

Tema 7: Redes de Area Extensa (II)

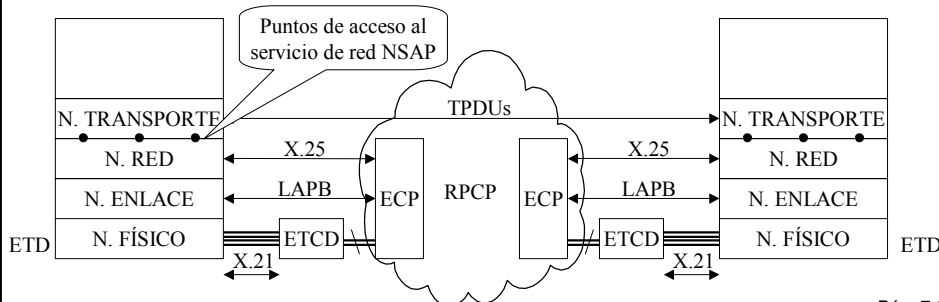
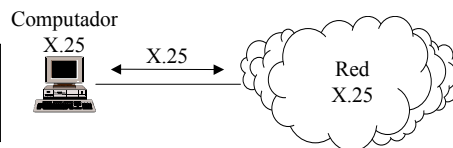
Indice

- 7.1. Redes de conmutación de paquetes: red X.25.
 - 7.1.1. Introducción. Características de las conexiones X.25.
 - 7.1.2. Accesos a la red X.25.
 - 7.1.3. Protocolos de red X.25: X.21, LAP-B y Capa X.25.
 - 7.1.4. Modelo de Interconexión de redes: Protocolo X.75.
- 7.2. Redes de conmutación de paquetes: Internet.
 - 7.2.1. Introducción. Características y modos.
 - 7.2.2. Protocolos Internet. Interconexión de redes.
 - 7.2.3. Formato de paquete IP v4 y v6.
 - 7.2.4. Otros protocolos del nivel de red en redes TCP/IP.
- 7.3. Retransmisión de tramas: Frame-Relay. Introducción. Características.
 - 7.3.1. Protocolos y formatos Frame Relay.
- 7.4. Redes basadas en celdas: ATM. Introducción. Características.
 - 7.4.1. Protocolos y formatos ATM.

7.1. Redes de conmutación de paquetes: red X.25.

En 1.974 el CCITT (ahora ITU-T) propone la norma X.25 para la unión de redes en los niveles 1, 2 y 3 (físico, enlace y red). Hay versiones nuevas en 1.980, 1.984, 1.988, 1.992 y 1.993.

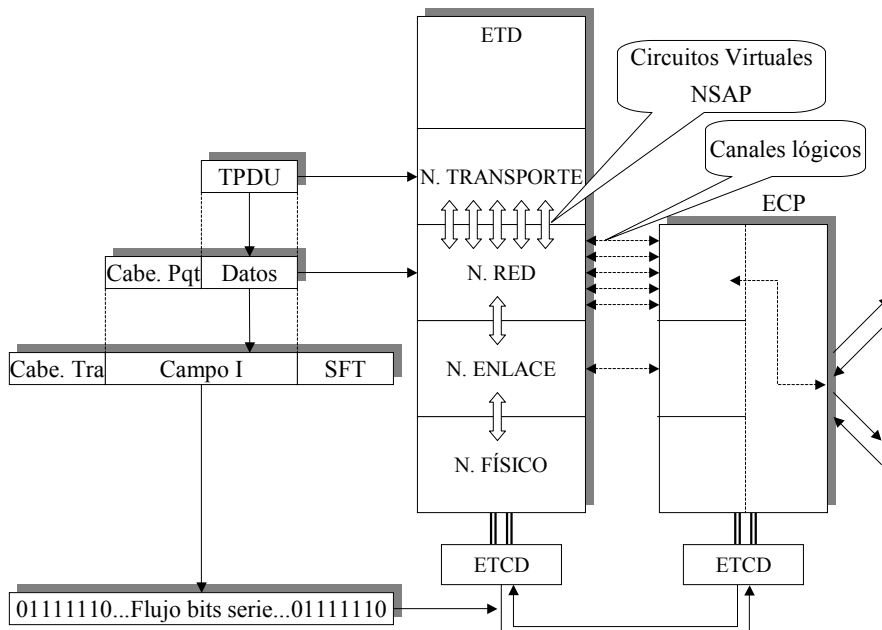
X.25 es un conjunto de protocolos de acceso a la red para realizar la conexión ETD-RPCP.



