



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

Redes LAN Bajo Protocolo Frame Relay

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A :

**MAYA DE LUCIO ROBERTO**

ASESOR: M. EN A.I. PEDRO GUZMAN TINAJERO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2005

m.340554



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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

" Redes LAN bajo protocolo frame relay"

que presenta el pasante: Roberto Maya de Lucio  
con número de cuenta: 9361821 - 6 para obtener el título de :  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de Octubre de 2004

PRESIDENTE Ing. Enrique Jiménez Ruiz

VOCAL Ing. Javier Hernández Vega

SECRETARIO MAI. Pedro Guzmán Tinajero

PRIMER SUPLENTE Ing. Nicolás Rodolfo Calderas Reyes

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Diana Fabiola Arce Zaragoza

---

---

## **REDES LAN BAJO PROTOCOLO FRAME RELAY**

---

---

### **PROBLEMA**

Contando con redes LAN, se requiere establecer un mecanismo de interconexión a través de redes WAN que ofrezcan alto rendimiento y bajos retardos.

### **OBJETIVO**

Mostrar como Frame Relay proporciona conexiones entre usuarios a través de una red pública, del mismo modo que lo haría una red privada con circuitos punto a punto. De hecho, su gran ventaja es la de reemplazar las líneas privadas por un sólo enlace a la red. El uso de conexiones implica que los nodos de la red son conmutadores, y las tramas deben de llegar ordenadas al destinatario.

### **HIPÓTESIS**

Al surgir la necesidad de interconexión mediante redes WAN, es el protocolo de enlace Frame Relay, una opción viable que cubre los requerimientos necesarios.

### **ALCANCE**

A través de un proveedor de servicios de internet (ISP) es posible interconectar redes LAN bajo protocolo Frame Relay por medio de Routers.

# REDES LAN BAJO PROTOCOLO FRAME RELAY

## ÍNDICE

### INTRODUCCIÓN

#### CAPÍTULO 1 MODELO DE REFERENCIA OSI

1.1 Introducción Modelo OSI	1
1.1.1 Medios	1
1.1.2 Protocolo	2
1.2 Modelo de Referencia OSI	2
1.3 Encapsulación	5
1.4 Desencapsulación	6
1.5 Nombres para los Datos en cada Capa del Modelo OSI	6
1.6 Modelo de Referencia TCP/IP	8
1.6.1 Capa de Aplicación	9
1.6.2 Capa de Transporte	10
1.6.3 Capa de Internet (RED)	13
1.6.4 Capa Interfaz de Red (Física)	14
1.7 Direccionamiento IP	15
1.7.1 Formato de Datagrama IP	16

#### CAPÍTULO 2 REDES DE DATOS

2.1. Redes de Datos	19
2.1.1 Microelectrónica y Computación	19
2.1.2 Evolución en la Comunicación de Datos	19
2.2 Redes de Comunicación	21
2.2.1 Conmutación de Circuitos Frente a Conmutación de Paquetes	21
2.2.2 Redes de Área Local	21
2.2.3 Redes de Área Amplia	22
2.2.4 Ancho de Banda Digital	22
2.2.5 Tasa de Transferencia de Datos	24
2.2.6 Topología de Red	25
Topología en Bus	25
Topología de Anillo	25
Topología de Estrella	25
Topología Jerárquica	25
Topología en Malla	25
2.7 Símbolos de los Medios	26
2.8 Dispositivos de Red	26
Repetidores	27
Hubs	27

Puentes (Brige)	27
Switches	28
Enrutadores (Routers)	28
Nubes	29
2.9 Métodos de Transmisión de LAN	29
Unidifusión (nodo único)	29
Multidifusión (grupo)	29
Difusión (todos los nodos)	29
2.10 Estándares LAN	30
Control de Accesos a Medio (MAC 802.3)	30
Control de Enlace Lógico (LLC 802.2)	30
2.11 Direccionamiento MAC	31
2.12 Direcciones MAC y las NIC	31
2.13 Topologías más Comunes	32
Ethernet	32
Tokeng Ring	32
FDDI.(Interfaz de datos distribuidos por fibra óptica)	32
2.14 Arquitectura de Direcciones de Internet	32
Dirección de Red	32
Dirección de Host	32
2.15 Determinación de Ruta	32
2.16 Direccionamiento de la Capa de Red	32
2.17 Dirección IP	33
2.17.1 Formato de Direccionamiento IP	33
2.17.2 Clases de Direcciones IP	34
Clase A	34
Clase B	35
Clase C	35
2.17.3 Espacio de Direcciones Reservados	36
2.17.4 ID de Red	37
2.17.5 Dirección de Difusión	37
2.17.6 Subredes	37
2.17.7 Máscara de Subred	38
2.17.8 Direcciones Privadas	39

### **CAPÍTULO 3 TECNOLOGÍA DE TRANSPORTE PARA REDES, MULTIPLEXACIÓN DE ALTO ORDEN**

3.1. Transmisión Digital	40
3.1.2 Conversión Analógico a Digital	41
3.1.3 Modulación y Codificación	41
3.2 Codificación	42
3.3 Modulación	42
3.4 Modulación de Pulsos Codificados (PCM)	43

3.4.1 Multiplexación	43
3.4.2 Multiplexación por División de Tiempo	43
3.5 Jerarquías Digitales	44
3.5.1 Jerarquía Digital Síncrona (SDH)	44
3.6 Jerarquía Digital Plesiócrona PDH ( Plesiochronus Digital Hierarchy)	45
3.6.1 Desventajas del PDH	46
3.6.2 Ventajas del PDH	47
3.7 Sistema PCM de 30 Canales de 1 er orden	47
3.7.1 Multiplexaje Plesiócrono	48
3.7.2 Demultiplexaje Plesiócrono	48
3.7.3 Jerarquías de Multiplexación	49
3.8 Equipos y Aplicaciones	50
3.9 SDH (Jerarquía Digital Síncrona)	51
3.9.1 Características de SDH:	51
3.9.2 Compatibilidad SONET & SDH	52
3.9.3 Estructura de Multiplexación PDH a SDH	54
3.9.4 Multiplexación SDH	55
3.9.5 Encabezados de Trayecto	56
3.9.6 Modulo de Transporte Síncrono de Orden 1 (STM-1)	57
3.9.7 Mapeo	57
3.9.8 Apuntadores	58
3.9.9 Justificación	58
3.10 Elementos de Red SDH	58
3.10.1 Redes de Transporte SDH	58
3.10.2 Topologías de Redes de Transporte	59

## CAPÍTULO 4 TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN DE DATOS

4.1 Conmutación de Circuitos	61
4.2 Conmutación de Paquetes	61
4.2.1 Circuitos Virtuales	63
4.2.2 Datagramas	63
4.3 Protocolos HDLC y LAPB de la Capa de Enlace de Datos	64
4.3.1 Tipos de Trama en Protocolos LAPB	65
Tramas I (Información)	65
Tramas S (Supervisión)	65
Tramas U (no numeradas)	66
4.4 Tipos de Circuitos Virtuales	66
4.4.1 Circuito Virtual Conmutado (SVC)	66
4.4.2 Circuito Virtual Permanente (PVC)	67
4.5 Conmutación Rápida de Paquetes	68
4.5.1 Protocolos Frame Relay	69
4.6 Direccionamiento Frame Relay	71
4.6.1 LMI (Local Manager Interface)	72

4.6.2 Foro Frame Relay	73
Intefaz UNI (User to Network Interface)	73
Interfaz NNI (Network to Network Interface)	73
4.6.3 Control de Gestión	74
4.7 FRAD ( Frame Relay Access Device)	
Dispositivo de Acceso a Frame Relay	74
4.8 Panorámica de la Tecnología Frame Relay	75
4.9 Terminología Frame Relay	76
4.10 Funcionamiento de Frame Relay	78
4.11 Multiplexión Frame Relay	78
4.11.1 Formatos de Trama Frame Relay	80
4.11.2 Campos de Trama Frame Relay	80
4.12 Funcionamiento de LMI	81
4.12.1 Extensiones LMI	81
4.13 Multidifusión	82
4.14 Asignación Frame Relay	82
4.15 Tabla de Conmutación	83

## CAPÍTULO 5 APLICACIONES DE FRAME RELAY

5.1 Conceptos de Redes	84
5.1.1 Segmentos LAN	84
5.1.2 Dominios de Colisión y Difusión	84
5.1.3 Enrutador como Controlador de Red	84
5.1.4 Topología de Malla	85
5.2 Diseño de la red Frame Relay	85
5.2.1 Topología de la Red Frame Relay	86
5.2.2 Topología en Estrella de Frame Relay	86
5.2.3 Topología Totalmente Conectada de Frame Relay	87
5.2.4 Topología Parcialmente Conectada de Frame Relay	88
5.2.5 Topología Jerárquica Conectada de Frame Relay	88
5.2.6 Consideraciones de Rendimiento	90
5.2.7 Determinación de la Velocidad Máxima	90
5.2.8 Velocidad de Información Comprometida (CIR)	90
5.2.9 Protocolo de Congestión de FECN/BECN	91
5.2.10 ARP Inverso	91
5.2.11 Asignación de Frame Relay	92

5.2.12	Proceso de Enrutamiento	92
5.2.13	Protocolo de Enrutamiento	93
5.3	Aplicación Frame Relay	95
5.3.1	Tabla de Configuración del Router Cisco	97
5.3.2	Tabla de Interfaz Ethernet	97
5.3.3	Tabla de Interfaz Serial	98
5.3.4	Tabla de Enrutamiento Dinámico	98
5.3.5	Tabla de Comandos de Línea para Acceso al Router	99
5.3.6	Configuración del Router Corporativo	99
5.3.7	Tabla para Configurar cada Subinterfaz	100
5.4	Configuración de Router Central	101
5.4.1	Configurar Router B	103
5.4.2	Configurar Router C	105
CONCLUSIONES		107
GLOSARIO		108
BIBLIOGRAFÍA		115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Capas de aplicaciones	4
Figura 1.2	Capas de flujo de datos	4
Figura 1.3	Método de encapsulación	5
Figura 1.4	Comunicación entre capas	7
Figura 1.5	Comparación entre modelos	9
Figura 1.6	Capa de transporte	11
Figura 1.7	TCP y UDP manejan distintas aplicaciones de red (número de puertos)	12
Figura 1.8	Transporte de aplicación a aplicación	13
Figura 1.9	Capa de red OSI corresponde al TCP/IP	14
Figura 1.10	Subredes	15
Figura 1.11	División de una Red	16
Figura 1.12	Formato de datagrama IP	16
Figura 2.1	Topologías	25
Figura 2.2	Símbolos de los diferentes medios	26
Figura 2.3	Hubs	27
Figura 2.4	Brige	27
Figura 2.5	Switches	28
Figura 2.6	Router	28
Figura 2.7	Nube	29
Figura 2.8	Campos de la subcapa MAC	30
Figura 2.9	Formato de Direcciones IP	33
Figura 2.10	Clases de Direcciones IP	34
Figura 2.11	Clase A	34
Figura 2.12	Clase B	35
Figura 2.13	Clase C	35
Figura 2.14	Dirección de cable	36
Figura 2.15	El número máximo de bits que se pueden tomar prestados puede ser cualquiera que deje al menos dos bits para el número de host	38
Figura 3.1	Multiplexaje Plesiócrono	48
Figura 3.2	Demultiplexaje Plesiócrono	49
Figura 3.3	Multiplexación para PDH	49
Figura 3.4	Estructura de Multiplexación PDH a SDH	54
Figura 3.5	Entrelazado de bytes de 16 señales SMT-1 para formar una señal STM-16	55
Figura 3.6	Entrelazado de bytes de 4 señales STM-1 para formar una señal STM-4.	55
Figura 3.7	STM-1	56
Figura 3.8	Modulo de transporte síncrono de 1er orden	57
Figura 3.9	Apuntador	58
Figura 3.10	Bus Punto-Punto	59
Figura 3.11	Bus Extracción/Inserción	59

Figura 3.12	Anillo Extracción/Inserción	60
Figura 3.13	Malla	60
Figura 4.1	El identificador de la Conexión del Enlace de Datos (DLCI)	71
Figura 4.2	Interconexión de redes Frame Relay y localización de interfaces UNI y NNI	73
Figura 4.4	Dispositivo de acceso a Frame Relay	74
Figura 4.5	Descripción de DCE y DTE	76
Figura 4.6	Funcionamiento del DLCI	76
Figura 4.7	Descripción de Interfaz de administración local (LMI)	77
Figura 4.8	Multiplexión Frame Relay	79
Figura 4.9	Los PVC Frame Relay son identificados por los DLCI	79
Figura 4.10	Campos de Trama Frame Relay	81
Figura 4.11	Funcionamiento de LMI	81
Figura 4.13	Asignación Frame Relay	83
Figura 4.14	Tabla de Conmutación	83
Figura 5.1	Topología en estrella de Frame Relay	86
Figura 5.2	Topología totalmente conectada	87
Figura 5.3	Topología Parcialmente Conectada de Frame Relay	88
Figura 5.4	Topología Jerárquica Conectada de Frame Relay	89
Figura 5.5	Difusiones	89
Figura 5.6	ARP Inverso	91
Figura 5.7	Asignación Frame Relay	92
Figura 5.8	Red LAN Bajo protocolo Frame Relay	96
Figura 5.9	Red LAN Bajo protocolo Frame Relay	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Unidades de bits por segundo	22
Tabla 2.2	Características de los medios	23
Tabla 2.3	Características de los servicios WAN	23
Tabla 2.4	Rangos IP	36
Tabla 2.5	Numero optimo de subredes y host	39
Tabla 2.6	Rango de Direcciones Privadas	39
Tabla 3.1	Designación de la señal SDH	45
Tabla 3.2	Normalización de velocidad asignado por ANSI	45
Tabla 3.3	Velocidades de jerarquía PDH (Europea)	46
Tabla 3.4	Equipos PDH	50
Tabla 3.5	Compatibilidad SONET & SDH	52
Tabla 3.6	Niveles de SONET	53
Tabla 4.1	Estructura de la trama Frame Relay	69
Tabla 4.1	El identificador de la Conexión del Enlace de Datos (DLCI)	72
Tabla 4.2	DLCI para un campo de direcciones de 2 octetos	72
Tabla 5.1	Configuración de Router Cisco	97

Tabla 5.2	Configuración de interfaz Ethernet	97
Tabla 5.3	Configuración interfaz Serial	98
Tabla 5.4	Enrutamiento dinámico	98
Tabla 5.5	Comandos de Línea para Acceso al Router	99
Tabla 5.6	Tabla para configurar cada subinterfaz	100

## ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 2.1	Rendimiento de la red	24
-------------	-----------------------	----

---

---

## REDES LAN BAJO PROTOCOLO FRAME RELAY

---

---

### INTRODUCCIÓN

Frame Relay es una tecnología de conmutación rápida de tramas, basada en estándares internacionales, que puede utilizarse como protocolo de transporte y protocolo de acceso en redes públicas o privadas proporcionando servicios de comunicaciones.

Las líneas digitales, la eliminación de funciones innecesarias y la prevención de la congestión, convierten a Frame Relay en la mejor solución de área extendida. La tendencia del mercado hacia el equipo del usuario final inteligente, ha dado lugar a una informática distribuida, la aparición de las redes de área local y su interconexión a través de redes de área extensa (WAN) de alto rendimiento y bajos retardos.

La clave para que Frame Relay sea aceptado con facilidad, al igual que sucedió con X.25, y también ocurre ahora con RDSI, es su gran facilidad como tecnología para ser incorporado a equipos ya existentes: router, ordenadores, conmutadores, multiplexores, etc., y que estos pueden realizar sus funciones con Frame Relay de un modo más eficiente.

Frame Relay es un protocolo sobre la base de tramas que usan circuitos virtuales para transportar datos desde una localidad de usuario hasta las instalaciones de otro, proporcionando múltiples conexiones lógicas sobre un solo circuito físico.

Un Frame Relay puede considerarse como una red de área amplia (WAN) que permiten la conexión de estaciones de trabajo, PC's, servidores LAN, equipos Host, controladores de comunicaciones y dispositivos síncronos y asíncronos

---

# CAPÍTULO 1

---

---

## CAPÍTULO 1 MODELO DE REFERENCIA OSI

### 1.1 INTRODUCCIÓN MODELO OSI

Todas las comunicaciones entre computadoras envían información a través de una red, se organiza en un origen y transita hasta un destino. Estos datos se pueden enviar a través de la red como impulsos eléctricos, un dato es la forma codificada de la información, que es la serie de impulsos eléctricos en los que se traduce la información para ser enviada.

Un **paquete** de datos es una agrupación lógica de información que se mueve entre sistemas de computadoras.

Se llama paquetes a las pequeñas unidades de fácil transmisión en las que se dividen los datos de una computadora para su envío por la red.

Podemos utilizar el término **trama** cuando hablemos de los paquetes, dependiendo de la arquitectura de la red y del punto del proceso de comunicación que alcance la unidad.

La unidad de datos que transmite el protocolo para el control de transmisión (TCP) se utiliza el término **segmento**.

#### 1.1.1 Medios

Los distintos entornos físicos a través de los que pasan las señales de transmisión se llaman medios. Para una red, el medio es la materia por la cual viajan los paquetes de datos, algunos de ellos pueden ser los siguientes:

- Cable de teléfono (UTP)
- UTP de categoría 5
- Cables coaxiales
- Fibra óptica

Otro tipo de medio es la atmósfera, que transporta ondas de radio, microondas y la luz. La comunicación que no emplea cables se llama inalámbrica, o comunicación free-space. Ésta se hace posible con el empleo de ondas electromagnéticas (EM). En el vacío las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz. Éstas pueden ser ondas de energía, ondas de radio, microondas, luz infrarroja, luz visible, luz ultravioleta, rayos x y rayos gama.

### **1.1.2 Protocolo**

Un protocolo de red es un conjunto de normas que hacen que sea posible y más eficiente la comunicación en una red.

Un protocolo de comunicación se describe: como el conjunto de normas o acuerdos, que deciden la forma de transmisión de datos.

## **1.2 Modelo de Referencia OSI**

La Internacional Standards Organization (OSI, Organización para estándares internacionales), una organización internacional de ingenieros con sede en París, publicó el modelo de referencia Open System Interconnect (ISO, interconexión de sistemas abiertos) en 1978. Este modelo de siete capas se ha convertido en el estándar para diseñar métodos de comunicación entre dispositivos de red y fue la planilla usada para el diseño de Internet Protocol (IP, Protocolo de Internet).

El objetivo del modelo fue el de realizar que los sistemas fueran compatibles y funcionen juntos de tal forma que puedan ejecutar tareas comunes con éxito.

El modelo OSI divide las redes en siete capas funcionales, cada capa define una función o conjunto de funciones que se realizan cuando los datos se transfieren entre aplicaciones a lo largo de la red.

**Capa 7: Capa de Aplicación**

Es la capa OSI más cercana al usuario, proporciona servicios de red, como acceso e impresión de archivos para las aplicaciones del usuario. Sincroniza y establece un acuerdo con los procedimientos para la recuperación de errores e integridad en el control de datos.

**Capa 6: Capa de Presentación**

Asegura que la información que se envía a la capa de aplicación de un sistema se va a poder leer por la capa de aplicación de otro sistema. Proporciona el cifrado de los datos mientras los datos viajan por la red, cuando se reciben los datos cifrados, descifra y formatea el mensaje antes de pasarlo a la capa de aplicación.

**Capa 5: Capa de Sesión**

Establece, administra y finaliza la sesión entre dos host, esta capa proporciona servicio a la capa de presentación.

**Capa 4: Capa de Transporte**

Esta capa segmenta los datos del sistema host remitente y los reordena en un flujo de datos en el sistema del host receptor.

**Capa 3: Capa de Red**

Proporciona y selecciona la ruta entre dos sistemas host que pueden estar ubicados en redes geográficamente separadas.

**Capa 2: Capa de Enlace de Datos**

La capa de enlace de datos proporciona el tránsito de datos a través de un enlace físico, se encarga del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso del medio a la red y de la detección de errores.

**Capa 1: Capa Física**

Define las especificaciones eléctricas, mecánicas y funcionales para activar, mantener y desactivar el enlace físico entre sistemas finales. Características como niveles de voltaje, velocidad de los datos físicos, distancia máxima de transmisión, conectores físicos y otros atributos similares se definen mediante las especificaciones de esta capa.

Las tres capas superiores de referencia OSI se llaman capas de aplicación. La figura 1.1 (*Manual de Cisco, 2000*) muestra estas capas y proporciona información de su funcionalidad.

Capas de aplicaciones (Superiores)	Aplicación	Interfaz de usuario	Telnet http
	Presentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación de los datos</li> <li>• Procesos especiales, como el cifrado</li> </ul>	ASCII EBCDIC JPEG
	Sesión	Mantiene separados los datos de las distintas aplicaciones	Sistema operativo/ Programación de acceso a la aplicación
	Transporte		
	Red		
	Enlace de datos		
	Física		

Figura 1.1 Capas de aplicaciones

Las capas inferiores controlan la entrega física de datos como se muestra en la figura 1.2 (*Manual de Cisco, 2000*).

Capas de flujo de datos	Aplicación		
	Presentación		
	Sesión		
	Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución fiable o no</li> <li>• Corrección de errores antes de retransmitir</li> </ul>	TCP UDP SPX
	Red	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporciona el direccionamiento lógico que los routers utilizan para determinar la ruta</li> </ul>	IP SPX
	Enlace de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combina bits en bytes y bytes en tramas</li> <li>• Acceso a los medios utilizando direcciones MAC</li> <li>• Detección de errores, sin corrección</li> </ul>	802.3/802.2 HDLC
Física	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mueve bits entre dispositivos</li> <li>• Especifica el voltaje, la velocidad del cable</li> </ul>	EIA/TIA-232 V.35	

Figura 1.2 Capas de flujo de datos

### 1.3 Encapsulación

Todas las comunicaciones de la red se crean en un origen y se envían a un destino. La información que se envía por la red se denomina datos o paquetes de datos, para ello deben empaquetarse primero mediante un proceso llamado encapsulación. La encapsulación envuelve los datos con la información del protocolo necesaria antes de su tránsito por la red. Mientras el paquete de datos baja por las capas del modelo OSI, recibe las cabeceras, la información final. Este procedimiento se muestra en la figura 1.3. (*Manual de Centec, 1998*).

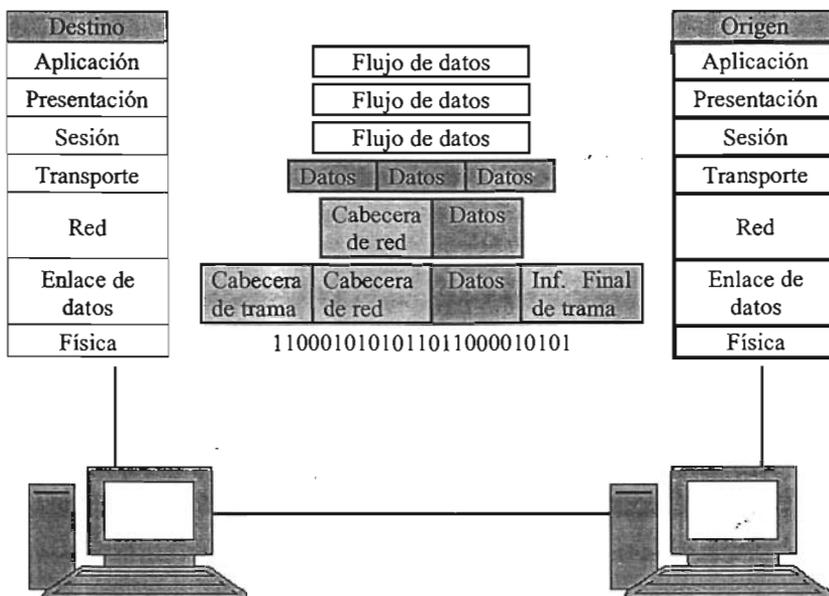


Figura 1.3 Método de encapsulación

Como se puede ver, el empaquetamiento y el flujo de datos se intercambian mientras la red realiza su servicio para los usuarios finales.

La capa inferior utiliza la encapsulación para poner la PDU o paquete (Protocolo Data Unit o Unidad de datos de protocolo) de la capa superior en su campo de datos, y para añadir cabeceras e información final

Como se muestra, las redes deben realizar pasos de conversión para encapsular los datos:

1. Construir los datos
2. Empaquetar los datos para el transporte de extremo a extremo
3. Añadir la dirección de red a la cabecera
4. Agregar la dirección local a la cabecera de enlace de datos
5. Convertir los bits para la transmisión.

La palabra cabecera quiere decir que la información se ha añadido a la parte delantera del paquete, al igual que la información final se añade al final.

#### 1.4 Desencapsulación

Cuando el equipo remoto recibe una secuencia de bits, la pasa por la capa de enlace de datos para manipular las tramas. Cuando la capa de enlace de datos recibe la trama, realiza lo siguiente:

- Lee la dirección física y otras informaciones de control que proporciona la capa de enlace de datos conectada directamente.
- Interpreta la información de control de la trama, creando un datagrama
- Pasa el datagrama a la siguiente capa, siguiendo las instrucciones que aparecen en la zona de control de la trama.

#### 1.5 Nombres para los Datos en cada Capa del Modelo OSI

Para que los paquetes de datos viajen desde el origen hasta el destino, cada capa del modelo OSI del origen debe comunicarse con la misma capa del destino. Esta forma de comunicación se llama **comunicación de igual a igual**. Durante este proceso, cada protocolo de capa intercambia información, llamada **unidad de datos de protocolo** (PDU Protocol Data Unit), entre las capas iguales. Cada capa de comunicación de la computadora de origen se comunica mediante una PDU específica de cada capa, con su capa igual de la computadora de destino.

Cada capa depende de la función del servicio de la capa OSI que esté debajo, para proporcionar este servicio, la capa superior utiliza la encapsulación para colocar la PDU de la capa superior en su campo de datos, y añade las cabeceras e información final que la capa necesite para realizar su función. Cuando las capas 7,6 y 5 han agregado su información, la capa 4 añade más información. Esta agrupación de datos, la PDU de la capa 4, se llama **segmento**.

