempo.

Transmisión *full-duplex*. Cuando se comunican dos dispositivos, ambos pueden transmitir información al mismo tiempo.

Transmisión *half-duplex*. Cuando se comunican dos dispositivos, ambos pueden transmitir información, pero solamente uno a la vez.

Transmisión *simplex*. Cuando se comunican dos dispositivos, solamente uno de ellos puede transmitir información.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Black, Uyles

"Computer Networks: Protocols, Standards and Interfaces"

2a. edición

Edit. Prentice Hall, New Jersey 1993

Stallings, William

"Local Networks"

3a. edición

Edit. Macmillan Publising Company, New York 1990

Marion, William

"Client/Server Strategies"

Edit. McGraw-Hill, New York 1994

Heywood, Drew; Jerney, John; et.al.

"Enterprise Series Connectivity: Local Area Networks"

Edit. New Riders Publishing, Indiana 1992

Sheldon, Tom

"LAN TIMES: Guia de interoperabilidad"

Edit. McGraw-Hill, México 1995

Davidson, Robert and Muller, Nothan

"Internetworking LANs: Operation, Design and Manegement"

Edit. Artech House, Boston 1992

EIA/TIA 568 Standard

A Reference Guide to the Commercial Building Telecommunications Cabling Standard

ANIXTER

Gonzalez Sainz, Nestor

"Comunicaciones y redes de procesamiento de datos"

Edit. McGraw Hill, Bogotá 1987

Jain, Raj

"FDDI Handbook High Speed Networking Using Fiber and Other Media"

Edit. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts 1994

Mirchandani, Sonu y Khanna, Raman

"FDDI Technology and Applications"

Edit. John Wiley & Sons, New York 1993

Guía del usuario del Switch Cisco Catalyst 1200

Guía del usuario del Concentrador Link Builder FMS II 3Com de 24 puertos

Guía del usuario del Concentrador Link Builder FMS II 3Com de 12 puertos

Guía del usuario del Concentrador Link Builder FMS II 3Com de 8 puertos

Guía del usuario del Micro Repeater Allied Telesyn International

Guía del usuario de la interfaz de red Etherlink III 3Com