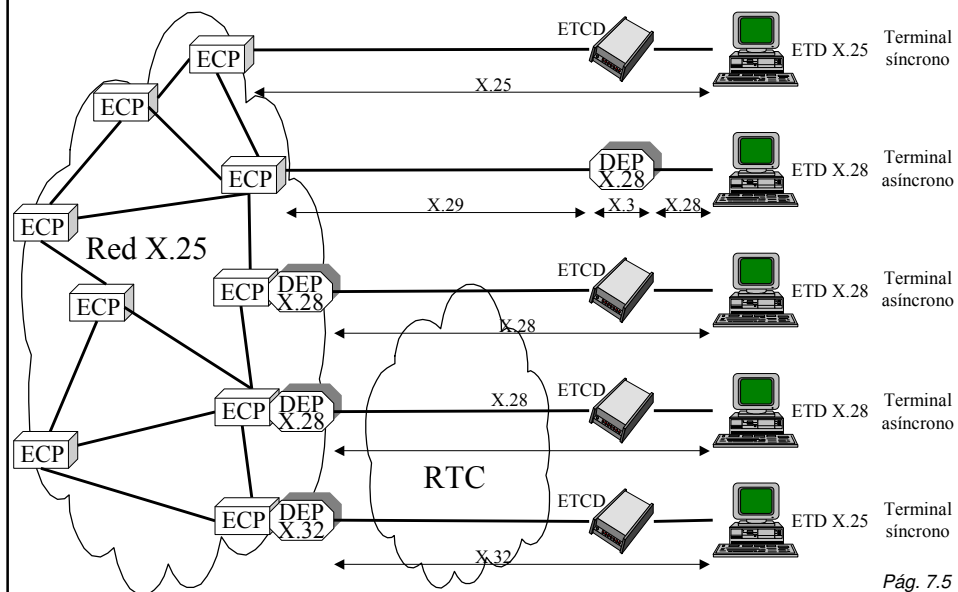
7.1.1. Introducción. Características de las conexiones X.25.

Casi todos los países cuentan con una o más redes de datos públicas conmutadas.

- ↗ Están todas interconectadas a nivel mundial formando una red de datos pública conmutada internacional.
- ↗ Por ello cada DTE debe tener una o más direcciones de red únicas a nivel mundial (NSAP o Punto de Acceso al Servicio de Red).
- ↗ Una NSAP es una concatenación de la dirección física del punto de conexión y el identificador interno (intercapas) de canal lógico (CV) llamado extensión de dirección. (Recomendación X.121 de la ITU-T)



7.1.2. Accesos a la red X.25.



7.1.3. Protocolos de red X.25: X.21, LAP-B y Capa X.25.

Capa física: X.21/X.21bis, Interfaz física entre ETD y ETCD local provisto por RPCP (como módem síncrono: proporciona camino de transmisión serie, síncrono y dúplex entre ETD y ECP local).

Define características físicas del conector, misiones de los circuitos (transmisión \Rightarrow , recepción \Leftarrow , control \Rightarrow , indicación \Leftarrow , sincronización de elementos de señal \Leftarrow y de byte \Leftarrow), características eléctricas y procedimientos para des/conexiones físicas.

Tasa de datos: 600-64000 bps.

☎ X.21: Interfaz de Red de Conmutación de Circuitos (RCC) totalmente digital.

☎ X.21bis: Interfaz de RCC analógica (Subcjo EIA-232d/V.24 o V.35 para velocidades mayores que 19200 bps).

Capa de enlace: LAPB (Link Access Procedure, Balanced), Subconjunto del HDLC (High level Data Link Control en modo ABM asíncrono balanceado).