La capa de red, proporciona un servicio a la capa de transporte, y la capa de transporte presenta los datos a la capa de red, que tiene la tarea de mover los datos por la internetwork, al realizar esta tarea de encapsulado de datos y añadiendo una cabecera para crear un **paquete o un datagrama** (la PDU de la capa 3). La cabecera contiene la información necesaria para completar la transferencia, como las direcciones lógicas de origen y destino.

La capa de enlace de datos proporciona un servicio a la capa de red. Encapsula la información de la capa de red en una **trama** (la PDU de la capa 2); la cabecera de la trama contiene información (por ejemplo: las direcciones físicas) que se necesita para completar las funciones de enlaces de datos. Asimismo, la información de la cabecera de enlace de datos es local, y solo es útil para los dispositivos conectados directamente.

La capa física también proporciona un servicio a la capa de enlace de datos. La capa física codifica la trama de enlace de datos en un patrón de 1 y 0 (bits) para la transmisión por el medio (normalmente un cable) en la capa 1. Los bits se transmiten después al siguiente dispositivo conectado en la ruta de extremo a extremo. En la figura 1.4 (*Manual de Centec, 1998*) se muestran los nombres que identifican los datos en cada capa del modelo OSI.

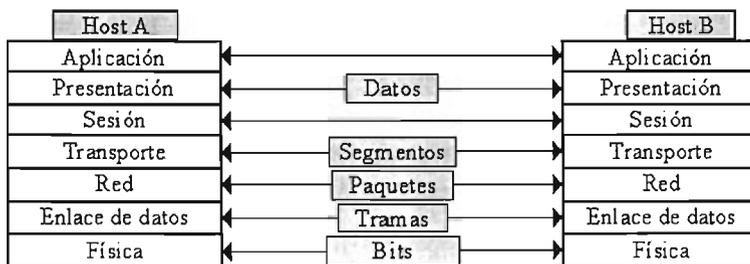


Figura 1.4 Comunicación entre capas

Para comunicarse con su capa igual de otro sistema, cada capa emplea sus propias unidades de datos de protocolo

### **1.6 Modelo de Referencia TCP/IP**

El modelo de referencia TCP/IP y el protocolo TCP/IP es utilizado para la posible comunicación de datos entre computadoras en las que estas compartan sus recursos en un ambiente de red.

Internet funciona sobre TCP/IP, el Protocolo de Control de Transmisión/ Protocolo de Internet. TCP/IP es realmente una familia de protocolos, cada uno de los cuales desempeñan un papel particular para permitir a las computadoras hablar el mismo lenguaje.

TCP/IP lo diseñó la DARPA (Agencia de Defensa de proyectos de investigación avanzada) en los sesentas, el objetivo del diseño era permitir que distintas computadoras se comunicaran libremente sin importar su ubicación.

El Departamento de Defensa de EE.UU. creó el modelo de referencia TCP/IP, porque quería una red que pudiese sobrevivir a cualquier condición, para lo cual necesita una red por la cual fluya la información / datos (en paquetes) sin importarle la condición de cada nodo de la red, por lo cual el modelo de referencia TCP/IP fue creado, siendo estas las normas por la que ha crecido internet. La mayoría del trabajo inicial TCP/IP se realizó en computadoras UNIX, como cualquier tecnología, TCP/IP se asigna al modelo de referencia OSI. El objetivo de TCP/IP es mover mensajes a través de cualquier producto LAN para establecer una conexión que ejecute virtualmente cualquier aplicación de red.

TCP/IP funciona porque se asemeja mucho al funcionamiento del modelo OSI en las dos capas inferiores, la capa de enlace de datos y física, como ese muestra en la figura 1.5 (*Manual de Centec, 1998*). Esto permite a TCP/IP hablar virtualmente, con cualquier tecnología de interconexión e indirectamente con cualquier tipo de computadora.

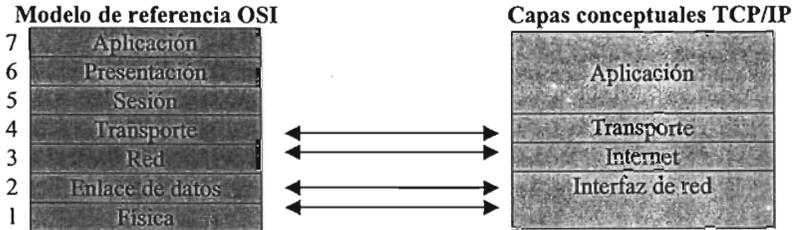


Figura 1.5 Comparación entre modelos

**1.6.1 Capa de Aplicación.-** Define las aplicaciones de red para realizar tareas como transferencias de archivos, correo electrónico y otras funciones útiles.

Los diseñadores de TCP/IP creyeron que los protocolos de nivel superior deberían incluir los detalles de las capas de presentación y de sesión, y crearon una capa de aplicación que manejaba los protocolos de nivel superior, los temas de representación, de codificación y de control de diálogo. TCP/IP combina todos los temas relacionados con la aplicación en una sola capa, asegurando así que los datos serán empaquetados correctamente por la capa siguiente. A esta capa también se le conoce como capa de proceso. Algunas tareas que se realizan en esta capa se describen a continuación.

HTTP (Hyper Text Transport Protocol). - Se utiliza para manejar la consulta de Hipertextos y el acceso a datos con WWW (Word Wide Web) browser's.

NFS( Network File System).- Desarrollado por Sun Microsystem Inc., permite a los usuarios el acceso en línea a archivos que se encuentran en sistemas remotos, como si fueran locales. La mayoría del tráfico NFS es ahora un caso especial del protocolo RPC.

NTP (Network Time Protocol).- Permite que todos los sistemas sincronicen su hora con un sistema designado como servidor horario.

RPC (Remote Procedure Call).- Es una llamada a un procedimiento que se ejecuta en un sistema diferente (Servidor) del que realiza la llamada. Existen dos tipos de servidores:

- Interactivo, un solo proceso a la vez.
- Concurrente, varios procesos remotos a la vez.

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol).- Maneja el correo electrónico, especificando formatos de mensajes, y su direccionamiento, así como servicios de notificación y administración de cuentas.

SNMP (Simple Network Management Protocol).- Sirve para administrar los sistemas de forma remota, también se puede utilizar para supervisar el tráfico de la red.

TELNET.- Permite que un usuario, desde su terminal, o emulando una desde su PC, acceda a los recursos y aplicaciones de otras computadoras.

Una vez que la conexión queda establecida, actúa de intermediario entre ambas computadoras.

Se fundamenta en tres principios:

- El concepto de Terminal Virtual de Red (NVT), que define el formato de los datos intercambiados, códigos de control, y secuencia de comandos para permitir una comunicación entre sistemas heterogéneos.
- La simetría entre terminales y procesos.
- Permite que el cliente y el servidor negocien sus opciones.

TFTP (Trivial File Transfer Protocol).-Es un protocolo similar FTP solo que en lugar de utilizar TCP utiliza UDP. Envía los datos en paquetes con número de secuencia y un paquete de menos de 512 bytes indicará fin de archivo.

La mayoría de los protocolos antes mencionados son utilizados con plataformas UNIX, sistema operativo siempre vinculado con TCP/IP.

**1.6.2 Capa de Transporte.-** Define la mecánica de cómo se intercambian los mensajes entre computadoras. El nivel de transporte suministra a las aplicaciones servicios de comunicaciones desde la estación emisora hasta la receptora. Maneja 2 tipos de protocolos, ver figura 1.6 (*Manual de Centec, 1998*).

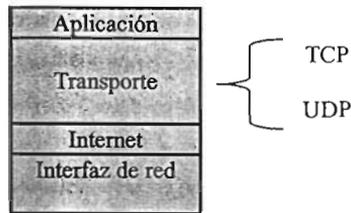


Figura 1.6 Capa de transporte

Utiliza dos tipos de protocolos:

1. TCP (Transmission Control Protocol): Es un protocolo orientado a conexión que utiliza los servicios del nivel de Internet, el cual consta de las siguientes fases:
  - Se puede seleccionar un transporte orientado a la conexión (TCP) o sin conexión (UDP)
  - Establecimiento de la conexión y número de secuencia inicial. Transferencia de datos por segmento a los que agrega un encabezado con el número de secuencia y un código de control, la fiabilidad se logra con la confirmación de recepción, y los temporizadores de espera de confirmación y la retransmisión de segmentos
  - TCP permite multiplexación, es decir, una conexión TCP puede ser utilizada por varios usuarios a la vez, para esto se definen puertos para cada aplicación o usuario, un puerto es una palabra de 16 bits que direcciona la aplicación destino de los datos.

Hay aplicaciones que tienen puertos reservados pues actúan como servidores de servicios, como se muestra en la figura 1.7. Un socket es un par de números que identifica de manera única a cada aplicación. Cada socket se compone de dos campos:

- La dirección IP de la computadora en la que se está ejecutando la aplicación
- El puerto a través del cual la aplicación se comunica con TCP/IP

2. UDP (User Datagram Protocol): Es un protocolo que se basa en el intercambio de datagramas, orientado a No conexión, permite el envío de datagramas a través de la red sin antes haber establecido una conexión, ya que el propio datagrama contiene en su encabezado información suficiente de enrutamiento, por lo tanto es mucho más rápido. Tiene el inconveniente de que no hay confirmación de recepción ni de secuencia correcta, dejando estas tareas a las terminales destino.

Al igual que TCP/IP utiliza puertos y sockets para identificar las aplicaciones destino y también permite la mutiplexación, ver figura 1.7 (*Manual de Centec, 1998*).

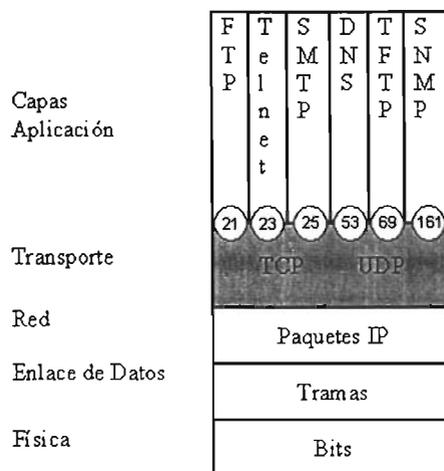


Figura 1.7 TCP y UDP manejan distintas aplicaciones de red (número de puertos)

UDP y TCP reservan algunos puertos, aunque puede que las aplicaciones no estén desarrolladas para soportarlos. Los números de puertos tienen los siguientes rangos asignados:

- Los números inferiores a 255 son para aplicaciones públicas.
- Los números entre 255 y 1023 están asignados a las compañías con aplicaciones comerciales.
- Los números superiores a 1023 no están regulados

Los números de puerto de origen, son asignados dinámicamente por el host de origen, que es un número mayor que 1023. Los sistemas finales utilizan números de puerto para seleccionar las aplicaciones adecuadas, como se muestra en la figura 1.8 (*Manual de Centec, 1998*).

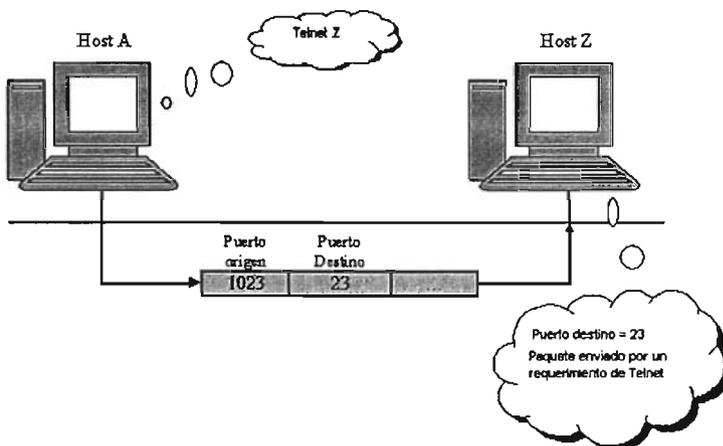


Figura 1.8 Transporte de aplicación a aplicación

**1.6.3 Capa de Internet.**-El protocolo específico que gobierna esta capa se llama protocolo de internet (IP) con el cual se tiene el propósito de dirigir los mensajes a través de enrutadores sobre redes como internet.

El nivel de internet se interpone a la red física creando un servicio de Red Virtual independiente de aquella. No es fiable y No es orientado a conexión (datagramas). Se encarga del direccionamiento y encaminamiento de los datos hasta la estación receptora.

En este nivel se encuentran dos protocolos principales:

1. ICMP (Internet Control Mensaje Protocol): Es un protocolo de mantenimiento/gestión de red. Se utiliza para encontrar la ruta óptima de transmisión para los datagramas. Su objetivo principal es proporcionar la información de error o control entre nodos, a través de mensajes generados por TCP/IP y no por el usuario, hay cuatro tipos de mensajes ICMP:
  - Mensaje de Destino No Alcanzable
  - Mensaje de Control de Congestión
  - Mensaje de Redireccionamiento
  - Mensaje de Tiempo Extendido

2. IP (Internet Protocol): Se encarga de seleccionar la trayectoria a seguir por los datagramas, pudiendo también realizar tareas de fragmentación y reensamblado. No tiene un control de secuencia, recepción ni verificación de datagramas enviados a través de la red, esto se delega a protocolos de capa de transporte. Los datagramas IP contienen una cabecera con información para el nivel IP y los datos del usuario. Estos datagramas se encapsulan en tramas de longitud determinada por el tipo de red física a utilizar. Al atravesar por diferentes redes la longitud de los paquetes puede variar, por lo que se establece un tamaño máximo permitido en cada red denominado MTU (Maximun Transmisión Unit), si el paquete excede este tamaño, deberá ser fragmentado o reensamblado según la dirección de transmisión. En la figura 1.9 (*Manual de Centec,1998*) se muestra la capa de internet.

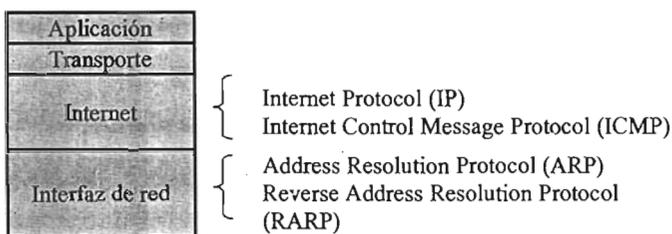


Figura 1.9 Capa de red OSI corresponde al TCP/IP

**1.6.4 Capa Interfaz de Red.** - Permite a TCP/IP interactuar con todas las tecnologías de red modernas cumpliendo con las especificaciones del modelo OSI, TCP/IP tiende a agrupar el nivel físico como el nivel de red. Este nivel le corresponde el hardware y su definición eléctrica-mecánica, como pueden ser el cable coaxial, par trenzado, fibra óptica u línea telefónica. Los protocolos principales de este nivel son, ver figura 1.9 (*Manual de Centec,1998*):

- ARP (Address Resolution Protocol): Se encarga de convertir las direcciones IP en direcciones de Red Física que puedan ser utilizadas por los manejadores, esto a través de tablas de direcciones ARP.
- RARP (Reverse Address Resolution Protocol): Se utiliza al momento de inicialización de las computadoras para que estas, enviando un mensaje con su dirección de red física, obtengan de un servidor RARP su dirección IP correspondiente.

## 1.7 Direccionamiento IP

En un entorno TCP/IP, las estaciones finales se comunican con servidores u otras estaciones extremas. Esto sucede por que cada nodo que utiliza el conjunto de protocolos TCP/IP tiene una única dirección lógica de 32 bits. Esta dirección se conoce como **dirección IP** y se especifica en notación decimal con puntos de 32 bits. Además en un entorno TCP/IP, cada red se ve como una dirección única. Esa dirección debe ser alcanzada antes de poder contactar con un host individual de esa red.

Las redes pueden segmentarse en una serie de redes pequeñas llamadas **subredes**, como se muestra en la figura 1.10 (*Manual de Centec, 1998*). Por tanto una dirección IP se divide en el número de red, el número de subred y el número de host. Las subredes utilizan de 32 bits que se crean tomando bits del campo host. Las direcciones de subred son visibles para los otros dispositivos que haya en la misma red, pero no lo son para las redes externas. Las subredes no son visibles para las redes externas, porque estas solo pueden hacer referencia a la dirección de red de la subred.

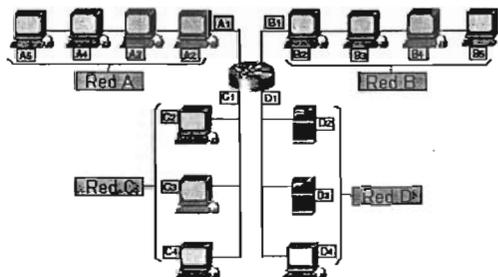


Figura 1.10 Subredes

Con las subredes, el uso de la dirección de red es más eficiente. No hay cambio alguno en el modo en que el mundo exterior ve la red, pero dentro de la organización hay una estructura adicional. En la figura 1.11 se muestra la red 172.16.0.0 la cual está subdividida en cuatro subredes:

1. 172.16.1.0
2. 172.16.2.0
3. 172.16.3.0
4. 172.16.4.0

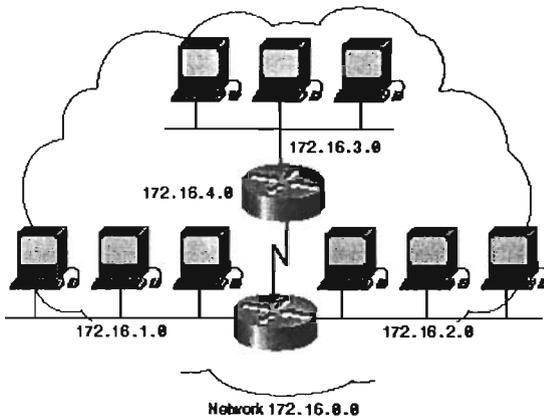


Figura 1.11 División de una Red

**1.7.1 Formato de Datagrama IP**

El datagrama es la unidad básica de datos dentro de los paquetes IP. El formato del datagrama ofrece campos, tanto para manejo de mensajes como para los datos de carga efectiva. El diseño del datagrama se representa en la siguiente figura 1.12 (*Manual de Cisco, 2000*).

Número de bits							
4	4	8	16	16	3	13	8
VER	HLEN	Tipo de inicio	Longitud	ID	Etiqueta	Desplazamiento de la etiqueta	TTL
Inicio							
Número de bits							
8	16	32	32	Variable	Variable	Variable	
Protocolo	Cabecera de comprobación	Dirección de IP origen	Dirección de IP destino	Opciones de IP	Aislamiento	Datos	

Fin

Figura 1.12 Formato de datagrama IP

Un factor clave sobre los paquetes IP es que son de longitud variable. Por ejemplo, en las LAN Ethernet, un paquete puede tener una longitud de 200 bytes, otro de 1400 Bytes. Los paquetes IP pueden crecer hasta 4000 bytes de longitud en paquetes Token Ring.

Cuando la CPU está manejando los paquetes, necesita saber donde empieza cada campo, la posición exacta del bit. Tomando en cuenta que los tres campos que pueden variar de longitud se colocan hacia la parte derecha del formato.

Si los campos de longitud variable estuvieran a la izquierda del formato, sería imposible que las máquinas supieran donde empiezan los siguientes campos. Estos son los campos del datagrama IP:

- **VER.-** Versión del IP del datagrama. Este campo permite coexistir a las diferentes versiones en una red.
- **HLEN.-** Longitud del encabezado. Este campo indica al receptor la longitud de la cabecera para que la CPU sepa donde empieza el campo de datos.
- **Tipo de servicio.-** Un código indica al enrutador cómo se debe manejar el paquete en términos de nivel de servicio (fiabilidad, precedencia, retraso, etc.)
- **Longitud.-** Número total de Bytes en todo el paquete, incluyendo todos los campos de cabecera, en el campo de datos.
- **ID, etiquetas y desplazamiento de las etiquetas.-** Estos campos indican al enrutador como fragmentar el paquete y volverlo a ensamblar y como desplazarse para los diferentes tamaños de trama que pueden aparecer a medida que el paquete viaja a través de distintos segmentos LAN utilizando diferentes tecnologías de red (Ethernet, FDDI, etc)
- **TTL.-** Acrónimo de Time To Live (Tiempo de Vida), un número que se decrementa cada vez que se lanza el paquete. Cuando el contador llega a cero, el paquete se desecha. TTL evita que los paquetes perdidos acaben deambulando de por vida por las redes.
- **Protocolo.-** El protocolo de transporte que se debe utilizar para manejar el paquete. Esta campo identifica casi siempre a TCP como el protocolo de transporte a usar, pero es posible utilizar otros transportes para utilizar IP.
- **Cabecera de comprobación.-** Una comprobación es un valor numérico que se utiliza con el fin de asegurar la integridad del mensaje. Si la suma de integridad en todos los paquetes del mensaje no suman el valor correcto, la estación sabe que el mensaje se ha manipulado.

- **Dirección de IP del origen.**- La dirección de 32 bits del equipo que originó el mensaje (normalmente un PC o un servidor).
- **Dirección de IP del destino.**- La dirección de 32 bits del equipo al que se envía el mensaje (normalmente un PC o un servidor).
- **Opciones IP.**- Se utiliza para comprobar la red y para otros fines especializados.
- **Aislamiento.**- Se rellena en cualquier posición de bits no usado de forma que la CPU pueda identificar la primera posición del campo de datos.
- **Datos.**- La carga efectiva que se está enviando. Por ejemplo, un campo de datos de un paquete puede contener parte del texto que forma un correo electrónico.

Un paquete tiene dos partes básicas: la información de cabecera y los datos. La porción de los datos del paquete contiene la carga, que es la carga efectiva que se envía a través de la red. La cabecera contiene la información propia necesaria para los enrutadores y las computadoras con el fin de poder manejar el paquete y mantenerlo dentro de un orden con los paquetes que forman el mensaje completo.

---

# CAPÍTULO 2

---

---

## **CAPÍTULO 2 REDES DE DATOS**

### **2.1 REDES DE DATOS**

La necesidad de comunicarse a grandes distancias ha dado paso al nacimiento de las telecomunicaciones. Las redes de comunicación de datos resultaron de la convergencia de dos tecnologías diferentes: informática y telecomunicaciones. En la actualidad se está logrando la convergencia total de todos los servicios (voz, Datos, video.) sobre una sola red: La Red de Datos.

#### **2.1.1 Microelectrónica y Computación**

Estas técnicas han evolucionado en forma paralela, esta evolución se debe al desarrollo de los principales componentes de la electrónica. Así la 1era. generación de computadoras estuvo relacionada con bulbos al vacío, la segunda por el transistor y la tercera por los circuitos integrados, la cuarta por la integración a muy grande escala y la quinta por la ingeniería del conocimiento.

Con el desarrollo de los circuitos integrados y los cambios en programación, se dio paso a la tercera generación de computadoras. La reducción en la medida de los componentes y la aplicación de los circuitos integrados permitió el almacenamiento de múltiples programas en una sola computadora. Para la tercera generación fue el desarrollo de equipos centrales o supercomputadoras y minicomputadoras.

La cuarta generación tomó ventajas con los microcircuitos que fueron desarrollados en los años sesentas. La quinta generación se obtuvo por medio de la tecnología y el software en la frontera de la inteligencia artificial.

#### **2.1.2 Evolución en la Comunicación de Datos**

Las redes de telecomunicaciones a nivel público con la que se contaban en 1975 son:

- Red Telefónica
- Red de Telex

Ambas redes eran básicamente analógicas. La red telefónica era utilizada principalmente para telefonía y ha evolucionado recientemente a una red digital. La red de telex se emplea para la transmisión de datos, utilizando un conjunto limitado de caracteres a una baja velocidad, generalmente de 300 bit/seg.

La única red disponible a mediados de los 70's con un fácil acceso a todo el mundo era la red telefónica. Por lo que era lógico conectar las terminales a esta red. Ya que la característica de la trama de bits de las terminales requerían altas frecuencias, esta conexión no podía hacerse directamente por lo que se necesitaba un circuito adaptador entre la terminal y la red analógica: el MODEM.

La razón velocidad de transmisión de datos/costo es muy mala. Típicamente los módems trabajaban a velocidades de 300 a 2400 bits/seg (Alcatel,1996). La transmisión a más altas velocidades (hasta 9600 bits/seg) requiere de mayor inversión.

La red telefónica trabaja comúnmente en modo conmutación de circuitos. Un circuito se reserva para la comunicación a partir del momento del descuelgue hasta que la llamada se libera. Por otra parte la naturaleza de los datos transmitidos no requiere de este tipo de conexión ya que los datos se envían en forma de ráfagas y como resultado se tiene que el medio solo se utiliza una fracción de tiempo entre la conexión y desconexión.

En esta situación una red que trabaje en modo de conmutación de paquetes será mucho más eficiente. En el modo conmutación de paquetes no se reservan los circuitos físicos durante toda la llamada. Se preparan mensajes que tienen la información de direccionamiento necesario (destino) y cada mensaje se envía separadamente a la red. Después cada mensaje, se entrega al destino, utilizando la información de direccionamiento.

En términos generales el objetivo de una red de computadoras es compartir recursos y hacer que todos los programas, el equipo y especialmente los datos estén disponibles para cualquiera en la red, sin importar la localización física de los recursos y de los usuarios.

## 2.2 REDES DE COMUNICACIÓN

### 2.2.1 Conmutación de Circuitos Frente a Conmutación de Paquetes

El servicio telefónico público, a veces denominado POST (Plain Old Telephone Service, Servicio Telefónico Analógico Convencional), es una red de comunicaciones de conmutación de circuitos. Esto es cuando se realiza una llamada de teléfono, se emplea el mismo circuito físico de un extremo al otro durante la duración de la llamada. Este circuito se mantiene para uso exclusivo, hasta que la conexión finaliza al colgar el teléfono.

En una red de conmutación de paquetes, no se establece una conexión física de extremo a extremo. Las comunicaciones procedentes de diferentes fuentes pueden compartir la misma línea, en lugar de tener la línea dedicada a la comunicación de extremo a extremo durante la duración de una sesión. Debido a que normalmente no existe una conexión lógica de extremo a extremo, o circuito virtual, cada paquete individual de datos puede tomar un camino diferente. La conmutación de paquetes se describe en ocasiones como una tecnología sin conexión, ya que la capa de red no establece una conexión, simplemente envían los datos.

### 2.2.2 Redes de Área Local

Las redes de área local (LAN) están constituidas por computadoras, tarjetas de interfaz de red, medios de red, dispositivos de control del tráfico de la red y dispositivos periféricos. Unen entre sí datos, comunicaciones, computadoras y servidores de archivos.

Las LAN están diseñadas para lo siguientes:

- Operan dentro de una zona geográfica limitada
- Permitir acceder a medios de alto de ancho de banda
- Proporcionan conectividad a tiempo completo a los servicios locales
- Conectar físicamente dispositivos adyacentes

### 2.2.3 Redes de Área amplia

Como resultado de estar conectados en red, las computadoras, las impresoras y otros dispositivos de una red de área amplia (WAN) se pueden comunicar entre sí para compartir información y recursos, así como acceder a Internet.

Entre algunas de las tecnologías WAN habituales se incluyen:

- Los modems analógicos.
- RDSI o ISDN (Red digital de servicios integrados, Integrated Services Digital Network)
- DLS (Línea de abonado digital, Digital Subscriber Line).
- Frame Relay
- ATM (Modo de transferencia asíncrona, Asynchronous Transfer Mode)
- Las series de portadora T (EEUU) y E (Europa): T1, E1, T3, E3, etc.
- SONET (Red óptica síncrona, Synchronous Optical Network): STS-1 (OC-1), STS-3 (OC-3)

### 2.2.4 Ancho de Banda Digital

Las LAN y WAN han tenido siempre una cosa en común: el uso del término ancho de banda para describir sus posibilidades. El ancho de Banda es la medida de cuánta información puede fluir de un lugar a otro en una cantidad de tiempo dada.

La unidad básica de información es el bit y la unidad básica de tiempo es el segundo, para describir la cantidad información que fluye en un periodo específico de tiempo, podría emplear las unidades “bits por segundo” para describir el flujo de información. Bits por segundo es la unidad de ancho de banda. En la tabla 2.1 (*Catálogo de Black box, 2002*) se muestran algunas unidades.

Unidad de ancho de banda	Abreviatura	Equivalente
Bits por segundo	Bps	1 bps = U. Fundamental del ancho de banda
Kilobits por segundo	Kbps	1 Kbps = 1000 = $10^3$ bps
Megabits por segundo	Mbps	1 Mbps = 1,000,000 bps = $10^6$ bps
Gigabits por segundo	Gbps	1 Gbps = 1000,000,000 bps = $10^9$ bps

Tabla 2.1 Unidades de bits por segundo

El ancho de banda es un concepto útil, sin embargo tiene limitaciones. Esto es debido tanto a las leyes físicas como a los avances de la tecnología actual. En la tabla 2.2 (*Catálogo de Black box, 2002*) se muestra los máximos anchos de banda digitales posibles así como las limitaciones en longitud, para algunos medios de red habituales.

Medio típico	Máximo ancho de banda teórico	Máxima distancia física
Cable coaxial de 50 ohmios (Ethernet 10Base2, ThinNet)	10-100 Mbps	185 m
Cable coaxial de 75 ohmios (Ethernet 10Base5, ThinNet)	10-100 Mbps	500 m
Cable UTP de par sin apantallar de categoría 5 (Ethernet 10baseT)	10 Mbps	100 m
Cable UTP de par sin apantallar de categoría 5 (Ethernet 100baseTX) (Fast Ethernet)	100 Mbps	100 m
Fibra óptica multimodo (62.5/125um) 100BaseFX	100 Mbps	2000 m
Fibra óptica de un solo modo (10um core) 1000BaseLX	1000 Mbps (1 Gbps)	3000 m
Inalámbrico	11 Mbps	Algunos metros

Tabla 2.2 Características de los medios

En la tabla 2.3 (*Catálogo de Black box, 2002*) se resumen los diferentes servicios WAN y el ancho de banda asociados con cada servicio.

Tipo de Servicio WAN	Usuario Típico	Ancho de Banda
Módem	Particulares	56 Kbps = 0.056 Mbps
RDSI	Pequeñas empresas	128 Kbps = 0.128 Mbps
Frame Relay	Instituciones	56 Kbps a 1.544 Mbps
T1	Grandes Entidades	1.544 Mbps
T3	Grandes Entidades	44.736 Mbps
STS-1 (OC-1)	Compañías Telefónicas; backbones de compañías de datos	51.840 Mbps
STS-3 (OC-3)	Compañías Telefónicas; backbones de compañías de datos	155.521 Mbps
STS-48 (OC-48)	Compañías Telefónicas; backbones de compañías de datos	2.488320 Gbps

Tabla 2.3 Características de los servicios WAN

### 2.2.5 Tasa de Transferencia de Datos

La tasa de transferencia se refiere al ancho de banda real, medido en un momento concreto del día, es habitualmente menor que el máximo ancho de banda digital posible del medio que se está utilizando. Entre algunos de los factores que determinan la tasa de transferencia son:

- Dispositivos de interworking
- Tipos de datos que se van a transferir
- Topología
- Número de usuarios
- La computadora del usuario
- El servidor
- Congestión

Una parte importante del diseño de redes es la toma de decisiones sobre que medio emplear. La formula se muestra a continuación en el esquema 2.1 (Manual de Centec,1998).

<b>BW</b> = Ancho de Banda teóricamente máximo del enlace "más lento" entre el host y el host destino <b>P</b> = Rendimiento real en el momento de la transferencia <b>T</b> = Tiempo para que se produzca la transferencia del archivo <b>S</b> = Tamaño del archivo en bits	Mejor descarga $T = \frac{S}{BW}$
Descarga típica $T = \frac{S}{P}$	

Esquema 2.1 Rendimiento de la red

Se debe conocer el ancho de banda y la tasa de transferencia, son factores principales al analizar el rendimiento de una red. Aunque enviar datos a cada dispositivo de una red podría funcionar en una red relativamente pequeña, pero cuando mayor sea la red habrá un mayor tráfico.

Los dispositivos de red son productos que se emplean para conectar redes, estos dispositivos pueden controlar la cantidad de tráfico de la red y pueden acelerar el flujo de datos.

### 2.2.6 Topología de Red

El diseño físico de una red se conoce como topología, conforme se desarrolló la tecnología, las topologías fueron evolucionando.

Las topologías físicas que se utilizan son las siguientes:

- **Topología en bus:** Emplea un único segmento backbone (longitud del cable), al que se conectan directamente todos los **host**.
- **Topología de anillo:** Conecta un host al siguiente, y el último host al primero. Así se crea un anillo físico de cable.
- **Topología de Estrella:** Conecta todos los cables a un punto central de concentración. Este punto normalmente es un **hub** o un **switch**.
- **Topología en estrella extendida:** Emplea la topología de estrella. Enlaza estrellas individuales enlazando sus hubs/switches, extendiendo así su longitud y el tamaño de la red.
- **Topología jerárquica:** Similar a la topología en estrella, pero en lugar de entrelazar los hubs/switches, cada sistema secundario (subordinado) se enlaza a una computadora principal que controla el tráfico de la topología.
- **Topología en malla:** Se emplea cuando no puede haber ninguna ruptura en la comunicación.

La representación gráfica de las topologías mencionadas se ejemplifica en la figura 2.1 (*Manual de Cisco, 2000*).

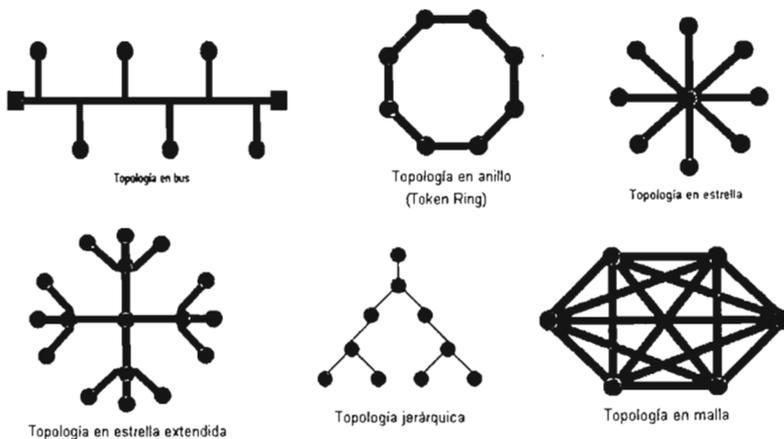


Figura 2.1 Topologías

A los dispositivos que se conectan directamente a un segmento de red se les suele llamar **host**. Éstos incluyen computadoras (clientes y servidores), impresoras, escáneres y muchos otros dispositivos.

Estos dispositivos no forman parte de ninguna capa del modelo OSI, disponen de una conexión física con los medios a través de una tarjeta de interfaz de red (NIC, Network Interface Card), y las funciones de la otras capas OSI se ejecutan en el software que está en el interior del host. Los dispositivos host ejecutan el proceso completo de encapsulación y desencapsulación para realizar funciones como el de enviar correos electrónicos, imprimir informes o acceder a las bases de datos.

## 2.7 Símbolos de los Medios

Los símbolos para los medios son diferentes como se muestra en la siguiente figura 2.2 (*Catálogo de Black box, 2002*). Las funciones básicas del medio son transportar un flujo de información, en forma de bits, a través de la LAN. Los medios de red se consideran componentes de Capa 1 de las LAN.

Token Ring	
FDI Ring	
Línea Ethernet	
Línea Serie	

Figura 2.2 Símbolos de los diferentes medios

## 2.8 Dispositivos de Red

Los usuarios se conectan a los servidores sobre esta infraestructura de Internet, para poder utilizar esta tecnología nos referimos al ancho de banda que es una medida de cuantos datos pueden moverse sobre un enlace. Los dispositivos de interconexión situados en los extremos de los cables son importantes para el ancho de banda, para que una red funcione, tiene que utilizar una infraestructura o dispositivos, los cuales se muestran a continuación:

**Repetidores.-** Una de las desventajas del tipo de cable que se usa principalmente es la longitud del mismo. Si se necesita extender la red más allá de este límite, se deberá añadir dispositivos a la red, llamados repetidores.

**Hubs.-** El hub opera en una topología física de estrella, crea el mismo entorno de contención que un bus. Esto se debe a que cuando un dispositivo transmite, el resto de los dispositivos le escuchan y la contención crea un bus lógico. Aunque la representación grafica no está todavía normalizada podemos utilizar como se señala en la figura 2.3 (*Manual de Cisco,2000*). Las propiedades más importantes de los hubs son:

- Regenerar y repetir las señales
- Propagar las señales de red
- No pueden filtrar el tráfico de la red
- No pueden determinar la mejor ruta.
- Se utilizan como puntos de concentración de la red.



Figura 2.3 Hubs

**Puentes (Brige).-** Es un dispositivo de Capa 2, diseñado para crear dos o más segmentos LAN, cada uno de ellos con un dominio de colisión separado. En la figura 2.4 (*Manual de Cisco,2000*) se representa gráficamente. Estos dispositivos filtran el tráfico de red fijándose solo en las direcciones MAC. Sus propiedades son las siguientes:

- Analizan las tramas que llegan y pueden enviarlas basándose en la información de la dirección
- Recogen y pasan paquetes entre dos o más segmentos LAN.
- Crean más dominios de colisión, permitiendo que más de un dispositivo pueda retransmitir simultáneamente sin provocar colisión.
- Mantienen las tablas de dirección.

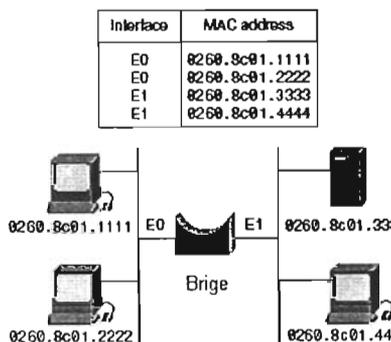


Figura 2.4 Brige

**Switches.-** El propósito es el de concentrar la conectividad mientras crea una transmisión de datos más eficiente. La figura 2.5 (*Manual de Cisco,2000*) muestra el símbolo de un switch con una topología de estrella, conectando varias computadoras. Conmuta las tramas de los puertos entrantes (interfaces) a los puertos salientes mientras proporciona a cada puerto un ancho de banda completo ( la velocidad de transmisión de datos en el backbone de la red).

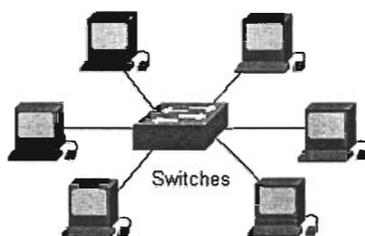


Figura 2.5 Switches

**Enrutadores (Routers).-** Estos dispositivos enrutan datos entre Redes de Área Local (LAN). El símbolo del Router se presenta en la figura 2.6 (*Manual de Cisco,2000*). Para calcular la mejor ruta a través de la Red los enrutadores utilizan direcciones de Protocolo de Internet (IP: Internet Protocol).

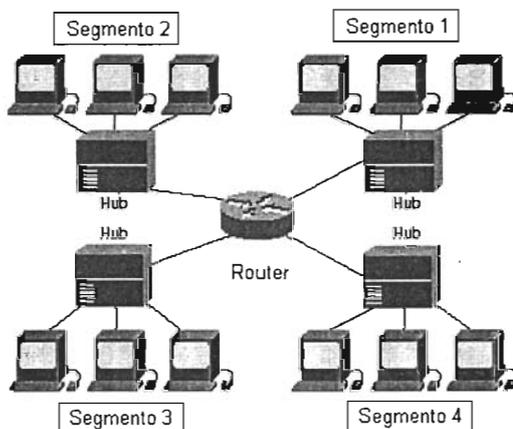


Figura 2.6 Router

**Nubes.-** El símbolo de la nube sigue a otra red, quizá Internet, pero no proporciona todos los detalles de la conexión a la red, ver figura 2.7 (*Manual de Cisco, 2000*).

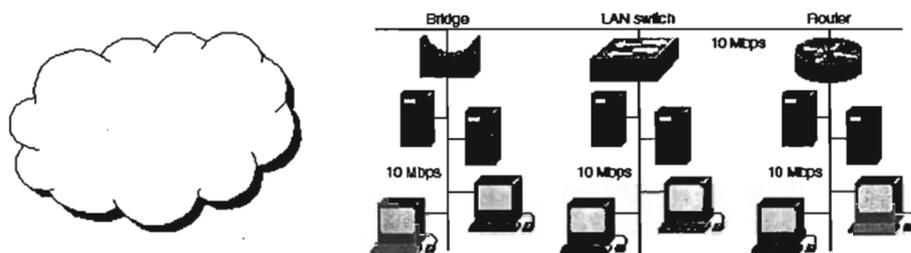


Figura 2.7 Nube

### 2.9 Métodos de Transmisión de LAN

Los métodos de transmisión LAN se dividen en tres categorías:

- Unidifusión
- Multidifusión
- Difusión

En cada uno de ellos se envía un solo paquete a uno o más nodos.

**Transmisión de unidifusión (nodo único).**- Se envía un solo paquete desde el origen a un único destino de la red. Primero, el nodo de origen direcciona dicho paquete utilizando la dirección física del nodo destino. Entonces, el paquete se envía a la red para que esta lo lleve a su destino.

**Transmisión de multidifusión (grupo).**- Consiste en un solo paquete de datos que se envían a un subconjunto específico de nodo de la red. Primero, el nodo de origen direcciona el paquete (utilizando una dirección de mutildifusión) para ser transmitido por la red.

**Transmisión de difusión (todos los nodos).**- Consiste en un paquete de datos que se transmite a todos los nodos de la red. En este tipo de transmisión, el nodo de origen direcciona el paquete utilizando la dirección de difusión. Después dicho paquete se transmite a la red.

## 2.10 Estándares LAN

El modo en que los dispositivos se comunican con la capa de enlace de datos son los estándares, ésta define la forma en que se transportan los datos en un medio físico, así como el de la forma de encapsular el tráfico específico del protocolo, para que el tráfico que vaya a diferentes protocolos de la capa superior pueda utilizar el mismo canal. Para utilizar estas funciones, la capa de enlace de datos Ethernet del IEEE tiene dos subcapas:

- **Control de Accesos a Medio (MAC 802.3)**
- **Control de Enlace Lógico (LLC 802.2)**

La capa de control de acceso al medio (MAC) trata los protocolos que sigue un host para acceder al medio físico. Los campos de la subcapa MAC se presentan en la figura 2.8 (*Manual de Centec 1998*).

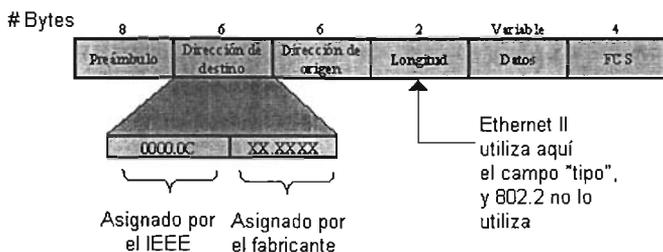


Figura 2.8 Campos de la subcapa MAC

Las direcciones MAC tienen una longitud de 48 bits y siempre se expresan como 12 dígitos hexadecimales. Lo seis primeros (leídos de izquierda a derecha), que administra el IEEE, identifican al fabricante y comprenden el Identificador Unico Organizativo (OUI). Los otros seis dígitos hexadecimales comprenden el número de serie de la interfaz.

### 2.11 Direccionamiento MAC

Sin direcciones MAC, las LAN tendrían un grupo de computadoras sin nombre, por tanto, en la capa de enlace de datos se añaden una cabecera y una información final (trailer) a los datos de la capa superior. La cabecera contiene información de control destinada a la capa de enlace de datos del sistema destino. La información final contiene una secuencia de verificación de trama. Los datos de las entidades de la capa superior se encapsulan en la cabecera y la información final de la capa de enlace de datos.

En una red Ethernet, la transmisión de un nodo atraviesa el segmento completo y se recibe y examina en cada uno de los nodos.

### 2.12 Direcciones MAC y las NIC

Cada computadora tiene una sola forma de identificarse a sí misma en una red:

Su dirección física

Conocida como dirección de acceso al medio (MAC), la dirección física se localiza en la tarjeta de interfaz de red (NIC). Antes de dejar la fábrica, el fabricante de hardware asigna una dirección física a cada NIC.

Las LAN Ethernet y 802.3 son redes de difusión. Las estaciones existentes ven todas las tramas, por lo que éstas deben ser examinadas por cada una de las estaciones para determinar si ella es el destino final de la trama. En una red Ethernet, cuando un dispositivo quiere enviar datos a otros, se puede abrir una ruta de comunicación entre ambos utilizando sus direcciones MAC. Cuando un dispositivo de origen envía datos en una red, estos se propagan por el medio, la NIC de cada dispositivo de la red los comprueba para ver si su dirección MAC corresponde con la dirección física del destino que lleva la trama de datos. Si no es así la NIC la descarta.

### 2.13 Topologías más Comunes

Las tres tecnologías de la capa 2 más comunes son:

- **Ethernet.**- Topología en bus lógica (Flujo de información en un bus lineal) y topología física en estrella o estrella extendida. Utiliza CSMA/CD y funciona en distintos tipos de cable a 10, 100 y 1000 Mbps.
- **Token Ring.**- Topología lógica en anillo (el flujo de información se controla en un anillo) y topología física en estrella.
- **FDI (Interfaz de datos distribuidos por fibra óptica, Fiber Distributed Data Interface).**- Topología lógica en anillo (el flujo de información se controla en un anillo) y topología física en doble anillo (cableado como un doble anillo).

### 2.14 Arquitectura de Direcciones de Internet

La arquitectura de direcciones e Internet está implementada con el Protocolo Internet (IP). Internet utiliza una jerarquía de direcciones de dos niveles. Cada uno de los host de internet necesita identificarse de manera única. Para ello se necesita una dirección de dos partes:

- Dirección de red
- Dirección de host

### 2.15 Determinación de Ruta

Este procedimiento sucede en la capa 3 (capa de red). Permite que un Router evalúe las rutas disponibles a un destino para establecer la mejor forma de gestionar un paquete

### 2.16 Direccionamiento de la Capa de Red

Una dirección de red ayuda al router a identificar la ruta dentro de la nube de la red. Una dirección MAC se puede comparar con su nombre, y la dirección de la capa de red sería su dirección de correo (dirección de red y de host).

La función de la capa de red es encontrar la mejor ruta para atravesar la red, una red debe representar de forma coherente las rutas disponibles entre dos routers. Como se muestra en la siguiente figura, cada línea entre dos routers tiene un número que estos utilizan como dirección de red.

EL protocolo IP es una aplicación en la cual su esquema jerárquico de direccionamiento de red es utilizado por internet.

## 2.17 DIRECCIÓN IP

Una dirección de IP se puede representar por un número binario de 32 bits dividido en cuatro octetos (un octeto es un grupo de 8 bits). Las direcciones IP se suelen expresar como número decimales separados por puntos. El máximo valor decimal de cada octeto es de 255.

El **número de red** de una dirección IP identifica la red a la que se conecta un dispositivo. La parte de **host** de dicha dirección identifica un dispositivo específico de una red.

### 2.17.1 Formato de Direccionamiento IP

Una dirección IP tiene un **número de red** y un **número de host**, y utiliza una notación decimal con puntos como se muestra en la figura 2.9 (*Manual de Centec, 1998*).

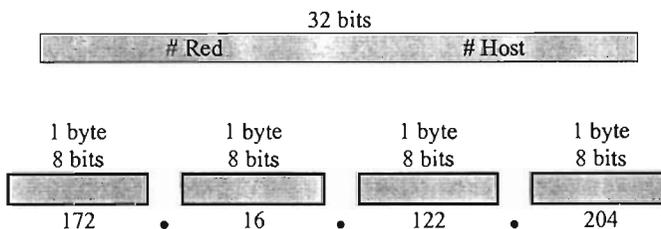


Figura 2.9 Formato de Direcciones IP

### 2.17.2 Clases de Direcciones IP

Una organización puede recibir tres clases de direcciones de IP por parte del ARIN, RIPE, NCC, APNIC, o el ISP de la organización:

- Clase A
- Clase B
- Clase C

El ARIN reserva las direcciones de Clase A para instituciones gubernamentales de todo el mundo y la Clase B para compañías de tamaño medio. A todos los demás solicitantes se les dan direcciones de Clase C, ver figura 2.10 (*Manual de Cisco, 2000*).

Clase A:	N	H	H	H
Clase B:	N	N	H	H
Clase C:	N	N	N	H

Clase D: Para multidifusión

Clase E: Para investigación

N = Número de red asignado por ARIN, RIPE NCC O APNIC

H = Número de host asignado por el administrador de la red.

Figura 2.10 Clases de Direcciones IP

#### Clase A

Todas las direcciones de Clase A utilizan solo los primeros 8 bits para identificar la parte de la red de la dirección. Los tres octetos restantes se utilizan para la parte de host. Cada red que utiliza una dirección de Clase A puede tener asignadas hasta  $2^{24}-2 = 16,777,214$  posibles direcciones IP a otros tantos dispositivos conectados a la red (se restan las direcciones reservadas y de difusión). Para identificar esta red solo basta con mirar el primer octeto de su dirección IP que puede ser desde 1 hasta 126 (127 se ha reservado para fines especiales). Cuando está escrito en binario, el primer bit de una dirección de Clase A (el situado más a la izquierda) siempre es 0, ver figura 2.11 (*Manual de Cisco, 2000*).

# bits	1	7	24
Clase A	0	# Red	# Host

Figura 2.11 Clase A

**Clase B**

Los dos primeros octetos identifican el número de red asignado por el ARIN. Los administradores internos de la red asignan los 16 bits restantes, ver figura 2.12 (*Manual de Cisco, 2000*). Todas las direcciones IP de Clase B utilizan los 16 primeros bits para identificar la parte de la red de la dirección mientras que los dos restantes se pueden utilizar para la parte de host. Cada red que utiliza una dirección IP de Clase B tiene asignados hasta  $2^{16}-2 = 65,534$  posibles direcciones IP (se restan las direcciones reservadas y de difusión). El rango comprendido para estas direcciones es de 128.0.0.0 a 191.255.0.0. Cuando está escrito en binario los dos primeros bits de una dirección de Clase B son siempre 10.

# bits	1	1	14	16
Clase B	1	0	# Red	# Host

Figura 2.12 Clase B

**Clase C**

Los tres primeros octetos identifican al número de red asignado por el ARIN. Los 8 bits restantes son asignados por los administradores de la red. Los tres primeros dígitos de una dirección de Clase C son siempre 110, ver figura 2.13 (*Manual de Cisco, 2000*). El rango comprendido para esta clase es de 192.0.0.0 a 223.255.255.0. Cada red que utiliza una dirección IP de Clase C puede tener asignadas hasta  $2^8-2 = 254$  posibles direcciones IP conectados a la red (se restan las direcciones reservadas y de difusión).

# bits	1	1	1	21	8
Clase C	1	1	0	# Red	# Host

Figura 2.13 Clase C

En la tabla 2.4 (*Manual de Cisco,2000*) se muestra un resumen de las direcciones IP, así como su rango y estatus.

Clase de dirección IP	Dirección o rango IP	Estatus
A	0.0.0.0	Reservado
	1.0.0.0 a 126.0.0.0	Disponible
	127.0.0.0	Reservado
B	128.0.0.0 a 191.254.0.0	Disponible
	191.255.0.0	Reservado
C	192.0.0.0	Reservado
	192.0.1.0 a 223.255.254.0	Disponible
	223.255.255.0	Reservado
D	224.0.0.0 a 239.255.255.255	Direcciones de grupo de multidifusión
E	240.0.0.0 a 255.255.255.254	Reservado
	255.255.255.255	Difusión

Tabla 2.4 Rangos IP

**2.17.3 Espacio de Direcciones Reservados**

Una dirección IP que tiene ceros binarios en todas sus posiciones de host se reservan para la dirección de la red (**dirección de cable**). Utilizando el siguiente ejemplo de Clase A 121.0.0.0 es la dirección IP de la red que contiene el host 121.1.2.3

En una red de Clase B, la dirección 176.10.0.0 es una dirección de red. Los números decimales que llenan los dos primeros octetos contienen ceros porque aquellos 16 bits son para números de host y se utilizan para dispositivos que estén conectados a la red, ver figura2.14 (*Manual de Cisco,2000*). Esta dirección nunca se utiliza para un dispositivo que está conectado a ella.