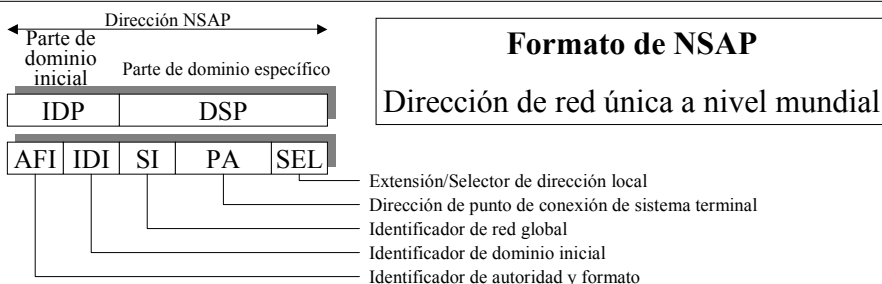
Sirve para controlar la transferencia de tramas I por la interfaz ETD-ECP, tiene significado local (enlace punto a punto), proporciona servicio de transferencia fiable aplicando procedimientos de control de error y de flujo a todos los paquetes por igual sin distinguir el circuito virtual al que pertenecen.

| | | | | | |
|-----------|-----------|-------------|-------------|---------|-----------|
| INDICADOR | DIRECCION | CONTROL | INFORMACION | SVT | INDICADOR |
| 0111 1110 | 8 bits | 8 o 16 bits | N bits | 16 bits | 0111 1110 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Órdenes | Respuestas |
|------------------------|---|------|-----|-----|------|-------|---|---|--------------|--------------|
| T. Información | 0 | N(S) | | P/F | N(R) | | | | I | |
| T. Supervisión | 0 | 1 | S S | | P/F | N(R) | | | RR, RNR, REJ | RR, RNR, REJ |
| T. No numeradas | 1 | 1 | M M | | P/F | M M M | | | SABM, DISC | UA, DM, FRMR |

Pág. 7.7

Capa de red: X.25 Suministra servicios necesarios para que el nivel de transporte intercambie unidades de datos del protocolo de transporte (TPDU) por medio de circuitos virtuales a través de un punto de acceso al servicio de red (NSAP).



| | Valor del AFI | | Longitud IDI (dígitos decimales) | Longitud DSP (dígitos decimales) |
|----------------------------|---------------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Decimal | Binario | | |
| RPCP internacional - X.121 | 36 | 37 | 14 | 24 |
| Telex internacional - F.69 | 40 | 41 | 8 | 30 |
| RTC internacional - E.163 | 42 | 43 | 12 | 26 |
| RDSI internacional - E.164 | 44 | 45 | 15 | 23 |
| Local privado | 48 | 49 | Nulo | 38 |

Pág. 7.8

Primitivas de servicio que el nivel de red ofrece al de transporte:

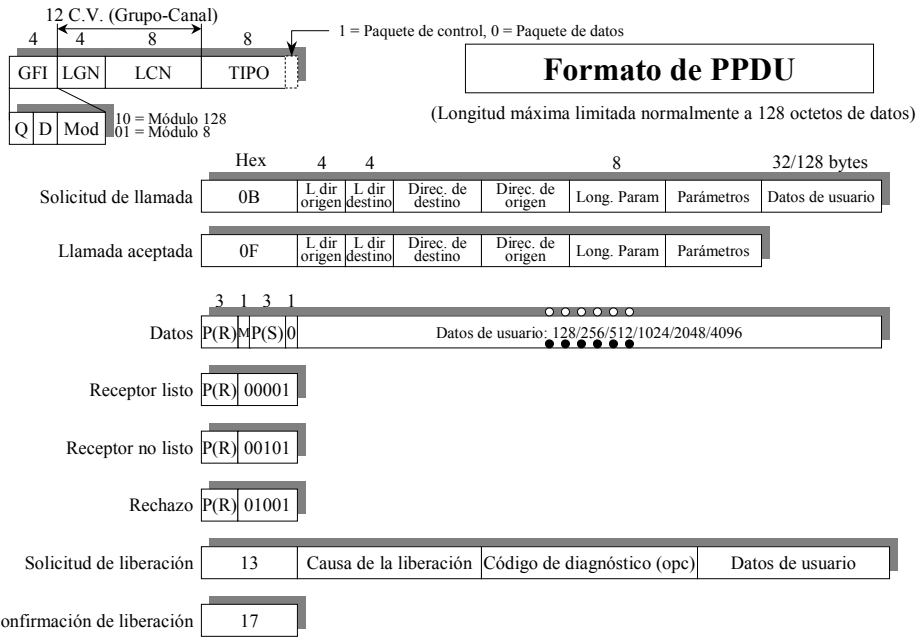
- Conexión (petición, indicación, respuesta, confirmación)
- Datos (petición e indicación)
- Reconocimiento de datos (petición e indicación)
- Datos urgentes (petición e indicación)
- Resincronización (petición, indicación, respuesta y confirmación)
- Desconexión (petición e indicación).