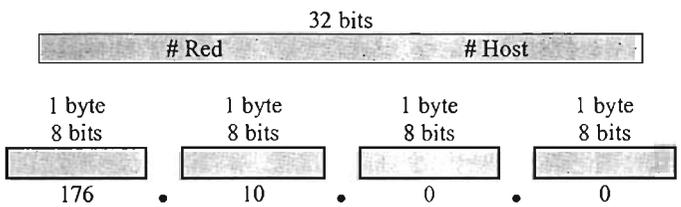


Figura 2.14 Dirección de cable

### 2.17.4 ID de Red

El significado de la parte de **red** de una dirección IP, se llama ID de red. Los host de una red, solo se pueden comunicar directamente con los dispositivos que tengan el mismo ID de red. Puede compartir el mismo segmento físico, pero si tienen distintos números de red, no se podrán comunicar. Un ID de red permite que un router ponga un paquete en el segmento de red apropiado. El ID de host ayuda al router a distribuir la trama de Capa 2 encapsulado el paquete para un host específico de la red. Como resultado el ID de host es asignado a la dirección MAC correcta, que es necesaria para que el proceso de Capa 2 en el router cree la trama.

### 2.17.5 Dirección de Difusión

Para enviar datos a todos los dispositivos de la red es necesario utilizar una dirección de difusión. Una difusión ocurre cuando un emisor envía datos a todos los dispositivos de una red. Las direcciones IP de difusión terminan con unos binarios en toda la parte de host de la dirección (campo host).

Para la red de ejemplo (176.10.0.0), en la que los últimos 16 bits forman el campo de host, una difusión que quisiera llegar a todos los dispositivos de la red incluirá una dirección de destino de 176.10.255.255 (ya que 255 es el valor decimal de un octeto que contiene 11111111).

### 2.17.6 Subredes

Algunas veces las redes se necesitan dividir, estas divisiones se llaman subnetworks y proporcionan flexibilidad de direccionamiento. Las redes lógicas se conocen como subredes. Frecuentemente las redes LAN se pueden tratar como subredes. Lo decisivo en una red privada es que sea capaz de enviar sus propios datagramas. Dentro de la red privada, la parte de host de la dirección IP se puede subdividir para crear subredes



Una de las decisiones que se deben tomar al crear subredes es determinar el número óptimo de subredes y host, ver tabla 2.5 (*Manual de Cisco,2000*). Cuando se crean subredes, se pierden direcciones potenciales

Número de bits prestados	Número de subredes creadas	Número de host por subred	Número total de host	Porcentaje utilizado
2	2	62	124	49 %
3	6	30	180	71 %
4	14	14	196	77 %
5	30	6	180	71 %
6	62	2	124	49 %

Tabla 2.5 Numero optimo de subredes y host

### 2.17.8 Direcciones Privadas

Algunas direcciones de IP no se asignan. Las direcciones privadas pueden ser utilizadas por todos los host que empleen la conversión de direcciones de red (NAT, network address translation) o un servidor proxy para conectarse a Internet, o por host que no se conecten en absoluto a Internet. Estos rangos se muestran en la tabla 2.6 (*Manual de Cisco,2000*).

Dentro de la conectividad de una sola red muchas aplicaciones no necesitan conectividad externa. Las direcciones privadas se pueden utilizar junto con un servidor de conversión de direcciones de red (NAT).

Los siguientes rangos están disponibles para direccionamiento privado
10.0.0.0 - 10.255.255.255
172.16.0.0 - 172.31.255.255
192.168.0.0 - 192.168.255.255

Tabla 2.6 Rango de Direcciones Privadas

---

# CAPÍTULO 3

---

---

## **CAPÍTULO 3 TECNOLOGÍA DE TRANSPORTE PARA REDES, MULTIPLEXACIÓN DE ALTO ORDEN**

### **3.1 TECNOLOGÍA DE TRANSPORTE**

Un sistema de Telecomunicaciones consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino. Se denomina “Red de telecomunicaciones” a los medios o instalaciones encargados del transporte de la información. Cada servicio de telecomunicaciones tiene diferentes características, puede utilizar distintas redes de transporte y por consiguiente el usuario requiere de distintos equipos terminales.

#### **3.1.1 Transmisión Digital**

Las señales digitales están frecuentemente representadas por dígitos binarios. Si la señal tiene únicamente 2 estados, entonces esto puede ser representado por un dígito binario. Si se requieren más niveles, se añaden más dígitos. Estos dígitos serán transmitidos en forma serial.

El por que se maneja la transmisión digital, cuando un ruido se suma a una señal analógica, es difícil de regenerar la señal original, esto es diferente con las señales digitales.

Cuando una señal digital de dos estados, tiene un número finito de niveles, podemos regenerar con mayor facilidad la señal original enviada, sin pérdida de información u otros inconvenientes, tales como cruce de voz (diafonía), distorsión, etc., los cuales son típicos de la transmisión analógica.

Los problemas de la transmisión analógica se incrementan con la longitud de la línea. Los niveles de ruido se incrementan consecutivamente en proporción a la longitud de las líneas.

La calidad de la transmisión digital es independiente de la longitud de las líneas, ya que es posible regenerar la señal enviada sin ruido.

### 3.1.2 Conversión Analógico a Digital

Cuando se convierte una señal analógica a una señal digital, con la señal analógica se hace primero un muestreo (Sampling), que es la medición de la señal en intervalos de tiempo. Se conoce como Cuantización al proceso de asignar a cada una de estas mediciones una cantidad numérica.

Cuando convertimos el número infinito de valores de una señal analógica a un número finito de valores, estamos generando un error: el valor digital es una aproximación de la señal analógica. A este error se le conoce como Error de Cuantización.

### 3.1.3 Modulación y Codificación

Cuando enviamos una señal por un medio (par trenzado, coaxial, fibra óptica, radio), esta puede controlar directamente el transmisor en una forma simple:

- Enviando un “1”: conmutando 5 V en los cables
- Enviando un “0”: conmutando 0 V en los cables

Este método se le llama codificación de “No retorno a Cero”. Es directa, pero no es la más eficiente:

- Envía un componente de CD a los cables, lo cual es inconveniente.
- No utiliza todo el ancho de banda disponible del medio en la forma más óptima.
- No permite recuperar la señal de reloj: si se transmiten muchos ceros consecutivos, la señal se mantiene en 0V todo el tiempo, por lo que no permite contar los pulsos y entonces reconocer los bits.

- Con algún ruido, los bits pueden fácilmente degradarse. Algunas interferencias podrían convertir una señal de 0V a una de 5V, incrementando en número de errores.

Para perfeccionar estas condiciones, se utilizan dos técnicas:

- Codificación de Línea: Esta permite balancear la componente de CD, para prevenir errores de bits y para recuperación de bits. Aún cuando todos son ceros o unos.
- Modulación: Para permitir usar en una forma más precisa la cantidad de ancho de banda aprovechable

### 3.2 CODIFICACIÓN

Las técnicas pueden codificar la señal que queremos enviar, también conocida como señal de “Banda Base” usando pulsos más complicados, de manera que la componente de CD sea cero y que la señal de reloj pueda ser recuperada siempre.

### 3.3 MODULACIÓN

Significa “controlar” una propiedad específica de una señal portadora a la velocidad de la señal de “Banda Base”. Las cosas que podemos modificar comúnmente son:

- La amplitud de la señal: Modulación por Amplitud (AM)
- La frecuencia de la señal: Modulación por Frecuencia (FM)
- La fase de la señal: Modulación por fase (PM)

Una combinación de estas, por ejemplo es la Modulación por Amplitud de Cuadratura, que es una combinación de PM y AM

Cuando modulamos una señal portadora con una señal de Banda Base, el espectro de frecuencia de la banda base, es corrida alrededor de la frecuencia portadora.

### **3.4 MODULACIÓN DE PULSOS CODIFICADOS (PCM)**

En los sistemas de transmisión de audio, una frecuencia de audio es transportada en forma continua a lo largo de una portadora. Los científicos Nyquist y Shannon examinaron si era realmente necesaria esta aseveración o si la transmisión del valor de la señal en intervalos regulares pudiese ser suficiente, al examinar este problema probaron que muestras tomadas en intervalos regulares pueden ser usadas para transmitir una señal de audio.

La ventaja de enviar información con pulsos cortos, es que los tiempos entre dos pulsos sucesivos pueden ser usados para enviar información de pulsos de otras señales por el mismo canal de transmisión (multiplexación).

#### **3.4.1 Multiplexación**

Al combinar nuevas técnicas de multiplexación, la multiplexación por división de tiempo y el uso de transmisión digital (en la cual cada muestra de voz fue representada por un código binario), nació la telefonía digital. La telefonía resultó en un bajo costo de sistemas de transmisión (multiplexación) mientras que al mismo tiempo se tiene la habilidad de eliminar el ruido de transmisión.

#### **3.4.2 Multiplexación por División de Tiempo**

Un sistema TDM, es un sistema de transmisión, en el cual un número de comunicaciones están multiplexadas en una portadora al asignar a cada conmutación un espacio específico de tiempo.

En el espacio tiempo asignado, se transmite el “valor momentáneo” de la señal. Para usar un sistema TDM, cada señal analógica debe prepararse, convirtiendo la señal continua en muestras, generadas a intervalos regulares. Se usará un modulador para generar las muestras. En el lado de recepción de la portadora, la cadena de bits debe ser demultiplexada.

Cuando se establece una comunicación digital a gran distancia, las señales serán transmitidas por un cierto medio (técnicas de transmisión) en una portadora específica, dependiendo del tipo de transmisión, un medio será seleccionado y al mismo tiempo una portadora para el medio elegido.

Los sistemas PCM, pueden usar portadoras clásicas como cable multipar, cable coaxial y fibra óptica para transmisiones sencillas. Dependiendo del ancho de banda de la portadora, pueden ser usados ya sea que el sistema PCM de 32 canales o el PCM de alto orden.

### **3.5 JERARQUIAS DIGITALES**

Los sistemas de transmisión actuales tienen una serie de limitaciones muy significativas cuando se desea generalizar su utilización para gran capacidad de ancho de banda, hasta los Gbps y todo tipo de tráfico.

Como consecuencia de las limitaciones de los sistemas actuales, surge el concepto de Jerarquía Digital Síncrona, SDH ( Synchronos Data Hierarchy). En Norteamérica, ANSI definió las especificaciones SONET, análogas a SDH.

#### **3.5.1 Jerarquía Digital Síncrona (SDH)**

La velocidad binaria básica definida en SDH es 155.520 Mbps. Esta velocidad se deriva de una estructura matricial constituida por 270 columnas y 9 filas de bytes en donde se transmite la información. La transmisión es secuencial, de manera que se transmiten primero los bytes correspondientes a la primera fila, seguida de la segunda y así sucesivamente. En cada byte se transmite primero el bit más significativo.

En SDH también se cuenta con sistemas de alto orden de multiplexación denominados STM (Synchronous Transport Module) que son frames síncronos estandarizados en los que se incrustarán conjuntos de estructuras de datos jerárquicos identificados mediante encabezados específicos para cada orden, que serán transmitidos sobre enlaces ópticos, esencialmente. Sus órdenes de multiplexación se muestran en la siguiente tabla 3.1 (*Manual de Alcatel, 1996*).

Nivel SDH	Designación de la señal	Velocidad en Mbps
1	STM-1	155.520
4	STM-4	622.080
16	STM-16	2488.320
64	STM-64	9953.280

Tabla 3.1 Designación de la señal SDH

El SDH se deriva y es contra parte del estándar americano SONET (Synchronos Optical Network) o Jerarquía Estandarizada de Transmisión Óptica propuesta por BellCore y normalizada por ANSI, cuyas velocidades se describen en la tabla 3.2 (*Manual de Alcatel, 1996*).

Nivel SONET	Velocidad en Mbps	Compatibilidad
STS-1	51.84	
STS-3	155.52	Con STM1
STS-9	466.56	
STS-12	622.08	Con STM4

Tabla 3.2 Normalización de velocidad asignado por ANSI

### 3.6 Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)

#### PDH (Plesiochronus Digital Hierarchy)

En los inicios de los años 60 peritos en transmisión trabajaron con PCM para resolver el problema de la presencia de hilos de cobre en las calles y así mismo la ausencia de espacio para instalar nuevas líneas.

Se encontró que con una cadena digital se podía transmitir muchas señales de voz con una mejor calidad que las analógicas.

En 1968 en Europa se desarrolló un estándar con 30 canales de voz más un canal de alineamiento de trama y un canal de señalización, con un total de  $32 \times 64 \text{ Kbps} = 2.048 \text{ Mbps}$ , que se representa un E1 y para E.U.A.  $24 \times 64 \text{ Kbps} = 1.544 \text{ Mbps}$  ó T1.

Con la llegada del multiplexaje se crearon sistemas en donde se tomaban cierto número de señales T1 ó E1 y todas se unían en una sola. Este proceso genera una sola cadena tributaria y poniéndose en una cadena de más alto orden, y a estas ordenes se les llamó Jerarquías de Multiplexación.

Los niveles jerárquicos de velocidades PDH, ver tabla 3.3 (*Manual de Alcatel, 1996*), que se utilizan en México son:

Velocidades de Jerarquía PDH (Europea)		
Orden	Velocidad Binaria	Capacidad de canales
Primer Orden	2.048 Mbps	30
Segundo Orden	8.448 Mbps	120
Tercer Orden	34.368 Mbps	480
Cuarto Orden	139.264 Mbps	1920
Quinto Orden	565.992 Mbps	7680

Tabla 3.3 Velocidades de jerarquía PDH (Europea)

Así, en cada caso, el multiplexor debe tomar en cuenta el hecho de que las velocidades a las que llegan en cada tributaria son distintas. Por ello se utiliza en método PDH.

A esto se debe el nombre de Pleiso (casi) crona ( sincronía).

### 3.6.1 Desventajas del PDH

Dentro de una Trama Plesiócrona no es posible separar debajo de la tributaria inferior inmediata según como esté multiplexada. Es decir, con PDH no se puede disgregar o separar una señal de 1er orden de una señal entrante de 4º orden, por lo que tendría que estar descendiendo al siguiente nivel inmediato hasta obtener la señal del orden deseado.

Existen problemas con la Plesiocronía tales como:

- Incompatibilidad con las jerarquías existentes en el mundo, es decir que para Multiplexar y Demultiplexar un nivel jerárquico es necesario demultiplexarlos nivel por nivel.
- Se carece de apuntadores por lo que no se puede averiguar dónde se encuentra nuestra señal de interés.
- Altos costos debidos a la conversión de los niveles jerárquicos.
- No existe una relación reservada de bit para el monitoreo de los sistemas de transmisión.

### 3.6.2 Ventajas del PDH

- Equipo relativamente barato, pues no requiere inteligencia para el procesamiento de señales
- Fácil de instalar y adaptable a la planta de cobre externa existente.

### 3.7 Sistema PCM de 30 Canales de 1er orden

Las características básicas de un PCM de 1er orden están dadas por los siguientes parámetros:

- Frecuencia de Muestreo de 8 KHz
- Duración del espacio tiempo TS de 3.9 $\mu$ s.
- Anchura del bit 0.49  $\mu$ s
- Velocidad de Transferencia Binaria de 2.048 Mbps
- Período de la Trama de 125  $\mu$ s
- Número de bit por palabra es de 8 bit
- Número de Tramas por Multitrama de 16
- Período de Multitrama de 2 ms
- Señal de Alineamiento de Multitrama en TS16
- Palabra de Alineamiento de trama fija a 0011011
- Palabra de Alineamiento de Multitrama es 0000

### 3.7.1 Multiplexaje Plesiócrono

Cada señal de entrada obtiene tributarias que le permiten un cierto rango de velocidades. El Multiplexor lee cada tributaria a la velocidad de reloj más alta permitida y, cuando no hay más bits en el buffer de entrada (debido a que los bits están llegando a una velocidad de reloj menor), este añade un bit de relleno (“stuffing”) para completar la señal hasta la velocidad más alta, ver figura 3.1 (*Manual de Alcatel, 1996*).

En cada nivel:

- Palabra de inserción para alineamiento de trama.
- Adición de bits de justificación y relleno (stuffing).
- Adición de señales de servicio.

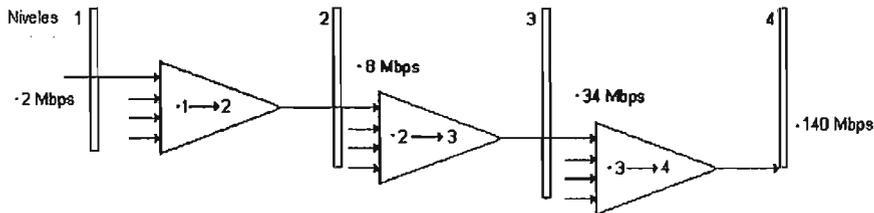


Figura 3.1 Multiplexaje Plesiócrono

### 3.7.2 Demultiplexaje Plesiócrono

Esto conlleva a un mecanismo que indica al Demultiplexor que se han usado bits de relleno a los cuales debe descartar. Este método se denomina Justificación y es la base de todos los sistemas de transmisión digital actuales.

En cada nivel, ver figura 3.2 (*Manual de Alcatel, 1996*):

- Extracción de la señal de reloj.
- Recuperación de la palabra de alineamiento de trama.
- Recuperación de bits adicionales.

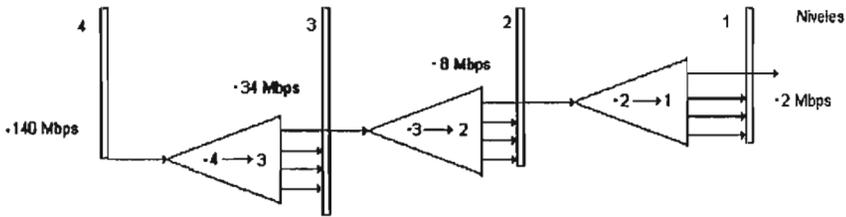


Figura 3.2 Demultiplexaje Plesiócrono

### 3.7.3 Jerarquías de Multiplexación

Existen tres formas de multiplexación a partir de una señal de 64 Kbps. Estas son normas dictadas por ITU-T, en la recomendación G702.

Norma Americana (ANSI)

Norma Europea (ETSI)

Norma Japonesa

Todas las jerarquías parten de la velocidad a nivel de canal de 64 Kbps, ver figura 3.3 (*Manual de Alcatel, 1996*), sobre la que se estructuran los niveles jerárquicos en cualquier sistema.

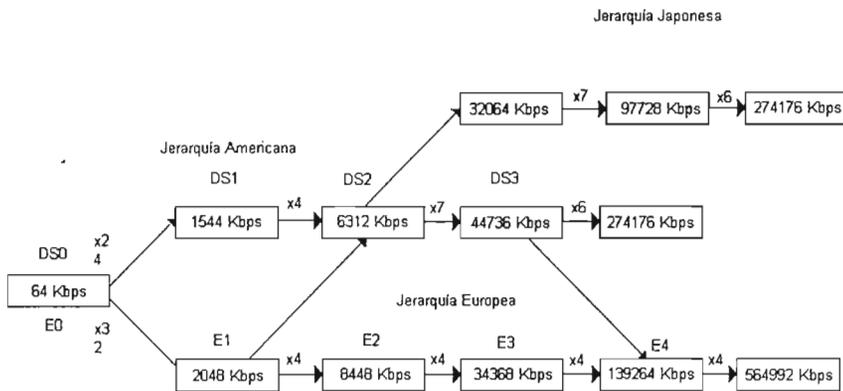


Figura 3.3 Multiplexación para PDH

Conforme a la jerarquía de Multiplexaje, norma Europea, en cada nivel jerárquico se agrupan respectivamente 4 señales digitales de orden jerárquico inferior en un tren de pulsos de orden jerárquico superior.

Por ejemplo para pasar del 1er orden al 2° se agrupan cuatro sistemas de 30 canales (llamados Tributarias) a 2.048 Mbps. Para pasar del 2° al 3° se agrupan 4 sistemas a 120 canales (Tributarias a 8.448 Mbps) y para pasar del 3° al 4° se agrupan 4 sistemas a 480 canales (Tributarias a 34.368 Mbps).

### 3.8 Equipos y Aplicaciones

Dentro de la red telefónica de Telmex se tiene una gran variedad de equipos PDH de diversos proveedores y varios tipos y versiones dentro del mismo proveedor como se muestra en la tabla 3.4 (*Manual de Alcatel, 1996*).

PROVEEDOR	FAMILIA DE EQUIPOS
Alcatel	Equipo PDH Tipo T-80 Equipo PDH Tipo T-90 (1631FL) Equipo PDH Tipo 1521FL Equipo PDH Tipo 1531FL
Ericsson	Equipo PDH Tipo ByB Equipo PDH Tipo s7000
DSC	Equipo PDH CP 600/800 Equipo PDH CP 3000/4000
NEC	Equipo PDH Serie 5000 Equipo PDH Serie 6000
Philips	Equipo PDH Tipo Slim Line Equipo PDH Tipo PLE
AT&T	Equipo PDH AT&T
Northern Telecom	Equipo PDH Versión Modular

Tabla 3.4 Equipos PDH

En la red de transmisión de Telmex se tienen tres aplicaciones principales:

- La red de transporte de larga distancia
- La red de transporte local
- La red de acceso a usuarios

### **3.9 SDH (Jerarquía Digital Síncrona)**

La Jerarquía Digital Síncrona (SDH) surge de la necesidad de evolucionar hacia un sistema de transmisión de más alta velocidad, más confiable y más fácil de administrar que su antecesor: la Jerarquía Digital Plesiocrona (PDH).

En PDH se realizará Multiplexación por División de Tiempo (TDM) y genera flujos superiores a los 2 Mbps (PCM de Primer Orden) a partir de canales digitales como en el estándar Europeo (32 canales), así como el estándar Americano (24 canales) y sus correspondientes niveles jerárquicos.

#### **3.9.1 Características de SDH:**

El SDH es síncrono, esto es, todos los elementos de la red utilizan como referencia solamente un reloj. Existen 2 relojes atómicos de Cesio que se encuentran instalados; uno en Celaya (Ctl. Aztecas) y el otro en México (CT San Juan) los cuales proporcionan los pulsos de referencia de alta precisión para todos los sistemas digitales del país.

Es compatible con sistemas PDH (estándar Americano o Europeo). Está normalizado en cuanto al medio de transmisión que permite mezclar cualquier tipo de equipo que cumplan con dicha norma.

Está preparado para transportar señales PDH y señales de Modo de Transferencia Asíncrono (ATM).

Realiza una multiplexación más visible, ya que una señal SDH está compuesta de señales de más bajo nivel, velocidades más bajas enclavadas en otras de más alto orden como en los actuales sistemas de PDH, las cuales pueden ser fácilmente identificables de los sistemas de más alto nivel por su configuración de encabezados. Esto hace posible el *Agregar y Segregar* (Add/Drop) estas señales de bajo orden de una manera más fácil y rápida, sin tener que pasar por todos los niveles de demultiplexación del flujo de alto orden.

Tiene canales de voz y datos para administrar la red dentro de la señal SDH, permite el control centralizado de todos los elementos de la red SDH, para su operación y mantenimiento.

### 3.9.2 Compatibilidad SONET & SDH

En SDH se cuentan con sistemas de alto orden de multiplexación denominados STM (Synchronous Transport Module), que son tramas síncronas estandarizadas. En estas tramas se incrustarán conjuntos de estructuras de datos jerárquicos identificados mediante encabezados específicos para cada orden, ver tabla 3.5 (*Manual de Alcatel, 1996*).

Nivel de SONET	Velocidad en Mbps	Compatibilidad con SDH
STS-1	51.840	
STS-3	155.520	Con STM-1
STS-9	466.560	
STS-12	622.080	Con STM-4
STS-18	933.120	
STS-24	1244.160	
STS-36	1866.240	
STS-48	2488.320	Con STM-16
	9953.280	Con STM-64

Tabla 3.5 Compatibilidad SONET & SDH

Serán transmitidos sobre enlaces ópticos, esencialmente. Sus órdenes de multiplexación son como se muestran en la tabla 3.6 (*Manual de Alcatel, 1996*).

Nivel de SONET	Velocidad en Mbps
STM-1	155.520 Mbps
STM-4	622.080 Mbps
STM-16	2488.320 Mbps
STM-64	9953.280 Mbps

Tabla 3.6 Niveles de SONET

El SDH se deriva y es contraparte del estándar Americano SONET ó Red Óptica Síncrona que es jerarquía estandarizada de transmisión óptica propuesta por BellCore y normalizada por ANSI

### 3.9.3 Estructura de Multiplexación PDH a SDH

Las estructuras de multiplexación PDH a SDH, ver figura 3.4 (*Manual de Alcatel, 1996*), se describen como sigue:

**Contenedor (C-n):** Es la estructura que forma la carga útil de información. Cada una de ellas tendrá sus reglas mapeo o adaptación de las distintas velocidades de los flujos de entrada, mediante un proceso llamado justificación para compensar las variaciones en frecuencia de dichas señales.

**Contenedor Virtual (VC-n):** Estructura de información utilizada para establecer conexiones entre los distintos niveles de trayectos.

**Unidad Tributaria (TU-n):** Estructura que agrega apuntadores a los contenedores virtuales.

**Grupo de Unidades Tributarias (TUG-n):** Agrupa varios TU's que se multiplexan juntos.

**Unidad Administrativa (AU-n):** Agrupa varios AU's para formar un SDH de 1er Orden.

**Módulo de transporte síncrono (STM-n):** Estructura que agrega facilidades para la supervisión y mantenimiento (sección de encabezados SOH).

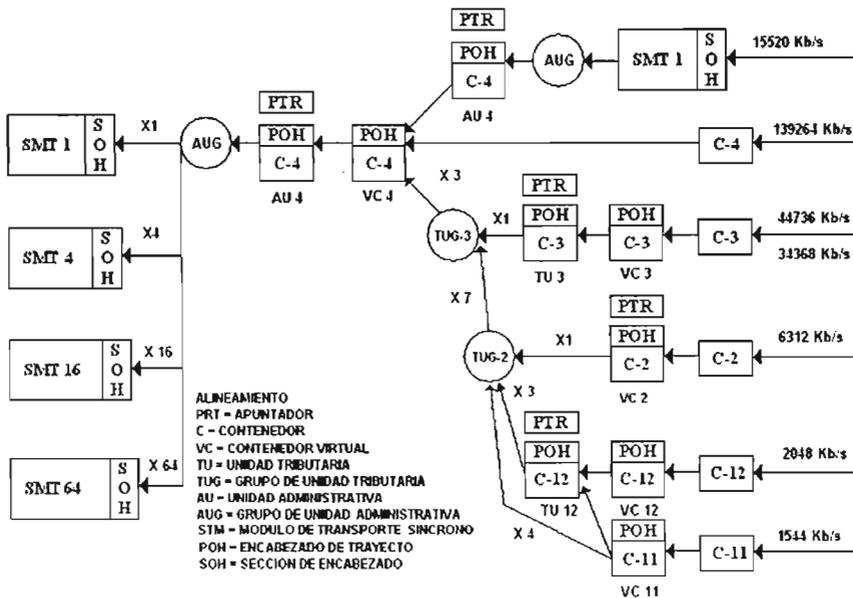


Figura 3.4 Estructura de Multiplexación PDH a SDH

**3.9.4 Multiplexación SDH**

Existen dos métodos de multiplexación para formar un STM-n (1, 4, 16, 64), un ejemplo de esto se indica en la figura 3.5 (*Manual de Alcatel,1996*). Uno es un multiplexor “n” STM-1’s multiplexado byte a byte.

El otro es multiplexar AU-4’s y luego agregar un SOH especial para formar STM-n. El primer método es el más utilizado y se denomina entrelazado de bytes. Estos métodos lo aplican algunos proveedores y con ellos definen sus líneas de productos para cada nivel jerárquico.

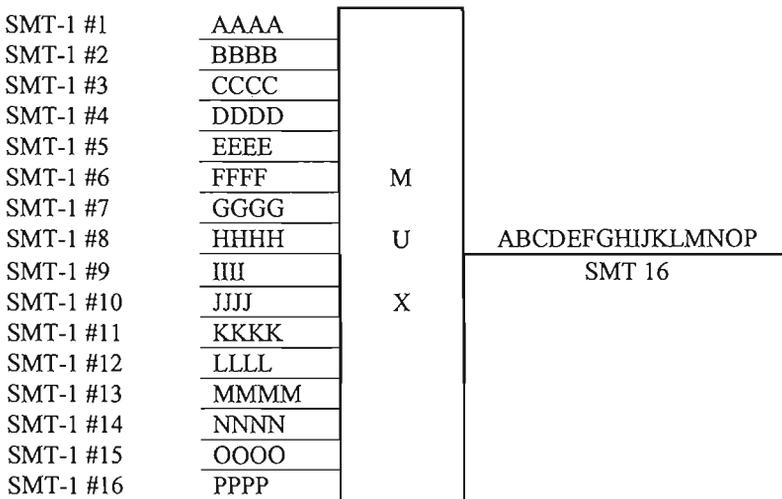


Figura 3.5 Entrelazado de bytes de 16 señales SMT-1 para formar una señal STM-16

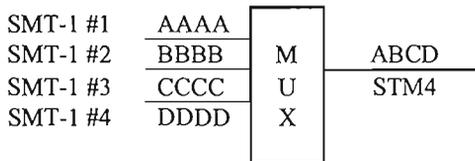


Figura 3.6 Entrelazado de bytes de 4 señales STM-1 para formar una señal STM-4

**3.9.5 Encabezados de Trayecto**

En el sistema SDH, se tienen agregados a la señal transportadora, estos reciben el nombre de encabezados. Cada sección y trayectoria de un enlace de sistemas SDH lleva encabezados que son utilizados para sus funciones de administración y de supervisión. Los cuales se presentan en:

- Sección de Regeneración
- Sección de Multiplexión
- Trayectoria de alto orden de Punta a Punta (HLP: High Level Path)
- Trayectoria de bajo orden de Punta a Punta (LLP: Low Level Path)

Estos encabezados están contenidos en la Trama del STM-1, ver figura 3.7 (*Manual de Alcatel, 1996*), que es una trama de 9 Filas por 270 columnas y se denominan:

Encabezado de Sección de Regeneradores (RSOH) de 3 filas por 9 bytes.

Encabezado de Sección de Multiplex (MSOH) de 5 filas por 9 bytes.

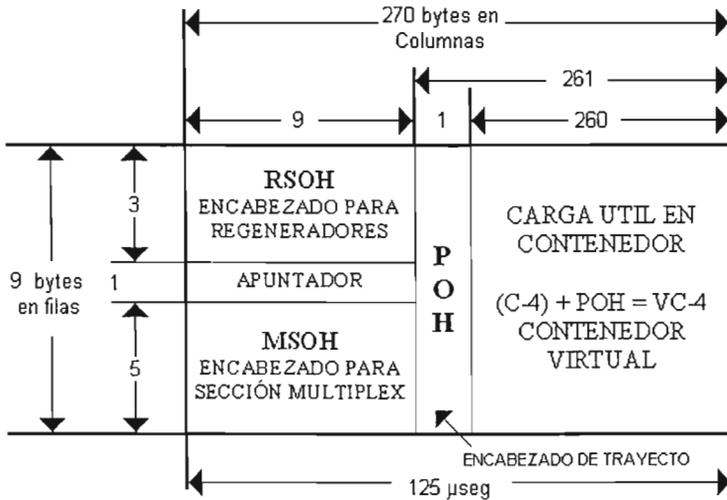


Figura 3.7 STM-1

**3.9.6 Modulo de Transporte Síncrono de Orden 1 (STM-1)**

Esta se compone de las siguientes secciones:

- Sección de Encabezados SOH el cual se divide en dos partes:
  - La sección de Regeneradores RSOH (9 col x 3 fil = 27 bytes).
  - La sección multiplex MSOH (9 col x 5 fil = 45 bytes).
- La sección de Apuntadores de 9 x 1 = 9 bytes en la fila 4
- Sección de Encabezados de Trayecto POH la cual está en la columna 10 y es de 9 bytes
- Sección de carga útil (Contenedor) la cual es de (260 col x 9 fil = 2340 bytes).

Esto es, que el total de bytes que conforman a un módulo de Transporte Síncrono (STM-1) es de 270 col x 9 fil = 2430 bytes y que si lo multiplicamos por 8 bit y después por 8000 Hz obtenemos la velocidad de transmisión del STM-1: 2430 bytes x 8 bit x 8000 muestras/s = 155.520 Mbps

**3.9.7 Mapeo**

El mapeo es un procedimiento que se lleva a cabo en los puntos de acceso a la red síncrona, mediante el cual las tributarias son adaptadas dentro de los contenedores virtuales. También especifica como se van a llenar las diferentes estructuras SDH con las señales que se transportaran. Esto es manejado por medio de la justificación, ver figura 3.8 (*Manual de Alcatel, 1996*).

A1	A1	A1	A2	A2	A1	C1			J1	CARGA UTIL
B1	○	○	E1	○		F1			B3	
D1	○	○	D2	○		D3			C2	
H1	H1	H1	H2	H2	H2	H3	H3	H3	G1	
B2			K1			K2			F2	
D4			D5			D6			H4	
D7			D8			D9			Z3	
D10			D11			D12			Z4	
S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2			Z5	

Figura 3.8 Modulo de transporte síncrono de 1er orden

### 3.9.8 Apuntadores

Los Apuntadores AU y TU proporcionan un método que permite la localización dinámica y flexible de VC's dentro de las tramas AU y TU, ver figura 3.9 (*Manual de Alcatel, 1996*).

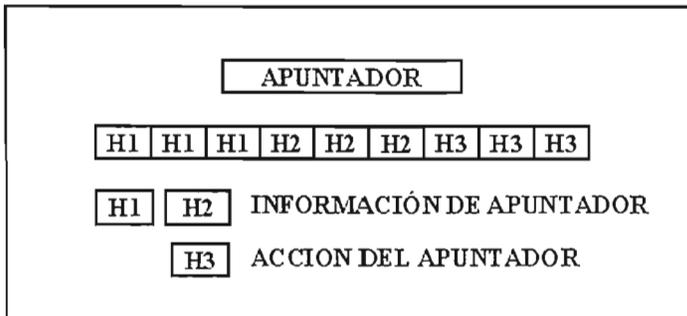


Figura 3.9 Apuntador

### 3.9.9 Justificación

Cuando las diferencias de fase o frecuencia se presentan, estas deben ser compensadas con un incremento o decremento de información en la carga útil transportada para lo cual se requiere justificar la validez de este proceso haciendo uso de los últimos 3 Bytes (H3) del apuntador a lo cual se conoce como proceso de **Justificación**.

## 3.10 ELEMENTOS DE RED SDH

### 3.10.1 Redes de Transporte SDH

Para la jerarquía Digital Síncrona podemos distinguir 4 elementos de red que son:

- Multiplexores Síncronos (Mux).
- Enrutador Digital o Cross Connect (SDXC).
- Multiplexor para Agregar/Segregar (ADM).
- Regeneradores Síncronos (REG).

### 3.10.2 Topologías de Redes de Transporte

Existen varias topologías que conforman las redes de transporte:

- **Bus punto a punto, ver figura 3.10 (Manual de Alcatel,1996).**
  - No difiere en mucho del enlace PDH
  - No explota muchas ventajas de SDH
  - Primera configuración disponible y por lo tanto instalada.
  - Vulnerable a cortes.
  - Protección de equipo

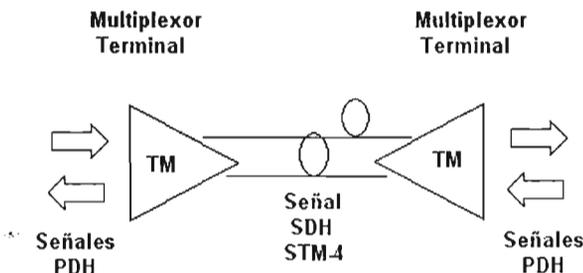


Figura 3.10 Bus Punto-Punto

- **Bus Inserción-Extracción, ver figura 3.11 (Manual de Alcatel,1996).**
  - Manejo flexible de tráfico.
  - Vulnerable
  - Opción a considerar en la extensión económica de redes.

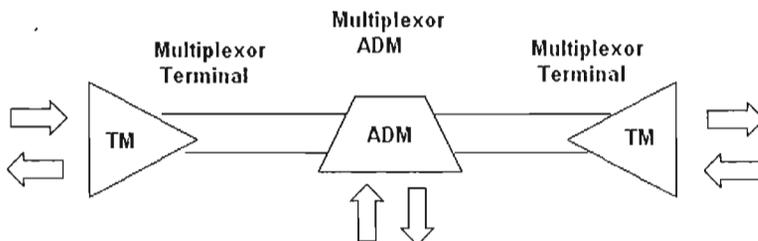


Figura 3.11 Bus Extracción/Inserción

- **Anillo Inserción-Extracción**, ver figura 3.12 (*Manual de Alcatel, 1996*).
  - Variedad de posibilidades de protección.
  - Requiere del entendimiento entre nodos
  - Topología más popular de redes SDH.

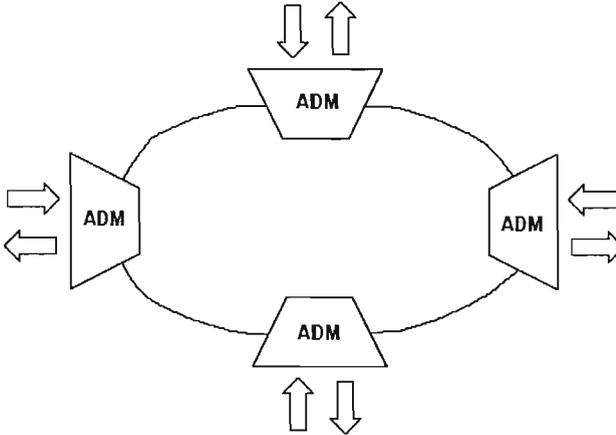


Figura 3.12 Anillo Extracción/Inserción

- **Malla**, ver figura 3.13 (*Manual de Alcatel, 1996*).
  - Varias opciones de protección
  - Requiere de enrutamiento entre varios nodos.
  - Configuración más confiable, pero más costosa.
  - Requiere de DXC, disponibles con ciertas limitaciones.

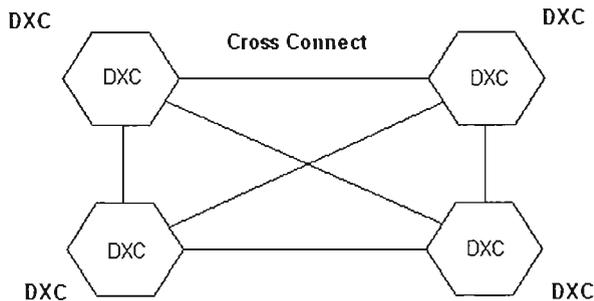


Figura 3.13 Malla

---

# CAPÍTULO 4

---

---

## CAPÍTULO 4 TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN

### 4.1 CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS

Con esta técnica el equipo fuente y el equipo destino deben establecer una trayectoria o circuito físico antes de que los datos sean transmitidos. Cuando la conexión queda establecida, la utilización del circuito es exclusiva y continua durante el intercambio de información, terminando esta función, el circuito es desconectado y los enlaces físicos entre los nodos quedan listos para ser utilizados en otras conexiones. El principal uso de esta técnica es la red telefónica pública, por lo mismo cuenta con ciertas particularidades:

- Tiempo de establecimiento elevado, del orden de los segundos.
- Utilización de recursos ineficiente (transmisión de datos por ráfaga)
- Retardos pequeños y constantes.
- Comunicación en tiempo real.

### 4.2 CONMUTACIÓN DE PAQUETES

Para los sistemas multiusuarios con tráfico de ráfaga se creó esta técnica con la finalidad de que fueran más eficientes. En este tipo de conmutación, los datos de diferentes usuarios o aplicaciones pueden compartir una misma trayectoria física.

#### **Paquetes de Datos**

Es una secuencia de bits de un determinado tamaño, enviada a través de una red como unidad individual. En el nodo destino, estos paquetes son ensamblados para obtener la información o mensaje transmitido.

Cada paquete enviado contiene bits de encabezado, en donde se puede encontrar información de la dirección del nodo fuente y del nodo destino, así como el número de secuencia del paquete y bits de verificación de errores para control.

En un sistema de conmutación de paquetes, se aceptan paquetes de un nodo fuente almacenándolos en el Buffer de memoria del conmutador, para así luego retransmitirlos a otro conmutador del sistema, en donde la misma operación de almacenaje-retransmisión se lleva a cabo, esta acción se repite hasta que los paquetes llegan al nodo destino.

Con este tipo de sistema, no es necesario que una trayectoria física dedicada sea establecida con anterioridad entre el emisor y el receptor.

### **Mensaje de Acuse de Recibo**

Estos mensajes de acuse de recibo (Acknowledgment) existen para informar que los paquetes se recibieron correctamente, entre los conmutadores adyacentes. Los paquetes tienen que ser retransmitidos cuando el nodo emisor no recibe este mensaje en un cierto lapso de tiempo o recibe un mensaje de acuse de recibo negativo que indica que se detectó un error.

Algunas particularidades de mensaje de acuse de recibo son:

- Diferentes tipos de paquetes y con diferentes destinos pueden utilizar el mismo medio físico.
- Esta técnica al no monopolizar el medio de transmisión, es muy apropiada para el manejo del tráfico interactivo.
- Tiene probabilidad de pérdida de paquetes debido a la saturación o congestión en los conmutadores.
- En este tipo de redes, la tarificación se basa en la cantidad de paquetes transmitidos

La conmutación de paquetes se puede realizar de dos diferentes tipos de formas:

- Circuitos Virtuales.
- Datagramas.

### 4.2.1 Circuitos Virtuales

Se utilizan para redes cuyo servicio principal está orientado a la conexión. La idea que respalda a los circuitos virtuales es la que evita que se tengan que realizar enrutamientos para cada paquete transmitido. Cuando se establece una conexión, se selecciona una ruta desde el nodo origen hasta el nodo destino, como parte del proceso de conexión. Esta ruta se utiliza para todo el tráfico que circule por la conexión, exactamente de la misma manera como trabaja el sistema telefónico, cuando se libera la conexión, se libera el circuito virtual.

Dicho circuito podrá ser compartido por paquetes de otros usuarios de la misma red, con esta técnica los paquetes llegan al nodo destino en la misma secuencia con la que los mandó el nodo origen.

Los paquetes que circulan siguen una misma ruta por un circuito virtual a través de la red, cada conmutador deberá recordar hacia donde expedirlos, según los circuitos virtuales que esté manejando. Cada conmutador de la red debe mantener una tabla donde se especifique el nodo del que proviene, el número de circuito virtual y el nodo al que se tiene que enviar el paquete para cada circuito virtual establecido.

Cada paquete tendrá un campo cabecera con el número de circuito virtual así como su número de secuencia, código de redundancia, etc. Cuando el paquete llegue a un conmutador, este conocerá la línea por la que llegó así como su circuito virtual y con estos datos los expedirá al conmutador siguiente, esta asignación identificará a la conexión.

### 4.2.2 Datagramas

Con datagramas ninguna ruta se determina en forma anticipada, aún cuando el servicio esté orientado a conexión. Cada paquete enviado se encamina independientemente de sus predecesores. Los paquetes sucesivos pueden seguir rutas diferentes. Al mismo tiempo que las redes datagramas tienen que hacer un mayor trabajo, también son más robustas y se adaptan con mayor facilidad a los fallos y a la congestión que las redes de circuitos virtuales.

Al utilizar datagramas, los conmutadores no requieren de una tabla con una línea para cada uno de los circuitos virtuales establecidos. En lugar de eso, tienen una tabla indicando que la línea de salida se debe emplear para cada uno de los posibles conmutadores o nodos destinatarios. Estas tablas también son necesarias cuando se utilizan circuitos virtuales, para determinar la ruta utilizada por el paquete de establecimiento.

Los datagramas se pueden utilizar para los servicios orientados a conexión como en el caso de TCP (Transmisión Control Protocol: Protocolo de Control de Transmisión) o para servicios orientados a no conexión como en el caso de UDP (User Datagram Protocol: Protocolo de Datagrama de Usuario) ó del IP (Protocolo de Internet).

Cada datagrama contiene la dirección completa del nodo fuente y del nodo destino. Debido a que los datagramas pueden seguir rutas diferentes, es posible que lleguen en una secuencia distinta a la enviada por lo que se hace necesario que sean ordenadas en el nodo destino para obtener la información transmitida.

### **4.3 Protocolo HDLC y LAPB de la Capa de Enlace de Datos**

La tarea de la capa 2 consiste en asegurar que se lleve a cabo una comunicación fiable entre el DTE y DCE. El protocolo que se utiliza es el LAPB (Link Access Protocol Channel B: Protocolo de Acceso al Enlace por canal B). Este protocolo se deriva del desarrollado por IBM para capa 2 de su arquitectura de red SNA, conocido como SDLC (Synchronous Data Link Control: Control de Enlace de Datos Sincrono).

Todos estos protocolos de capa 2 están orientados a bit, unas de las ventajas de los protocolos a bit es la reducción del número de caracteres necesarios para el control, ya que cada bit de un octeto (Byte) puede tener significados específicos.

El protocolo LAPB utiliza una trama que se muestra a continuación:

- **Campo de Bandera.-** Cada trama comienza y termina con un patrón de 8 bits que es cero seguido por seis unos y un cero al final, esto es, 01111110, también conocido como la bandera 7E.

Para que una trama sea válida, debe tener por lo menos 32 bits entre sus banderas, las tramas inválidas son descartadas.

- **Campo de Dirección.-** Cuando el receptor detecta una bandera, busca en el flujo de datos un campo de 8 bits con la dirección. En HDLC y SDLC este campo es utilizado para líneas multipunto, soportando 256 estaciones.
- **Campo de Control.-** Identifica el tipo de trama y es usado para llevar los números de secuencia de cada trama, acuses de recibo, peticiones de retransmisión y otra información de control.

#### 4.3.1 Tipos de Trama en Protocolos LAPB

Los 3 tipos de trama que utiliza LAPB son:

- Tramas I (Información)
- Tramas S (Supervisión)
- Tramas U (no numeradas)

**Tramas I (Información):** Son las únicas que transportan datos a través del enlace. Requiere números de secuencia. Los datos del usuario van contenidos en el campo de datos que sigue inmediatamente al campo de control en la Trama.

**Tramas S (Supervisión):** Son utilizadas para transportar información de control, como peticiones de retransmisión, acuse de recibo, y peticiones de suspensión temporal de tramas I.

**Tramas U (no numeradas):** Estas tramas no transportan números de secuencia. Proveen funciones de control adicionales, tales como, iniciación y desconexión del enlace, reinicio del mismo cuando ha sucedido un error irrecuperable y rechazo de tramas no válidas.

El protocolo LAPB considera iguales al DTE (Equipo Terminal de Datos: Data Terminal Equipment) y DCE (Equipo de Comunicación de Datos: Data-Circuit Terminating Equipment), es decir, no hay una relación de maestro-esclavo, por lo tanto, cualquier extremo puede iniciar la conexión o desconexión del enlace.

### **Campo de Datos**

Los datos del usuario se colocan en este campo por lo que puede contener información arbitraria.

### **Campo de Secuencia de Verificación de Trama**

Este campo contiene un Verificador de Redundancia Cíclica (CRC) que utiliza un polinomio de chequeo de errores de CCITT. Este campo se usa para la detección de errores.

## **4.4 Tipos de Circuitos Virtuales**

- Circuito Virtual Conmutado (SVC)
- Circuito Virtual Permanente (PVC)

### **4.4.1 Circuito Virtual Conmutado (SVC)**

La conexión temporal sobre la red entre dos DTE's es definida por la CCITT como una llamada virtual o circuito virtual conmutado (SVC). Los SVC's son análogos a las conexiones telefónicas convencionales. Para establecer una conexión SVC, se requieren 3 fases separadas:

1. Establecimiento de la llamada
2. Transferencia de datos
3. Desconexión de la llamada

#### 4.4.2 Circuito Virtual Permanente (PVC)

Para las aplicaciones que requieren conexiones punto a punto a través de líneas compartidas. Los PVC's tienen únicamente una fase:

1. Transferencia de datos, ya que el enlace siempre está establecido

#### Números de Canal Lógico (LCN)

Los SVC's y los PVC's se establecen por medio de números de canal lógico (LCN), que son asignados a través de la interfaz DTE/DCE en ambos extremos de la conexión.

#### Fases de Conexión

Las conexiones virtuales se establecen de la siguiente manera:

- Cuando un DTE quiere comunicarse con otro DTE, el origen genera un paquete "Solicitud de Llamada" y lo pasa a su DCE.
- La red entrega el paquete al DCE destino el cual a su vez lo entrega a su DTE.
- Si el DTE destino acepta la llamada, envía de regreso un paquete con la instrucción "Llamada aceptada", cuando el DTE origen recibe ahora con el nombre de "Llamada Conectada", en ese momento se establece el circuito virtual.
- A partir de este momento, los DTE's pueden utilizar una conexión bilateral simultánea para intercambiar paquetes de datos.
- Cuando alguno de los DTE's decidan terminar la comunicación enviará un paquete de "Solicitud de Cancelación" al otro lado, el cual procederá a enviar de regreso un paquete de "Confirmación de Cancelación" como acuse de recibo, terminando de esta manera el enlace.

### Colisión de Llamada

El DTE puede seleccionar cualquier número de canal lógico inactivo para identificar la conexión. Si este número de canal se encuentra ocupado en el DTE destino, el DCE destino deberá reemplazarlo por un número que no esté siendo usado, antes de entregar el paquete. Por lo tanto, la selección del número de canal en las llamadas que salen, está determinado por un DTE, y para las llamadas que entran un DCE. Podría presentar una situación en donde los dos seleccionen el mismo número, generándose una **colisión de llamada**.

Para evitar en lo posible estas colisiones, el DTE selecciona normalmente el identificador mayor disponible para las llamadas de salida y el DCE selecciona el identificador menor para las llamadas de entrada.

## 4.5 CONMUTACIÓN RÁPIDA DE PAQUETES

Es una tecnología de conmutación de paquetes de alta velocidad a través de la cual se envía texto, datos e imágenes por la red pública en tramas de longitud variable. Están optimizados para la transferencia de información sobre las facilidades actuales de transmisión digital y es un protocolo de 2 capas del modelo OSI que cede el control de errores a protocolos como TCP/IP utilizado para la conectividad de redes. Frame Relay es un protocolo en base a tramas que usan circuitos virtuales para transportar datos de un usuario a otro, proporcionando múltiples conexiones lógicas sobre un mismo circuito físico.

La mínima cantidad de procesamiento que realiza Frame Relay contribuye a su alto manejo de información (**Throughput: caudal de información**). Esta tecnología maneja el enlace de datos básico y algunas funciones de la capa de red, proporciona acceso a la red, delimita y entrega tramas en el orden correcto, enruta, multiplexa y deja a los protocolos de capas superiores funciones como:

- Corrección de errores
- Acuse de recibo
- Retransmisión de tramas

Las capas superiores son las responsables de la transmisión de datos extremo a extremo libre de error. El CRC (Verificación de redundancia cíclica) es la única verificación de error que realiza la red. Las tramas que contienen un CRC equivocado se descartan.

Una Frame Relay se considera una red de área amplia (WAN), que permite la conexión de estaciones de trabajo, PC's, servidores LAN, equipos Host, controladores de comunicación, procesadores Front end y dispositivos síncronos y asíncronos (X.25).

### Frame Relay en el Modelo OSI

Esta tecnología trabaja en las 2 primeras capas del modelo OSI y deja el control de errores a protocolos de capas superiores, residentes en las terminales de usuario. El protocolo utilizado por Frame Relay en la capa 2 se basa en LAPD (Link Access Protocol by channel D: Protocolo de Acceso al Enlace por canal D).

En este caso su función es delimitar tramas, cálculo y verificación de los códigos de redundancia y controlar la congestión para proporcionar un servicio de transmisión de tramas confiable.

#### 4.5.1 Protocolos Frame Relay

La descripción de la estructura de la trama Frame Relay se muestra en la tabla 4.1 (*Manual de Alcatel, 1996*). y se describe a continuación.

OCTETO	CONCEPTO
1	Bandera
2 Y 3	Campo de Dirección
4 A N-3	Campo de Información
N-2 A n-1	Campo de secuencia de verificación de Trama (FCS)
N	Bandera

Tabla 4.1 Estructura de la trama Frame Relay

**Bandera :**El campo Bandera es tipo HDLC, es un patrón 7E, esto es, 01111110. Todas las tramas deben tener una bandera de inicio y una de cierre, para indicar su delimitación.

**El Campo de Dirección contiene la siguiente información:**

- **Identificador de Conexión de Enlace de Datos (DLCI):** Está compuesto por 10 bits, 6 del primer octeto y 4 del segundo. Representa la dirección de una conexión de un usuario Frame Relay.
- **Bit de Comando/Respuesta (C/R):** Indica si se trata de una trama de comando o de respuesta.
- **Bit de Extensión del Campo de Dirección (EA):** El encabezado básico de la trama Frame Relay consiste en 2 octetos conteniendo 10 bits para el DLCI. Sin embargo, es posible extender el campo del encabezado (por ejemplo a 3 octetos) para soportar direcciones mayores a 10 bits. El bit **EA** indica si el presente octeto es el último en el campo del encabezado. Para un encabezado de 2 octetos, el bit **EA** debe ser puesto a cero en el 1er. Octeto y a uno en el segundo.
- **Bit de Notificación de Congestión Explícita hacia delante y hacia Atrás (FECN y BECN):** Con estos bits la red informa si hay congestión en los nodos atravesados. El Bit **FECN** indica si había congestión en el camino atravesado por la Frame, mientras que en el Bit **BECN** indica si había congestión para las Frame que circulaban en dirección opuesta. Ambos indicadores que invitan al transmisor a reducir su velocidad de transmisión para bajar el nivel de congestión de la red.
- **Bit de elegibilidad de Descarte (DE):** Este bit es relevante en condiciones de congestión, debe indicar que la trama puede ser descartada en preferencia a otras tramas que no tengan el DE activado.
- **Campo de Información:** Contiene la información del usuario, puede ser de 1 a 8000 octetos de longitud.

**Secuencia de Verificación de Trama (FCS):** Es utilizada para verificar que una trama se ha recibido sin error y consiste en un campo de 2 octetos conteniendo un Chequeo de Redundancia Ciclica (CRC).

Como se definió anteriormente, el protocolo que genera esta estructura de trama es el Q.922 de capa 2, también conocido como LAPF y pariente cercano de otros protocolos de capa 2 como: LAPB, LAPD, etc. con la diferencia de que no cuenta con **Campo de Control**, por lo que podemos empezar a constatar las limitaciones de LAPF:

- Solo existen Tramas de Información que transportan Datos.
- No existen Tramas de Señalización, ya que no hay forma material de codificar mensajes especiales para el establecimiento o liberación de conexiones.
- Tampoco existen tramas que permitan a la red ejecutar un control de flujo, enviar ACK's o pedir retransmisiones, ni siquiera existe un campo que permita numerar las tramas.

#### 4.6 Direccionamiento Frame Relay

El identificador de la Conexión del Enlace de Datos (DLCI) en la trama de Frame Relay es usado para identificar el Canal Lógico entre el usuario y la red, tiene una Significancia Local, es decir, no representa una dirección específica en toda la red. Se requiere de 2 DLCI's para determinar un circuito virtual.

Cualquier trama de datos transportada sobre un circuito virtual (lógico) lleva el mismo DLCI sin importar si el tráfico está pasando desde el usuario o hacia el usuario.

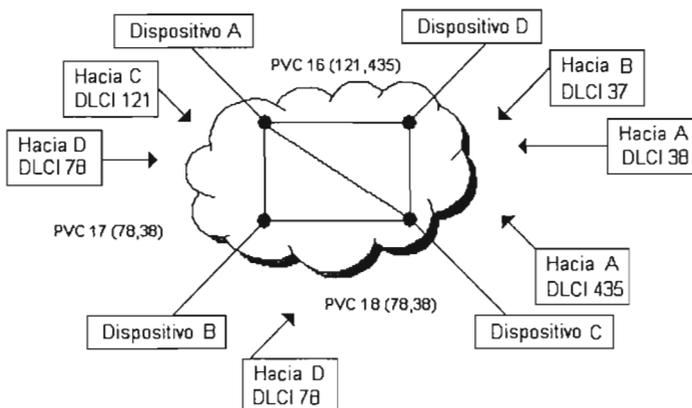


Figura 4.1 El identificador de la Conexión del Enlace de Datos (DLCI)

Dispositivo Origen	DLCI	Dispositivo Destino	DLCI	Circuito Virtual
Dispositivo A	121	Dispositivo C	435	PVC 16(121,435)
Dispositivo A	78	Dispositivo D	38	PVC 17(78,38)
Dispositivo B	78	Dispositivo D	37	PVC 18(78,37)

Tabla 4.1 El identificador de la Conexión del Enlace de Datos (DLCI)

Debido a su Significancia Local, es responsabilidad de la red mapear los DLCI's de acceso a los destinos, esta significancia local también permite que estos sean reutilizados en diferentes interfaces. Por ejemplo, en la figura 4.1 (*Manual de Alcatel, 1996*), así como en la tabla 4.1, el dispositivos A y B están usando el mismo DLCI 78 para comunicarse con D. A continuación se muestra la tabla 4.2 los DLCI's para un campo de direcciones de 2 octetos

DLCI's	Función
0	Canal LMI (Interface de Administración Local), usada para transportar los mensajes LMI para señalización de llamadas e integridad de enlace
1-15	Reservados para uso futuro
16-991	Disponibles para Circuitos Virtuales
992-1007	Administración de la capa 2 del servicio portador Frame Relay, usados para transmitir información relacionada con la red.
1008-1022	Reservados para uso futuro.
1023	Administración en canal de capas, usado para pasar mensajes de interfaces de administración que tienen relación con protocolos de capas superiores a través de la conexión

Tabla 4.2 DLCI para un campo de direcciones de 2 octetos

#### 4.6.1 LMI (Local Manager Interface)

Es un sistema de mensajes orientado a PVC's sin mecanismos de señalización que se mueven independientemente de los datos por el DLCI No. 0, su función principal es proporcionar al usuario información de configuración y de estado relacionada con los PVC's operando en la interfaz Frame Relay. La LMI es utilizada solamente en las interfaces de usuario a la red e incluye las siguientes características principales:

- Notificación de adición
- Desconexión
- Presencia de PVC's en la interfaz.

- Notificación de disponibilidad de un PVC preconfigurado.
- Proceso de Poleo, que asegura la operación continúa del enlace.

#### 4.6.2 Foro Frame Relay

Con la organización de normalización iniciada por el Grupo de los Cuatro: DEC (Digital Equipment Corporation), Northern Telecom, CISCO, Stratacom. Este foro generó 2 interfaces basándose en estándares que se desarrollaron en la ANSI para Frame Relay:

- **Intefaz UNI (User to Network Interface)**

Es un protocolo que permite a los usuarios acceder a una red Frame Relay pública o privada y establecer una trayectoria de comunicaciones hacia otro usuario dentro de la red.

- **Interfaz NNI (Network to Network Interface)**

La interfaz de Red a Red en Frame Relay está diseñada para proporcionar una interfaz eficiente entre redes Frame Relay y permitir que los usuarios de dichas redes se puedan comunicar entre ellos.

En la figura 4.2 (*Manual de Alcatel, 1996*), se representan la interconexión de redes Frame Relay y la localización de interfaces UNI y NNI.

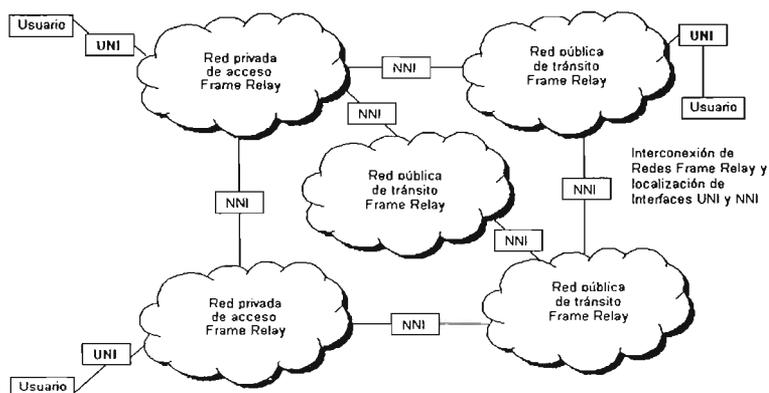


Figura 4.2 Interconexión de redes Frame Relay y localización de interfaces UNI y NNI

### 4.6.3 Control de Gestión

Para controlar el acceso de usuario a una red Frame Relay existen 3 parámetros, que se determinan al tiempo de la suscripción al servicio, para el modo PVC de operación. Todos están determinados para un período de tiempo de medición de la tasa comprometida ( $T_c$ ).

- **CIR:** La velocidad o Tasa de Información Comprometida, se refiere a la velocidad a la que el operador de la red acuerda transferir los datos del usuario bajo condiciones normales de operación, puede ir de 64 Kbps hasta 2 Mbps ( en algunos lugares hasta 45 Mbps), sin exceder la velocidad de la línea del usuario (velocidad física) en el circuito usuario-red.
- **Bc:** EL tamaño de Ráfaga Comprometida representa la máxima capacidad de datos, en el  $T_c$ , que la red garantiza transportar.
- **Be:** El tamaño de Ráfaga en Exceso es la máxima cantidad de datos, durante la  $T_c$ , que el usuario puede sobrepasar el Bc pero que la red No garantiza transportar.

### 4.7 FRAD (Frame Relay Access Device)

#### Dispositivo de Acceso a Frame Relay

El FRAD recibe información de voz/datos, ver figura 4.4 (*Manual de Alcatel, 1996*), en diferentes interfaces y lo integra todo en tramas de Frame Relay para su transporte a través de la red pública o privada.

- Puerto WAN (Puerto A): Interfaces RS232-C, velocidades de 64 a 512 Kbps (típica) y opciones para ISDN.
- Puerto de Usuario (Puerto B): Interfaces RS232-C, RS530, velocidades típicas hasta de 64 Kbps, datos síncronos y asíncronos, puente o ruteador integrado como un módulo, video.

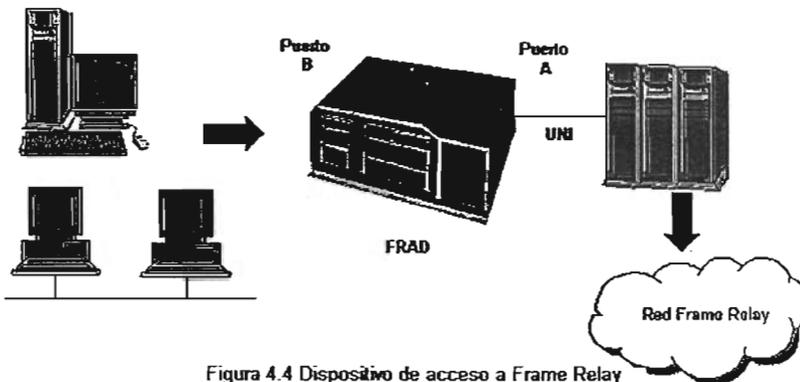


Figura 4.4 Dispositivo de acceso a Frame Relay

#### 4.8 Panorámica de la Tecnología Frame Relay

Frame relay es un estándar del Comité de Consultoría Internacional para Telefonía y Telegrafía (CCITT) y del Instituto Nacional Americano de Normalización (ANSI) que definen un proceso para enviar datos sobre una red pública de datos (PDN). Constituye una tecnología de enlace de datos eficiente y de alto rendimiento a nivel mundial. Frame Relay es una forma de enviar información por una WAN dividiendo los datos en paquetes. Cada paquete viaja por una serie de switches en una red Frame Relay para llegar a su destino. Funciona en las capas físicas y de enlace de datos del modelo de referencia OSI, pero se fundamenta en los protocolos de capa superior, como TCP, para la corrección de errores.

En su origen Frame Relay se concibió como un protocolo para usar en las interfaces RDSI. Actualmente, Frame Relay es un estándar de protocolo de capa de enlace de datos conmutado que maneja múltiples circuitos virtuales por medio de la encapsulación HDLC entre dispositivos conectados. Frame Relay utiliza circuitos virtuales para realizar las conexiones a través de un servicio orientado a la conexión.

La red que proporciona la interfaz, Frame Relay puede ser, o bien una red pública que habilita un proveedor de servicios, o bien una red compuesta de equipamiento privado que presta servicios a una sola empresa. Una red Frame Relay puede estar compuesta de computadoras, servidores, etc., en el lado del usuario; y de equipamiento de acceso Frame Relay, como routers o módems, y de dispositivos de usuario que suelen

denominarse equipo terminal de datos (DTE), mientras que el equipo de red que hace de interfaz con el DTE suelen denominarse equipo de comunicación de datos (DCE), como se muestra en la figura 4.5 (*Manual de Cisco, 2000*).

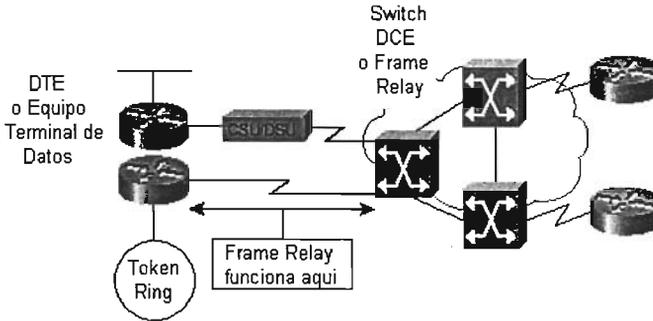


Figura 4.5 Descripción de DCE y DTE

#### 4.9 Terminología Frame Relay

**Velocidad de acceso.-** La velocidad de reloj (velocidad del puerto) de la conexión (bucle local) a la nube Frame Relay. Es la velocidad a la que viajan los datos por la red.

**Identificador de conexión de enlace de datos (DLCI).** Como se muestra en la siguiente figura 4.6 (*Manual de Cisco, 2000*), un DLCI es un número que identifica el circuito lógico entre los dispositivos de origen y destino. El switch Frame Relay asigna los DLCI entre cada par de routers para crear un circuito virtual permanente (PVC).

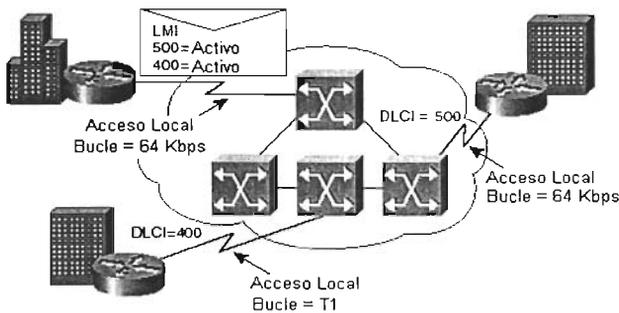


Figura 4.6 Funcionamiento del DLCI

**Interfaz de administración local (LMI).** Un estándar de señalización entre el dispositivo equipo terminal del abonado (CPE) y el switch Relay, que es el encargado de administrar la conexión y mantener el estado entre los dispositivos, ver figura.4.7 (*Manual de Cisco, 2000*). Existen varios tipos de LMI, y a los routers se les tiene que indicar qué tipo de LMI se está usando. Se soporta tres tipos de LMI: cisco, ANSI y q933a.

- **Velocidad de información suscrita (CIR).** La CIR es la velocidad garantizada en bits por segundo, que el proveedor de servicios se compromete a proporcionar.
- **Ráfaga suscrita (Bc).** El máximo de bits que el switch se compromete a transferir durante un espacio de tiempo
- **Ráfaga excesiva.** El máximo de bits no comprometidos que el switch Frame Relay trata de transferir más allá de la CIR, suele estar limitada a la velocidad de puerto del bucle de acceso local.
- **Notificación explícita de la congestión (FENC).** Un bit que se establece en la trama que notifica a un DTE que el dispositivo receptor debe iniciar los procedimientos de evasión de la congestión. Cuando un switch Frame Relay reconoce que hay congestión en la red, envía un paquete FECN al dispositivo de destino, indicando que se ha producido la congestión.
- **Notificación de la congestión retrospectiva (BECN).** Un bit que se establece en una trama que notifica a un DTE que el dispositivo remitente debe iniciar los procedimientos de evasión de congestión.
- **Indicador de posibilidad de descarte (DE).** Un bit establecido indica que la trama puede ser descartada antes que otras tramas detecten si hay congestión. Cuando el router detecta congestión en la red, el switch liberará primero los paquetes que tengan el bit DE establecido. El bit DE está establecido en el tráfico recibido después de que se alcance la CIR.

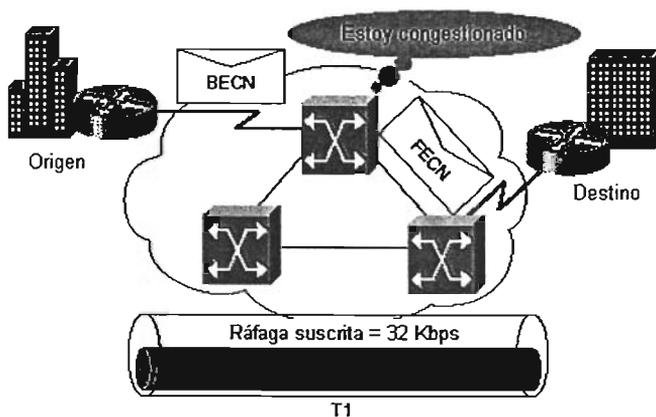


Figura 4.7 Descripción de Interfaz de administración local (LMI)

#### 4.10 Funcionamiento de Frame Relay

Frame Relay se puede usar como interfaz de servicio proporcionado por un proveedor de servicios o red de equipo privado. Un servicio público Frame Relay se despliega colocando equipamiento de conmutación Frame Relay en la oficina central de un proveedor de servicios de telecomunicaciones. En este caso, los usuarios obtienen ventajas económicas de los índices de carga sensibles al tráfico, y no tienen que dedicar tiempo a administrar el equipo y el servicio de red.

Las líneas dedicadas de alquiler como T1 y T3 solo tienen justificación económica si se usan continuamente. Frame Relay utiliza PSDN (Packet-Switched Data Network; Red de datos de paquetes conmutados), en la que las conexiones punto a punto son virtuales. Tan solo hay que comprar un circuito telefónico local entre nuestro sitio remoto y un nodo Frame Relay

#### 4.11 Multiplexión Frame Relay

Como interfaz entre el usuario y el equipo de red (como se muestra en la siguiente figura), Frame Relay ofrece una forma de multiplexar muchas conversaciones de datos lógicos, que se denominan circuitos virtuales, a través de un medio físico compartido asignado DLCI a cada par de dispositivos DTE/DCE.

La multiplexión Frame Relay proporciona un uso más flexible y eficiente del ancho de banda disponible. En consecuencia, Frame Relay permite a los usuarios compartir ancho de banda a un costo reducido, ver figura 4.8 (*Manual de Cisco, 2000*).

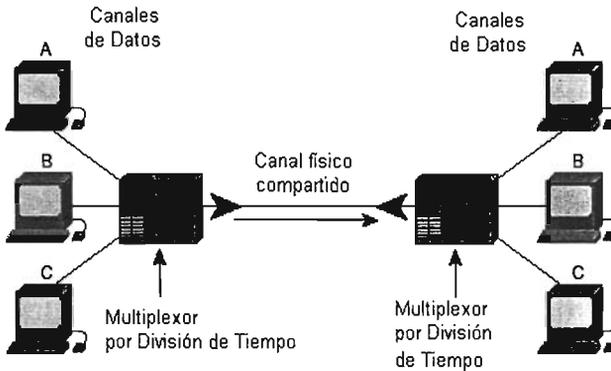


Figura 4.8 Multiplexión Frame Relay

Los estándares Frame Relay están dirigidos a circuitos virtuales permanentes (PVC) que se configuran y administran en una red Frame Relay. Los PVC Frame Relay son identificados por los DLCI, como se muestra en la figura 4.9 (*Manual de Cisco, 2000*). Los DLCI Frame Relay tienen una significación local. Es decir, los valores en sí mismos no son únicos en la WAN Frame Relay. Dos dispositivos DTE conectados por un circuito virtual podrían usar un valor de DLCI distinto para hacer referencia a la misma conexión.

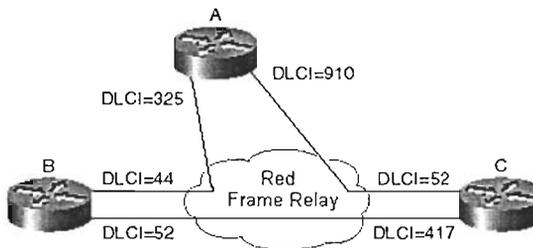


Figura 4.9 Los PVC Frame Relay son identificados por los DLCI

Cuando Frame Relay proporciona una forma de multiplexar muchas conversaciones de datos lógicas, el equipo de switching del proveedor de servicios construye valores DLCI de asignación de tablas de puertos de salida. Cuando se recibe una trama, el dispositivo de conmutación analiza el identificador de conexión y entrega la trama al puerto de salida asociado. La ruta completa al destino se establece antes de que se envíe la primera trama.

#### 4.11.1 Formatos de Trama Frame Relay

Los campos Flag señalan el principio y el fin de la trama. A continuación del campo de Flag inicial hay 2 bytes de información de dirección. Diez bits de estos 2 bytes conforman el verdadero ID del circuito (es decir, el DLCI).

#### 4.11.2 Campos de Trama Frame Relay

El formato de trama Frame Relay aparece en la figura 4.10 (*Manual de Cisco, 2000*). A continuación describimos los campos de la trama.

- **Flag.-** Indica el principio y fin de la trama Frame Relay
- **Dirección.-** Indica la longitud del campo de dirección. Aunque las direcciones Frame Relay suelen tener una longitud de 2 bytes, los bits de dirección permiten la extensión posible de longitudes de dirección en el futuro. El octavo bit de cada uno de los bytes del campo de dirección se usa para indicar la dirección. La dirección contiene la siguiente información.
  - **Valor de DLCI.-** Se compone de los 10 primeros del campo de dirección
  - **Control de congestión.-** Los últimos 3 bits del campo de dirección, que controlan los mecanismos de notificación de congestión Frame Relay, son los bits FECN, BECN y DE.
- **Datos.-** Campo de longitud variable que contiene datos de capa superior encapsulados.
- **FCS.-** Secuencia de verificación de trama (FCS), que se usa para garantizar la integridad de los datos transmitidos.

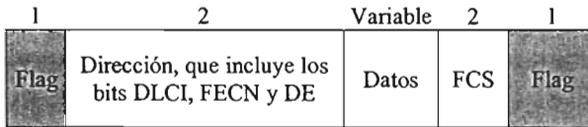


Figura 4.10 Campos de Trama Frame Relay

#### 4.12 Funcionamiento de LMI

Estas extensiones Frame Relay se denominan LMI (interfaz de administración local). El router puede solicitar tres tipos de LMI: ANSI, cisco y q933a.

Las funciones principales del proceso LMI consiste en:

- Determinar el estado operativo de los distintos PVC que conozca el router.
- Transmitir paquetes de actividad para garantizar que el PVC permanezca activo y no se cierra por causa de la inactividad, como se muestra en la figura 4.11 (*Manual de Cisco, 2000*).
- Indicarle al router que PVC está disponibles.

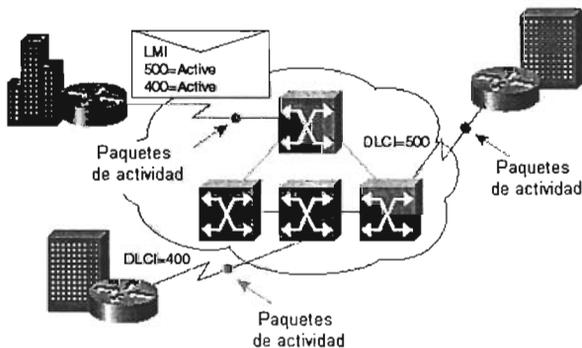


Figura 4.11 Funcionamiento de LMI

##### 4.12.1 Extensiones LMI

Aparte de la incorporación de las funciones básicas del protocolo Frame Relay para transferir datos, estas especificaciones incluyen extensiones LMI que facilitan el soporte de internetworks grandes y complejas. A continuación se muestra un resumen de las extensiones LMI:

- **Mensajes de estado de circuito virtual.** Proporcionan comunicación y sincronización entre la red y el dispositivo de usuario.
- **Multidifusión.** Permite que un remitente transmita una sola trama, pero que la reciban múltiples destinatarios de la red.
- **Direccionamiento global.** Proporciona a los identificadores de conexión una importancia global en vez de local, permitiéndoles ser usados para identificar una interfaz específica de la red Frame Relay.
- **Control de flujo simple.** Proporciona un mecanismo de control de flujo XON/XOFF que se aplica a la totalidad de la interfaz Frame Relay. Está pensado para dispositivos cuyas capas superiores no puedan usar bits de notificación de congestión y necesitan cierto nivel de control de flujo.

#### 4.13 Multidifusión

Es otra opción LMI opcional muy útil. Los grupos de multidifusión son designados por una serie de cuatro valores DLCI reservados (del 1019 al 1022). Las tramas enviadas por un dispositivo que utilice uno de estos DLCI reservados son replicadas por la red y enviadas a todos los puntos de salida del conjunto designado. La extensión define los mensajes LMI que notifican a los dispositivos de usuario sobre la adición, eliminación y presencia de grupos de multidifusión.

Los mensajes de enrutamiento pueden enviarse eficientemente por medio de tramas provistas de un DLCI multidifusión. Esto permite enviar mensajes a grupos específicos de routers

#### 4.14 Asignación Frame Relay

La tabla de enrutamiento se emplea para utilizar la dirección de protocolo de próximo salto o el DLCI para el tráfico de salida, ver figura 4.13(*Manual de Cisco, 2000*). Esta estructura de datos puede ser configurada estáticamente en el router, o se puede usar la opción ARP inverso para la configuración automática de la asignación.

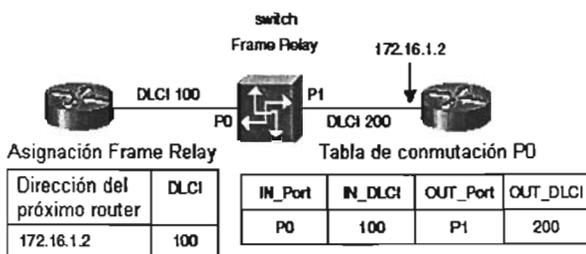


Figura 4.13 Asignación Frame Relay

#### 4.15 Tabla de Conmutación

Esta tabla se compone de cuatro entradas: dos para el puerto de entrada DLCI y dos para el puerto de salida DLCI, ver figura 4.14 (*Manual de Cisco, 2000*). Cuando el DLCI pasa por el switch puede ser asignado.

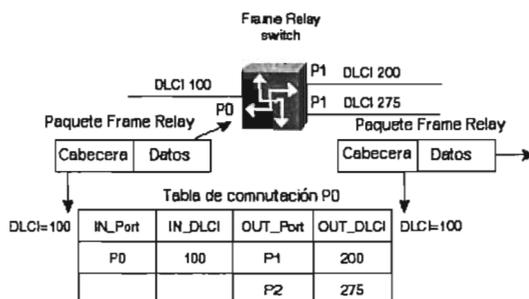


Figura 4.14 Tabla de Conmutación

Los routers utilizan ARP inverso para localizar la dirección IP remota y crear una asignación de DLCI locales y sus direcciones IP remotas asociadas.

---

# CAPÍTULO 5

---

---

## **CAPÍTULO 5 APLICACIONES DE FRAME RELAY**

### **5.1 Conceptos de Redes**

Una topología es un mapa del diseño físico de una red. El diseño de una red indica de forma implícita su rendimiento y su escalabilidad. En redes, escalar o escalabilidad indica cuanto puede crecer una red sin tener que cambiar la forma básica de su topología

#### **5.1.1 Segmentos LAN**

Un segmento LAN puede hacer referencia a un enlace troncal (lineal principal) de cableado, que conecta a terminales a un dispositivo de concentración (hubs o switches), o bien a una sección limitada por puentes, routers o switches.

#### **5.1.2 Dominios de Colisión y Difusión**

Los dominios de colisión es un medio de red compartido en el que se permite colisionar a los paquetes Ethernet; un dominio de difusión es el área donde se puede enviar mensajes a todas las estaciones usando la llamada dirección de difusión.

Las difusiones usan el número IP decimal reservado 255; por tanto, para enviar un mensaje a todos los dispositivos dentro de la red 298.92.182, habría que direccionarlo a 298.92.255.

#### **5.1.3 Enrutador como Controlador de Red**

Un dispositivo básico de una red es el enrutador. Los enrutadores conectan segmentos LAN en lugar de equipos, como lo hacen los concentradores y los conmutadores de acceso. Estos dispositivos se utilizan para aislar el tráfico interno y para mantener la seguridad interna. Además pueden ampliar los dominios de difusión y de multidifusión a segmentos LAN específicos, para unir a redes en una unidad funcional.

Entre los enrutadores, hay algunos internos y de acceso, los enrutadores que se dedican exclusivamente a las comunicaciones con el exterior se llaman finales o de pasarela. Estos dispositivos son capaces de interpretar direcciones de red, al leer estas direcciones de red pueden filtrar el tráfico, controlar el acceso a redes o a servicios y elegir la mejor ruta para alcanzar su destino. Los enrutadores operan en la capa de red (capa 3).

#### **5.1.4 Topología de Malla**

En un buen diseño se incorporará una topología de malla para conseguir redundancia y equilibrio de carga, donde redundancia es la practica de configurar equipos de seguridad. Una malla es cuando dos dispositivos de red, normalmente enrutadores o conmutadores, están conectados directamente. Dentro de una topología completamente de malla, todos los nodos de la red están conectados entre sí dentro de la red, ya sea mediante circuitos virtuales o físicos. Algunas ventajas de la topología de malla se muestran a continuación:

- Rendimiento
- Disponibilidad
- Equilibrio de carga

#### **5.2 Diseño de la Red Frame Relay**

El diseño de Frame Relay se basa en Conexiones Virtuales Permanentes (PVC). Una PVC se identifica utilizando un número de Identificador de Conexión de Enlace de Datos (DLCI, Data Link Connection Identifier). Es posible tener múltiples PVC en un único enlace físico de comunicaciones. Utilizando esta capacidad, un único enlace se puede comunicar con múltiples ubicaciones. El ancho de banda total de todas las PVC definidas puede ser igual al ancho de banda real del enlace físico de comunicaciones. Frame Relay actúa como Multiplexor por División de Tiempo (TDM) a través de una red pública.

A cada PVC se le puede garantizar dos parámetros de ancho de banda, la velocidad de información comprometida (CIR, Committed Information Rate) y los límites de ráfaga excesiva (Be, excessive burst).

### 5.2.1 Topología de la Red Frame Relay

En el diseño de la topología de red tenemos muchas variables, entre ellas tenemos los tipos de protocolos admitidos, las características reales del tráfico y los patrones generados por las aplicaciones que utilizan la red. Es recomendable que para el diseño se admitan o cuenten con un máximo de 10 hasta 50 PVC por interfaz física.

### 5.2.2 Topología en estrella de Frame Relay

En la figura 5.1 (*Manual de Cisco, 2000*) se muestra una topología en estrella, se le llama así a esta configuración por que hay una sola conexión de todos los emplazamientos remotos con una ubicación central. Una ventaja es la facilidad de gestión, pero sus desventajas son:

- Router de núcleo o concentrador es un punto único de avería.
- Rendimiento de la red troncal por la conexión única de router de núcleo
- Incapacidad de ampliación de una topología en estrella

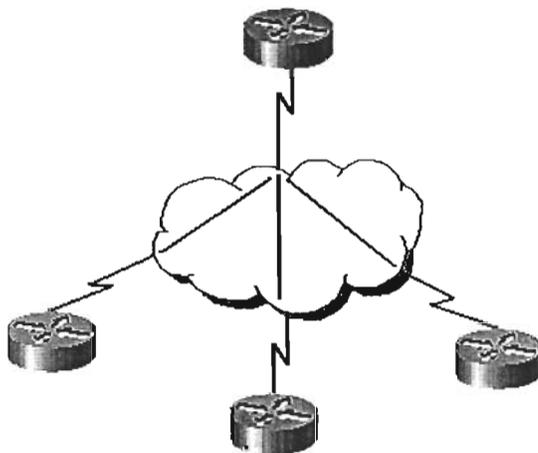


Figura 5.1 Topología en estrella de Frame Relay

### 5.2.3 Topología Totalmente Conectada de Frame Relay

Una red de Frame Relay totalmente conectada proporciona un grado muy elevado de disponibilidad. Como se muestra en la figura 5.2, una red totalmente conectada utiliza PVC que a su vez conecta a todos los puntos de Frame Relay de la red. La desventaja de utilizar una red totalmente conectada, es el número de PVC requeridas. Se necesita una PVC para la conexión lógica con cada router de la red. Una topología totalmente conectada requiere de la siguiente formula:

$$\frac{[n(n-1)]}{2}$$

donde **n** es el número de routers que se conectan a la red de Frame Relay, un ejemplo es si se utilizan 5 routers para ello se necesitan 10 PVC.

En redes Frame Relay pequeñas, esta topología es razonable, pero tiene sus desventajas para redes grandes

- Un gran número de PVC
- Desperdicio de CPU y ancho de banda por la replicación de paquetes y difusión

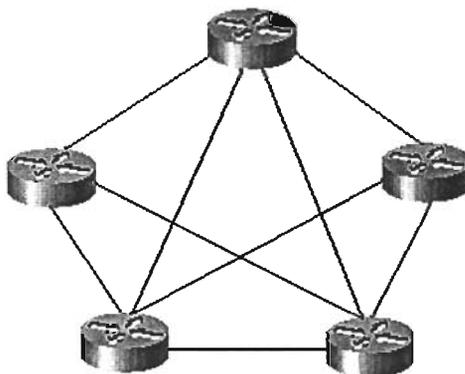


Figura 5.2 Topología totalmente conectada

### 5.2.4 Topología Parcialmente Conectada de Frame Relay

Como se muestra en la figura 5.3 (*elaborada por el autor*), consta de dos topologías en estrellas gestionadas por ubicaciones remotas. Estas topologías son ideales para una implementación regional. Sus ventajas son

- Elevada disponibilidad
- Bajo costo
- Número mínimo de PVC requeridas
- Rendimiento aceptable

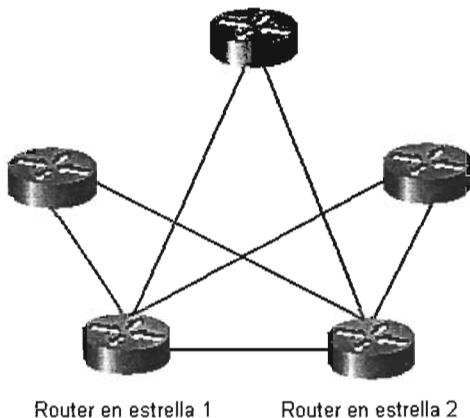


Figura 5.3 Topología Parcialmente Conectada de Frame Relay

### 5.2.5 Topología Jerárquica Conectada de Frame Relay

Aplicar la topología totalmente conectada a una jerarquía global para los tres niveles del modelo de niveles de encaminamiento tiene como resultado un diseño fácil de ampliar y que localiza el tráfico gracias a la creación de segmentos sencillos de gestionar. La modularidad del diseño permite que la red en su totalidad se amplíe con facilidad. Como se muestra en la figura 5.4 (*Manual de Cisco, 2000*), la jerarquía se basa en las conexiones estratégicas que se realiza a través del modelo de niveles de encaminamiento.

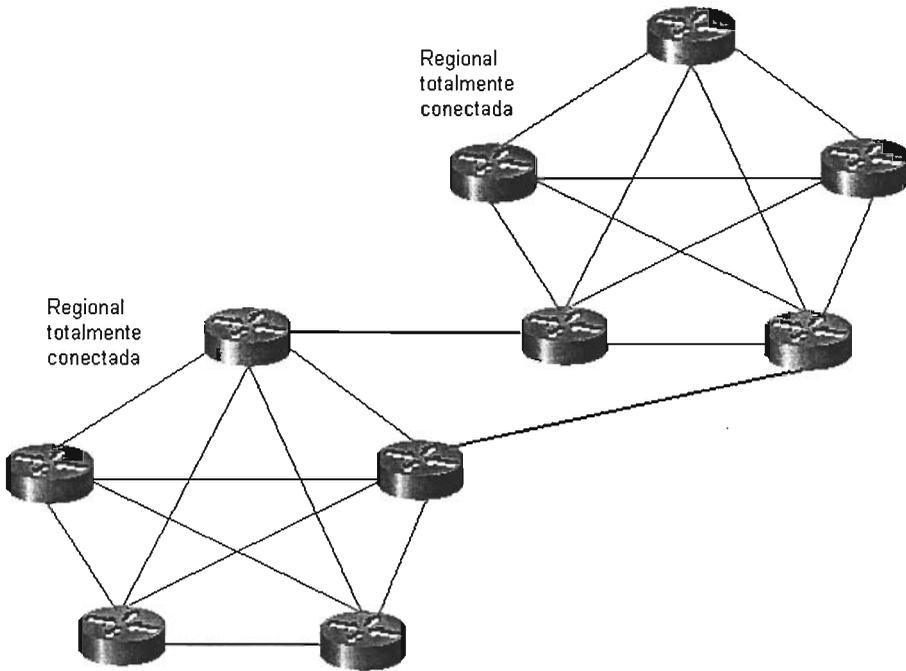


Figura 5.4 Topología Jerárquica Conectada de Frame Relay

Las difusiones se utilizan habitualmente para que los protocolos de encaminamiento actualicen los dispositivos de red en la selección de la mejor ruta entre dos destinos de la red, ver figura 5.5 (*Manual de Cisco, 2000*). Los routers replican una difusión a cada PVC activa definida en el router para su transmisión al nodo asociado del otro extremo de la PVC.

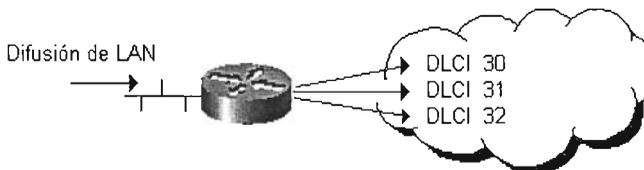


Figura 5.5 Difusiones

### 5.2.6 Consideraciones de Rendimiento

Las difusiones son las preocupaciones fundamentales en el diseño del ancho de banda y número de PVC necesarias para tener una red de Frame Relay. Durante la etapa de planificación del desarrollo del diseño de la red de Frame Relay, se debe considerar la siguiente:

- Requisitos de velocidad máxima
- CIR
- Gestión de tráfico de múltiples protocolos

### 5.2.7 Determinación de la Velocidad Máxima

Las métricas utilizadas para determinar las configuraciones de la red son:

- Ráfaga comprometida (**Bc**). El número de bits comprometidos a aceptar y transmitir a la CIR
- Ráfaga en exceso (**Be**). El número de bits a transmitir después de alcanzar el valor Bc
- Velocidad de información comprometida (**CIR**). El nivel de tráfico permitido máximo para cada PVC.
- Velocidad máxima de datos (**MaxR**). Valor calculado medido en bits por segundo;  $(Bc+Be)/Bc \times CIR$

### 5.2.8 Velocidad de Información Comprometida (CIR)

La CIR es el ancho de banda garantizado que el servicio de Frame Relay proporciona para cada PVC en el enlace físico. La CIR es la métrica que más influye en la capacidad de cumplir los niveles de servicio para las aplicaciones.

**5.2.9 Protocolo de Congestión de FECN/BECN**

Frame Relay establece un protocolo de congestión para proteger los recursos de red frente a una utilización excesiva. La notificación explícita hacia delante (FECN, Forward Explicit Congestion Notification) es un mensaje de Frame Relay que se utiliza para notificar a un dispositivo receptor que hay un problema de congestión. La notificación explícita hacia atrás (BECN, Backward Explicit Congestion Notification) es un mensaje que se utiliza para notificar a un dispositivo emisor que hay un problema de congestión. Estos mensajes permiten que los dispositivos de red realicen la introducción de tráfico en la red.

**5.2.10 ARP Inverso**

El mecanismo de ARP inverso permite al router construir automáticamente el mapa Frame Relay, ver figura 5.6 (*Manual de Cisco, 2000*). El router conoce los DLCI que este utilizando el switch durante el intercambio LMI inicial. EL router envía una petición ARP inverso a cada DLCI por cada protocolo que este configurado en la interfaz.

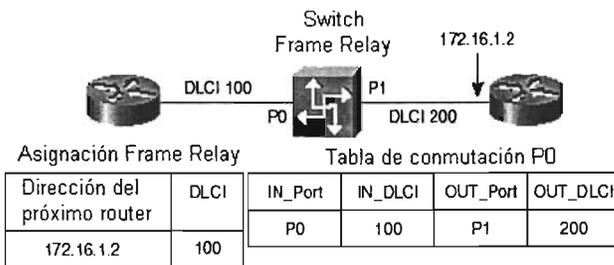


Figura 5.6 ARP Inverso

### 5.2.11 Asignación de Frame Relay

La tabla de enrutamiento se emplea para suministrar la dirección de protocolo del próximo salto o del DLCI para el tráfico de salida, como se muestra en la figura 5.7 (*Manual de Cisco, 2000*).

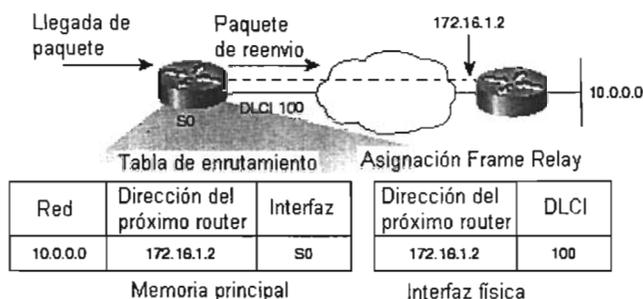


Figura 5.7 Asignación Frame Relay

### 5.2.12 Proceso de Enrutamiento

La función para decidir una ruta permite a un router evaluar todas las rutas disponibles para un destino, y establecer el tratamiento para un paquete. Estos servicios de enrutamiento utilizan la información de la topología de red cuando se evalúan las rutas de la red. Para determinar la ruta que pasa a través de la nube de redes se produce en la capa 3. La capa de red utiliza la tabla de enrutamiento IP para enviar paquetes desde la red de origen hasta la red destino. Cuando el router decide que ruta va a utilizar, procede a enviar el paquete, este paquete se toma en una interfaz y lo remite a otra interfaz o puerto que refleja la mejor ruta para el destino del paquete.

Para ser práctica una red debe representar coherentemente las rutas que estén disponibles entre los routers. Cada router tiene asignado un número que se utiliza como dirección de red.

La mayoría de los esquemas de direccionamiento de los protocolos de red incluye algún tipo de dirección de host o nodo.

Un router retransmite normalmente un paquete desde un enlace de datos hasta otro, empleando dos funciones básicas:

- Una función de determinación de ruta
- Una función de conmutación

La función de conmutación permite a un router aceptar un paquete por una interfaz y enviarlo a través de una segunda interfaz.

La función de determinación de ruta permite al router seleccionar la interfaz más apropiada para enviar el paquete

### **5.2.13 Protocolo de Enrutamiento**

Un protocolo de enrutamiento permite que los routers se comuniquen con otros routers para actualizar y mantener las tablas. Protocolo de enrutamiento de TCP/IP:

- Protocolo de información de enrutamiento (RIP).
- Protocolo de enrutamiento de gateway interior (IGRP).
- Protocolo de enrutamiento de gateway interior mejorado (EIGRP).
- Primero la ruta libre más corta (OSPF).

Una unidad de canal de servicio/unidad de servicio de datos (CSU/DSU) y un MODEM asíncrono son los dispositivos más comunes conectados al puerto serial. Ambos dispositivos son DCE. El dispositivo que se conecta a ese puerto y los dispositivos que están alrededor son componentes de una red WAN.

Se conecta una CSU/DSU si se quiere usar una línea dedicada síncrona, este caso Frame Relay, la cual esta constantemente activa. Si se conecta un MODEM asíncrono se requiere hacer de una línea serial una línea dial-up. Una línea dial-up se activa solo cuando se necesita acceder a la red WAN o cuando un router necesita enviar actualizaciones a otros dispositivos de la red.

Para determinar que tipo de red se acomoda mejor a las necesidades se debe decidir cual es la mejor opción a usar. El tipo de router que se conecte a un router Cisco determina el tipo de encapsulamiento a utilizar. Si ambos routers son Cisco utiliza HDLC. Si el router está conectado no requiere el sistema propietario de Cisco se usa PPP.

### 5.3 APLICACIÓN FRAME RELAY

Los routers Cisco conectados por Frame Relay se conectan a través de comunicaciones por línea síncrona con un conmutador Frame Relay, este proveedor configura un Circuito Virtual Permanente (PVC) a través de la red pública de Frame Relay que conecta los routers.

Consideraciones que debe tomar el usuario para configurar sus router

- Tipo de Interfaz de gestión local (LMI)
- Actualizaciones de LMI que pasa por el conmutador al router Cisco actualizando dinámicamente al DLCI que se utiliza para la conexión de PVC con el router local.

En el siguiente ejemplo se muestra una topología Frame Relay parcialmente blindada en la figura 5.8 (*elaborada por el autor*), lo que significa que cada router no está directamente conectado a cada uno de los otros routers. En esta red los routers de la oficina corporativa están divididos dentro de las subinterfaces virtuales, así que los routers de la oficina remota pueden comunicarse a través del router de la oficina corporativa. Cada subinterfaz tiene un circuito virtual permanente (PVC) asociado a este.

La red corporativa también cuenta con una PC o estación de trabajo que corre DHCP (un servidor DHCP). Este servidor DHCP provee un direccionamiento IP hacia los dispositivos LAN en la red.(clientes DHCP).

Para levantar o dar de alta el DHCP en el router Cisco se tiene que relevar los requerimientos de direccionamiento IP de la interfaz LAN, sobre la interfaz serial y hacia el servidor DHCP.

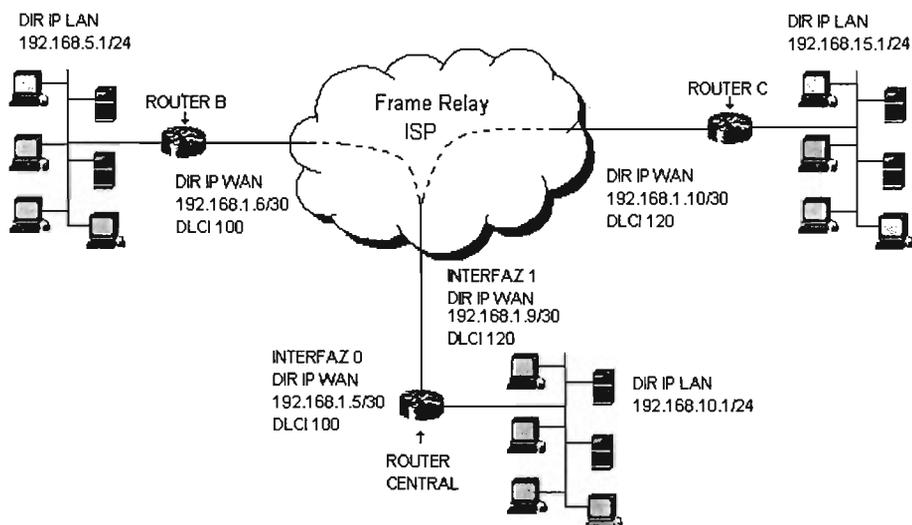


Figura 5.8 Red LAN Bajo protocolo Frame Relay

El software propietario de Cisco es IOS el cual dispone de ciertos comandos y entre ellos niveles. La primera división es entre los niveles EXEC de usuario y privilegiados, nos vamos a concentrar en los privilegiados ya que en él se encuentran disponibles los comandos que pueden configurar el router, para poder diferenciar entre los dos se dispone de los símbolos > y #, donde cada símbolo representa el de usuario y privilegiado respectivamente, para habilitar el comando privilegiado se tecldea el comando **enable**.

Para poder acceder al enrutador se debe hacer a través de los puertos de consola o auxiliar, o mediante una red usando el comando **Telnet** o el protocolo **HTTP**.

### 5.3.1 Tabla de Configuración del Router Cisco

Paso	Acción	Prompt del router	Comando
1	Entrar al modo de configuración	Router #	configure terminal
2	Especificar el nombre de router	Router(config)#	hostname name
3	Especificación del password encriptado para prevenir el acceso no autorizado	Router(config)#	enable secret
4	Configurar el router para reconocer el rango de subred cero como rango válido de direcciones	Router(config)#	ip subnet-zero
5	Deshabilitar el router para traducción de palabras no familiares insertadas durante la sesión de consola dentro de direcciones IP	Router(config)#	no ip domain-lookup
6	Habilitar el enrutamiento IPX	Router(config)#	ipx routing

Tabla 5.1 Configuración de Router Cisco

### 5.3.2 Tabla de Interfaz Ethernet

Siguiendo estos pasos podemos conectar el router con la red local. Se utiliza la siguiente tabla para configurar la interfaz Ethernet.

Paso	Acción	Prompt del router	Comando
1	Entrar al modo de configuración de la interfaz Ethernet	Router(config)#	interface ethernet 0
2	Direccionamiento IP y máscara de subred	Router(config-if)#	ip address ip address mask
3	Habilitar el enrutamiento IPX, asignación del número de red y configuración del tipo de encapsulamiento	Router(config-if)#	Ip network
4	Habilitar la interfaz y los cambios hechos a la interfaz	Router(config-if)#	No shutdown
5	Salir del modo de configuración para la interfaz Ethernet	Router(config-if)#	Exit

Tabla 5.2 Configuración de interfaz Ethernet

### 5.3.3 Tabla de Interfaz Serial

Se utiliza la siguiente tabla para configurar la interfaz Serial

Paso	Acción	Prompt del router	Comando
1	Modo de configuración para interfaz serial	Router(config)#	interface serial 0
2	Método de encapsulación de interfaz Frame Relay	Router(config-if)#	encapsulation frame-relay
3	Especificar el tipo de señalización	Router(config-if)#	frame-relay lmi-type {ansi   cisco   q933}
4	Habilitar los cambios de configuración de la interfaz	Router(config-if)#	no shutdown
5	Salir del modo de configuración de la interfaz serial	Router(config-if)#	exit

Tabla 5.3 Configuración interfaz Serial

### 5.3.4 Tabla de Enrutamiento Dinámico

En la tabla siguiente se muestra como configurar IP RIP (IPX RIP está habilitado por default)

Paso	Acción	Prompt del router	Comando
1	Modo de configuración del router y habilitar RIP	Router(config)#	router rip
2	Especificar el uso del RIP versión 2	Router(config-if)#	version 2
3	Especifica este comando par cada red conectad directamente	Router(config-if)#	network (número)
4	Deshabilitar la sumarización automática de las rutas de subred dentro de las rutas de nivel de red	Router(config-if)#	no auto-summary
5	Salir del modo de configuración del router	Router(config-if)#	exit

Tabla 5.4 Enrutamiento dinámico

### 5.3.5 Tabla de Comandos de Línea para Acceso al Router

Paso	Acción	Prompt del router	Comando
1	Modo de configuración de la línea y especificar la línea de terminal de consola	Router(config)#	line console 0
2	Especificar un password único en la línea	Router(config-if)#	password
3	Habilita el password utilizando el login	Router(config-if)#	login
4	Poner intervalos que el interprete de comando EXEC espere para la entrada del usuario	Router(config-if)#	exec-timeout 5
5	Establecer protección de la contraseña en las sesiones Telnet	Router(config-if)#	line vty 0 4
6	Especificar una contraseña	Router(config-if)#	password
7	Habilitar el password para la sesión Telnet	Router(config-if)#	login
8	Salir del modo de configuración de la línea y regresar al modo privilegiado EXEC	Router(config-if)#	end

Tabla 5.5 Comandos de Línea para Acceso al Router

### 5.3.6 Configuración del Router Corporativo

Para configurar este router, se asumen las mismas acciones que se describieron anteriormente, pero hay diferencias en como configurar el router corporativo

- Se especifica el comando no ip-address en el modo de configuración de la interfaz serial.
- Se especifica direcciones IP
- Configurar dos subinterfaces seriales después de terminar de configurar la interfaz serial.
- No configurar las características de relevo de DHCP.

5.3.7 Tabla para Configurar cada Subinterfaz

Paso	Acción	Prompt del router	Comando
1	Entrar al modo de configuración para la subinterfaz serial y especificar la interfaz como una conexión punto a punto	Router(config)#	interface serial {multipoint   point-to-point}
2	Poner la dirección IP y la máscara de subred	Router(config-if)#	ip unnumbered
3	Habilitar la red IPX y configurar el número de red IPX	Router(config-if)#	ipx network
4	Asociar un DLCI con la subinterfaz	Router(config-if)#	frame-relay interface-dlci
5	Salir del modo de configuración de la interfaz serial	Router(config-if)#	Exit

Tabla 5.6 Tabla para configurar cada subinterfaz

A continuación se muestra la configuración que llevarán los routers para su operación con el enlace Frame Relay.

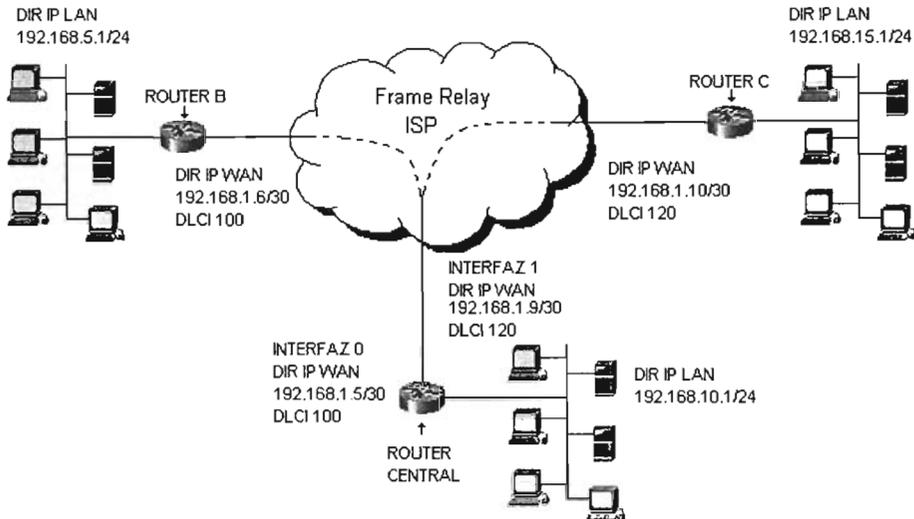


Figura 5.9 Red LAN Bajo protocolo Frame Relay

## 5.4 Configuración de Router Central

Current configuration:

```
!  
versión 12.0  
service timestamps debug uptime  
service timestamps log uptime  
no service password-encryption  
!  
hostname Router  
!  
!  
ip subnet-zero  
!  
!  
interface Ethernet 0  
ip address 192.168.10.1 255.255.255.0  
no ip directed-broadcast  
!  
interface serial 0  
ip address 192.168.1.5 255.255.252  
no ip directed-broadcast  
encapsulation frame-relay IETF  
no ip mroute-cache  
frame-relay map ip 192.168.1.6 100  
frame-relay lmi-type ansi  
!  
interface serial 1  
ip address 192.168.1.9 255.255.252  
no ip directed-broadcast  
encapsulation frame-relay IETF  
no ip mroute-cache
```

```
frame-relay map ip 192.168.1.10 120
frame-relay lmi-type ansi
!
!
ip classless
ip route 0.0.0.0.0.0.0 192.168.1.6
ip route 0.0.0.0.0.0.0 192.168.1.10
ip route 192.168.5.1 255.255.255.0 192.168.1.6
ip route 192.168.15.1 255.255.255.0 192.168.1.10
!
!
no ip http server
!
!
line con 0
transport input none
line 1 16
line aux 0
line vty 0 4
login
!
!
end
```

### 5.4.1 Configurar Router B

Current configuration:

```
!  
versión 12.0  
service timestamps debug uptime  
service timestamps log uptime  
no service password-encryption  
!  
hostname Router  
!  
!  
!  
ip subnet-zero  
!  
!  
interface Ethernet 0  
ip address 192.168.5.1 255.255.255.0  
no ip directed-broadcast  
!  
interface serial 0  
ip address 192.168.1.6 255.255.252  
no ip directed-broadcast  
encapsulation frame-relay IETF  
no ip mroute-cache  
frame-relay map ip 192.168.1.5 100  
frame-relay lmi-type ansi  
!  
!  
ip classless  
ip route 0.0.0.0.0.0.0 192.168.1.5
```

```
ip route 192.168.10.1 255.255.255.0 192.168.1.5
!  
!  
no ip http server
!  
!  
line con 0  
transport input none  
line 1 16  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
!  
!  
end
```

### 5.4.2 Configurar Router C

Current configuration:

```
!  
versión 12.0  
service timestamps debug uptime  
service timestamps log uptime  
no service password-encryption  
!  
hostname Router  
!  
!  
!  
ip subnet-zero  
!  
!  
interface Ethernet 0  
ip address 192.168.15.1 255.255.255.0  
no ip directed-broadcast  
!  
interface serial 0  
ip address 192.168.1.10 255.255.252  
no ip directed-broadcast  
encapsulation frame-relay IETF  
no ip mroute-cache  
frame-relay map ip 192.168.10.1 120  
frame-relay lmi-type ansi  
!  
!  
ip classless  
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.9
```

```
ip route 192.168.10.1 255.255.255.0 192.168.1.9
!  
!  
no ip http server
!  
!  
line con 0
transport input none
line 1 16
line aux 0
line vty 0 4
login
!  
!  
end
```

### CONCLUSIONES

Es de considerable importancia comprender los conceptos básicos de los protocolos de comunicación Frame Relay, o transmisión de tramas para su máxima eficiencia, aprovechándose para ello de las modernas infraestructuras, de mayor calidad y con muy bajos índices de error, que además permite mayores flujos de información. Esta es una tecnología de conmutación de paquetes de alta velocidad a través de la cual se envía texto, datos e imágenes por la red pública en tramas de longitud variable a velocidades hasta 45 Mbps.

Dentro de la red Frame Relay se manifiesta que existe una cantidad ilimitada de ancho de banda disponible. Si se produce una congestión, se muestra que el protocolo desecha los datos e incluye un mecanismo para notificar explícitamente al usuario final la presencia de esta situación.

El alto desempeño que ofrece el servicio Frame Relay permite transportar tráfico de comportamiento variable de alta velocidad de una manera confiable y con bajos tiempos de respuesta. Por lo tanto, este servicio se ajusta a la demanda de datos que las aplicaciones del usuario presentan, ya que su flexibilidad permite que únicamente se utilice el ancho de banda necesario a través de los circuitos virtuales o canales lógicos que se establecen en la red.

Por ello, Frame Relay es una solución ampliamente aceptada, especialmente para evitar la necesidad de construir mallas de redes entre routers, y en su lugar multiplexando muchas conexiones a lugares remotos a través de un solo enlace de acceso a la red Frame Relay.

## Glosario

---

**ANSI:** Instituto Nacional Americano de Normalización

**AUI:** Interfaz de conexión de unidades (Attachment Unit Interface). Conector apantallado de 15 pines. Se utiliza cable de par trenzado (opcionalmente) para conectar entre el dispositivo de red y un MAU.

**Backbone (troncal):** El cable principal en una red.

**Baseband LAN (LAN de banda base):** LAN que usa una sola frecuencia portadora sobre un solo canal. Ethernet, Token Ring y Arcnet usan transmisión de banda base.

**Baud (baudio):** Unidad de frecuencia de señal en señales por segundo. No es sinónimo de bits por segundo ya que que los signos pueden representar más de un bit. Los baudios sólo son iguales a bits por segundo cuando la señal representa un único bit.

**Binary (binario):** Característica de tener sólo dos estados, como conectado y desconectado. El sistema de numeración binario usa sólo unos y ceros.

**Bit :** La unidad más pequeña de información para el proceso de datos. Un bit (o dígito binario) asume el valor de 1 o 0.

**BNC:** Conector normalizado usado con Thinnet (Ethernet de cable coaxial fino) y el cable coaxial.

**Bps:** Bits por segundo, unidades de velocidad de transmisión.

**Bridge (puente):** Dispositivo de red que conecta dos LAN's y remite o filtra paquetes de datos entre ellas, según sus direcciones de destino.

**Broadband (banda ancha):** Técnica de transmisión de datos que permite que múltiples señales de alta velocidad compartan el ancho de banda de un solo cable mediante la multiplexación por división de frecuencias.

**Bus:** Topología LAN en la que todos los nodos se conectan a un solo cable. Todos los nodos son considerados iguales y reciben todas las transmisiones del medio.

**Byte:** Unidad del datos de ocho bits.

**CCITT:** Comité de Consultoría Internacional para Telefonía y Telegrafía. Ahora ITU-T.

**Coaxial Cable (cable coaxial):** Cable eléctrico con conductor de alambre sólido en el centro rodeado por materiales aislantes y un conductor como pantalla de metal exterior con un eje de curvatura que coincide con el conductor interno - de ahí que se denomine "coaxial".

**Collision Detect (detección de colisión):** Señal indicando que una o más estaciones están conteniendo por la transmisión. El signo es enviado por la capa Física a la de Enlace de Datos en un nodo Ethernet/IEEE 802.3.

**CSMA/CD:** Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection. Acceso múltiple por detección de portadora y colisión, es el medio de comunicación físico de Ethernet. Todos los dispositivos se conectan a la red y contienen igualmente para transmitir.

**Data Link Layer (Capa de Enlace de Datos):** Capa 2 de la siete capa del modelo de referencia OSI para la comunicación entre ordenadores en redes. Esta capa define los protocolos para los paquetes de datos y cómo se transmiten hacia/desde cada dispositivo de la red.

**DECnet:** Arquitectura de red propietaria de Digital (DEC), un sistema para conectar una red de ordenadores. Corre en redes punto-a-punto, X.25 y Ethernet.

**DCE.** Equipo de comunicación de datos. Los modems y las tarjetas de interfaz son ejemplos de DCE.

**Dial on Demand (llamada bajo demanda):** Cuando un router descubre la necesidad de comenzar una conexión a una red remota, lo hace automáticamente según el juego de parámetros pre-definido por el administrador de la red.

**Dialback (rellamada):** Rasgo de seguridad que asegura que las personas sin autorización no conecten con módems a los que no deben tener acceso.

**Domain Name (nombre de dominio):** Un nombre de dominio es un nombre de texto añadido al nombre del servidor para formar un único nombre de máquina para Internet.

**Download (transmisión):** El traslado de un archivo o información de un nodo de la red a otro. Generalmente se refiere a transferir un archivo de un servidor, como una host, a un "pequeño" nodo.

**DTE** (Equipo terminal de datos, Data Terminal Equipment). Dispositivo en el extremo del usuario de una interfaz de red de usuario que sirve como origen de datos. Se conecta una red de datos a través de un dispositivo DCE. (un MODEM por ejemplo)

**Ethernet:** La tecnología de LAN más popular actualmente. La norma IEEE 802.3 define las reglas para configurar una red Ethernet. Es una red CSMA/CD de banda base a 10 Mbps., que funciona con cableado coaxial fino y grueso, par trenzado y fibra óptica.

**EtherTalk:** Protocolo de Apple para transmisiones Ethernet.

**FDDI:** Fiberoptic Data Distributed Interface (Interfaz de datos distribuidos sobre fibra óptica). Interfaz de cable capaz de transmitir datos a 100 Mbps.

**Forwarding (remitir, reenviar):** Proceso por el cual un puente o conmutador Ethernet lee el contenido de un paquete y lo transmite al segmento apropiado. La la velocidad de remisión es el tiempo que precisa el dispositivo para ejecutar todos estos pasos.

**Framing (entramado):** División de los datos para su transmisión en grupos de bits, agregándoles una cabecera y un código de verificación para formar una trama.

**FTP:** File Transfer Protocol o Protocolo de Transferencia de Ficheros. Protocolo TCP/IP para la transferencia de archivos.

**Full-Duplex:** Transmisión bidireccional independiente, simultáneamente en ambas direcciones, en contraposición a la transmisión Half-Duplex.

**Gateway :** Dispositivo para interconectar dos o más redes diferentes. Puede traducir todos los niveles protocolares de la capa Física, hasta la capa de las Aplicaciones, del modelo OSI, y por tanto puede interconectar entidades que difieren en todo los detalles.

**HDLC :**Control de Enlace de datos de alto nivel, High Level Data Link Control

**Hertz (Hz):** Unidad de frecuencia igual a un ciclo por segundo.

**Host (servidor):** Generalmente un nodo en una red que puede usarse interactivamente, es decir, haciendo log-in.

**IEEE 802.3:** La norma del IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) que define el método de acceso al medio CSMA/CD y las especificaciones de las capas físicas y de datos de una área local. Entre otros, incluye las aplicaciones Ethernet 10BASE-2, 10BASE-5, 10BASE-FL y 10BASE-T.

**Internet:** Serie de redes locales, regionales, nacionales e internacionales interconectadas, unidas usando TCP/IP. Internet une muchos gobiernos, universidades y centros de investigación. Proporciona E-mail, login remotos y servicios de transferencia de archivos.

**Internetworking:** Término general empleado para describir a la industria dedicada a productos y tecnologías usados para crear redes.

**IPX:** Internetwork Packet eXchange (intercambio de paquetes de interred). Protocolo de NetWare similar a IP (Protocolo de Internet).

**ISDN (RDSI):** Integrated Services Digital Network (Red Digital de Servicios Integrados): Todos los servicios digitales proporcionados por compañías telefónicas. Proporcionan 144 Kbps. con una sola línea telefónica (divididos en dos canales "B" de 64 Kbps. y un canal "D" de 16 Kbps.).

**ISO:** La Organización de Normas Internacionales (ISO) fija las normas para los ordenadores y las comunicaciones. Su modelo de referencia Open Systems Interconnection (OSI - Interconexión de Sistemas Abiertos) especifica cómo dispositivos informáticos diferentes, como Tarjetas de Interfaz de Red (NICs), puentes y encaminadores, intercambian datos en una red. El modelo consiste en siete capas. De la más baja a la más alta, son: Física, Enlace de Datos, Red, Transporte, Sesión, Presentación y Aplicación. Cada capa realiza servicios para la capa situada sobre ella.

**ISP :** Proveedores de Servicio de Internet.

**ITU-T:** Sector de normalización de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones. International Telecommunication Union Standardization Sector.

**Kbps.:** Kilobits por segundo.

**LAN:** Local Area Network o Red de Área local. Sistema de comunicación de datos que consiste en un grupo de ordenadores interconectados, compartiendo aplicaciones, datos y periféricos.

**Layer (capa):** En redes, las capas se refieren a niveles de protocolos de software que comprenden la arquitectura, en que cada capa realiza funciones para las capas situadas sobre ella.

**Logical Link (enlace lógico):** Conexión temporal entre los nodos fuente y destino, o entre dos procesos del mismo nodo.

**MAU:** Medium Attachment Unit o Unidad de Conexión al Medio. Dispositivo usado para convertir señales de un medio Ethernet a otro.

**Mbps.:** Megabits por segundo.

**MIB:** Management Information Base o Base de Información de Gestión. Banco de datos de parámetros de la red usados por SNMP y CMIP (Common Management Information Protocol o Protocolo de Información de Gestión Común) para supervisar y cambiar los parámetros de los dispositivos.

**Módem:** Dispositivo modulador-demodulador para convertir señales digitales en analógicas para su transmisión por medio de líneas de teléfono. Se usan por parejas, pues se requiere uno en cada extremo de la línea.

**MOP:** Maintenance Operations Protocol o Protocolo de Operaciones de Mantenimiento. Protocolo de DEC usado para comunicaciones remotas entre servidores.

**Multiplexer (multiplexor):** Dispositivo que permite a varios usuarios compartir un solo circuito. Canaliza diferentes flujos de datos en un solo cauce. Al otro extremo del enlace de comunicaciones, otro multiplexor invierte el proceso repartiendo los flujos de datos en los cauces originales.

**Multiplexing (multiplexado):** Transmisión simultánea de múltiples señales en un solo canal.

**Name Server (servidor de nombres):** Software que corre en servidores de red responsable de traducir (o resolver) los nombres de tipo texto en direcciones IP numéricas.

**NetWare:** Sistema operativo de red (NOS o Network Operating System) desarrollado por Novell. Proporciona compartición de archivos e impresoras en redes de ordenadores personales (PC's).

**Network (red):** Sistema de ordenadores interconectados que pueden comunicarse entre sí y compartir archivos, datos y recursos.

**Network Address (dirección de red):** Cada nodo en una red tiene una o más direcciones a él asociadas e incluye por lo menos una dirección hardware fija como "ae-34-2c-1d-69-f1" asignada por el fabricante del dispositivo.

**NIC:** Network Interface Card o Tarjeta de Interfaz de red. Tarjeta adaptadora que se inserta en un ordenador, y contiene la electrónica y el software necesarios para permitir a la estación comunicarse a través de la red.

**Node (nodo):** Cualquier dispositivo inteligente conectado a la red. Esto incluye servidores de terminales, servidores, y cualquier otro dispositivo (como impresoras y terminales) que se conectan directamente a la red.

**NOS:** Network Operating System o Sistema Operativo de Red. El software para una red que se ejecuta en un servidor de archivos y controla el acceso a los archivos y otros recursos para múltiples usuarios.

**Packet (paquete):** Serie de bits que contienen datos e información de control, incluyendo la dirección del nodo fuente y destino, estructurados para su transmisión de un nodo a otro.

**PAP:** Password Authentication Protocol o Protocolo de Autenticación de Contraseña. Esquema de Autenticación para los enlaces PPP. Se puede especificar una contraseña para ambos dispositivos en el enlace remoto.

**Point-to-Point (Punto a punto):** Circuito que únicamente conecta dos nodos, o una configuración que requiere una conexión física separada entre cada par de nodos.

**PPP:** Point-to-Point Protocol o Protocolo punto a punto. Como sucesor de SLIP, PPP proporciona conexiones router a router y red a servidor tanto sobre circuitos síncronos como asíncronos.

**PROM:** ROM programable. Memoria sólo de lectura cuyos datos no puede alterarse.

**Protocol (protocolo):** Cualquier método normalizado de comunicarse en una red.

**PVC (Circuito virtual permanente, Permanet Virtual –Circuit):** Los PVC ahorran el ancho de banda relacionado con el establecimiento y el desmantelamiento del circuito en situaciones en las que ciertos circuitos virtuales deben existir de forma permanente.

**PDN:** Red Pública de Datos.

**Redundancia:** Duplicación de dispositivos, servicios o conexiones de forma que, en caso de fallo, estos dispositivos puedan realizar el trabajo de aquellos en los que se produce un fallo.

**Repeater (repetidor):** Repetidor es un dispositivo de red que repite señales de un cable hacia otro u otros cables, restaurando las formas de onda y tiempos de las señales.

**Ring (anillo):** Topología de red en la que los nodos se conectan en un bucle cerrado. Los datos se transmiten de nodo en nodo alrededor del bucle, siempre en la misma dirección.

**ROM:** Memoria de sólo lectura. Dispositivo de red con ROM no necesita cargar ningún código ejecutable, dado que la ROM lo contiene. Frecuentemente la ROM se sustituye por Flash ROM, que puede ser reprogramada si el usuario lo requiere.

**Router (encaminador):** Dispositivo capaz de filtrar/remitir paquetes basándose en la información de la capa de enlace de datos.

**Shared Ethernet (Ethernet compartido):** Configuración de Ethernet en la que varios segmentos están juntos en un solo dominio de colisión.

**SLIP:** Serial Line Internet Protocol o Protocolo Internet para Líneas Serie. Protocolo para ejecutar TCP/IP sobre líneas serie.

**SNA:** Systems Network Architecture o Arquitectura de Red de Sistemas. Protocolos en capas de IBM para comunicaciones de mainframe.

**SNMP:** Simple Network Management Protocol o Protocolo Simple de Gestión de Red. Permite a un servidor TCP/IP que ejecuta una aplicación SNMP, interrogar a otros nodos para estadísticas y condiciones de error de la red.

**Switch (conmutador):** Dispositivo Ethernet multipuerto diseñado para aumentar las prestaciones de la red permitiendo sólo el tráfico esencial en cada segmento de la red a los que está conectado.

**SVC (Circuito virtual conmutado, Switched Virtual Circuit):** Circuito virtual que se establece dinámicamente bajo demanda y se desactiva cuando la transmisión se completa.

**TCP/IP:** Transmission Control Protocol (TCP o Protocolo de Control de Transmisión) e Internet Protocol (IP o Protocolo de Internet) son los protocolos normales en entornos UNIX. Casi siempre se implementan y usan juntos y se denominan TCP/IP.

**Telnet:** Telnet es una aplicación que proporciona una interfaz de terminal entre servidores que usan el protocolo de red TCP/IP.

**10BASE-T:** Ethernet sobre cable de par trenzado no apantallado (UTP). Téngase en cuenta que 10BASE-T es un medio de red punto a punto, con un extremo del cable que va típicamente a un repetidor/concentrador y el otro al dispositivo de red.

**TFTP:** Trivial File Transfer Protocol o Protocolo Trivial de Transferencia de Archivos. En ordenadores que ejecutan software de red TCP/IP, se usa TFTP para enviar archivos rápidamente a través de la red con menos seguridad que la que ofrece FTP.

**Thinwire:** Cable coaxial delgado similar al empleado para las instalaciones de televisión y/o vídeo.

**Token Ring:** Desarrollada por IBM, esta red emplea una topología de anillo y método de acceso de paso de testigo para transmitir datos a 4 o 16 Mbps.

**Topology (topología):** La configuración de los nodos y el hardware que los une en una red. Los tipos incluyen anillo, bus, estrella y árbol.

**Transceiver (transceptor):** El dispositivo real que une la red y el nodo local. El término generalmente se refiere a cualquier conector, como un MAU que activamente convierte señales entre la red y el nodo local.

**Unix:** Sistema operativo multitarea para ordenadores multiusuario desarrollado por AT&T.

**UTP:** Par trenzado no apantallado, uno o más pares de cable rodeados por un aislamiento. UTP normalmente se usa como cable telefónico.

**Wide Area Network (WAN, red de área ancha):** Red que usa servicios de transmisión, para la transmisión de datos en grandes áreas geográficas.

**X.25 Gateway Access Protocol (protocolo de acceso a pasarelas X.25):** Permite a un nodo no directamente conectado a una red de datos pública acceder a los servicios de dicha red a través de un nodo pasarela que hace de intermediario. X.25 es el protocolo que gestiona las redes de conmutación de paquetes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Alcatel. Diplomado en Telecomunicaciones. Manual de Alcatel. Tecnologías de Transporte. Alcatel University México. P.193 1996.

Black, Uyles. Redes de Computadoras. Protocolos, Normas e Interfaces. Ed. Limusa. P.585 1997

Black, Uyles. TCP/IP and Related Protocols. Ed. Mc. Graw Hill. P.460.1992

Carl-Mitchel, Smoot. Quarterman John S. Practical Internetworking with TCP/IP and UNIX. Ed. Addison Wesley

Catálogo Black Box, Ed. Empresas Cochrane Asociada.2002

Comer, Douglas E. Redes Globales de Información con Internet y TPC/IP. Ed. Prentice Hall. P.621.1996

FitzGerald, Jerry. Comunicación de datos en los negocios. Conceptos básicos, seguridad y diseño.Ed. Limusa.P.790. 1992

Ford, Merilee. Kim L H. Tecnología de íter conectividad de Redes.Ed. Prentice may. P.716. 1998

Gregory, Donald. Voice and Data Communications Handbook. : Ed. McGraw Hill

Hunt, Craig. TCP/IP Network Administration. Ed. O'Reilly & Associates, Inc.P.471. 1992

Kessler, Gary C. ISDN: Concepts, Facilities, and Servicies. Ed. McGraw Hill.P.741. 2001

Lewis, Chris. Cisco TCP/IP Routing Professional Reference. Ed. McGraw Hill

Manual de CENTEC. TCP/IP INTRODUCCIÓN A INTERNET. Ed. Centro de Estudios Tecnológicos Avanzados. P.60. 1998.

Parker, Timothy. Aprendiendo TCP/IP en 14 Días.Ed. Prentice Hall. P.438. 1995

Shaughnessy, Tom. Manual de Cisco. Ed. Mc Graw Hill. P.635. 2000.

Stremler, Ferrel G. Sistemas de Comunicación. Ed. Alfaomega. P.691. 1985

Tanenbaum, Andrew S. Redes de Computadoras. Ed. Prentice Hall 1991

Tanenbaum, Andrew S. Redes de ordenadores. Ed. Prentice Hall. P.759. 1991