Realiza multiplexación de todos los CV (hasta 4.095) a través de una única conexión de enlace (misma línea física).

La unidad de datos es el paquete o PPDU.

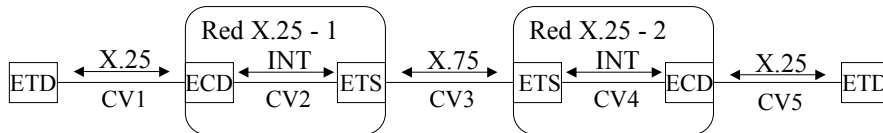
Tipos de Paquete (PPDU)

| ETD ⇒ ETCD | ETCD ⇒ ETD | Uso del protocolo |
|--|---|----------------------------|
| Solicitud de llamada Llamada aceptada | Llamada entrante Confirmación de llamada | Establecimiento de llamada |
| Solicitud de liberación Confirmación de liberación de ETD | Indicación de liberación Confirmación de liberación de ETCD | Liberación de llamada |
| Datos de ETD Solicitud de interrupción | Datos de ETCD Confirmación de interrupción | Transferencia de datos |
| ETD receptor listo (RR) ETD receptor no listo (RNR) Rechazo de ETD (REJ) Solicitud de restablecimiento Confirmación de restablecimiento de ETD | ETCD receptor listo ETCD receptor no listo Indicación de restablecimiento Confirmación de restablecimiento de ETCD | Control de flujo |
| Solicitud de reinicio Confirmación de reinicio de ETD | Indicación de reinicio Confirmación de reinicio de ETCD | Resincronización |
| Diagnóstico | Diagnóstico | Informe de errores de red |



7.1.4. Modelo de Interconexión de redes: Protocolo X.75.

La ITU-T definió el protocolo **X.75**, norma para niveles 1, 2 y 3 muy parecida al X.25 usada para conectar redes X.25. Basado en sistemas que actúan como media pasarela: **Terminal de señalización (STE-ETS)**.



| Reenvío | |
|---------------|----------|
| N. RED INT | X.75 PLP |
| N. ENLACE INT | X.75 LLP |
| N. FÍSICO INT | FISICO |

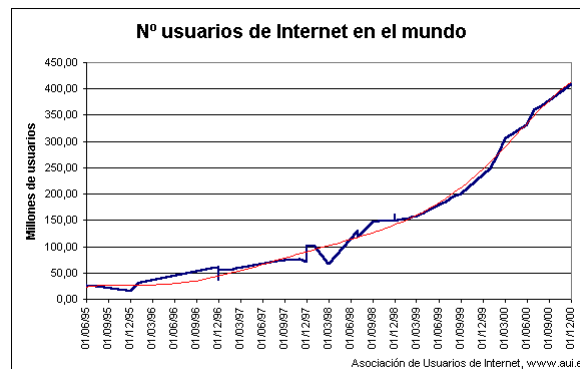
ETS, STE

Es invisible para el usuario, los **Nodos Internacionales** de datos (NID, ECP especial) establecen CVs para procedimientos X.75.

7.2. Redes de conmutación de paquetes: Internet.

Internet: Red mundial de conmutación de paquetes en modo datagrama que emplea la familia de protocolos TCP/IP.

- ☐ Origen: Red ArpaNET, en 1983 se divide en MILNET e Internet.
- ☐ Rápido crecimiento hasta nuestros días:



Pág. 7.13

7.2.1. Introducción. Características y modos.

- ☑ Capaz de soportar destrozos parciales y seguir funcionando.
- ☑ Red no fiable, TCP/IP asume portadora no fiable. Cada paquete sigue su propia ruta hasta destino. Los equipos verifican que la información les ha llegado:
 - Control extremo a extremo (no tramo a tramo).
- ☑ Cada ordenador puede comunicarse con otro de igual a igual.
- ☑ Los caminos no son predeterminados (gateways).
- ☑ No tiene una topología definida: las distintas redes se conectan sin ninguna organización particular hasta llegar a los enlaces principales.
- ☑ Se tiende a una centralización de los recursos.

Pág. 7.14

7.2.2. Protocolos Internet. Interconexión de redes.

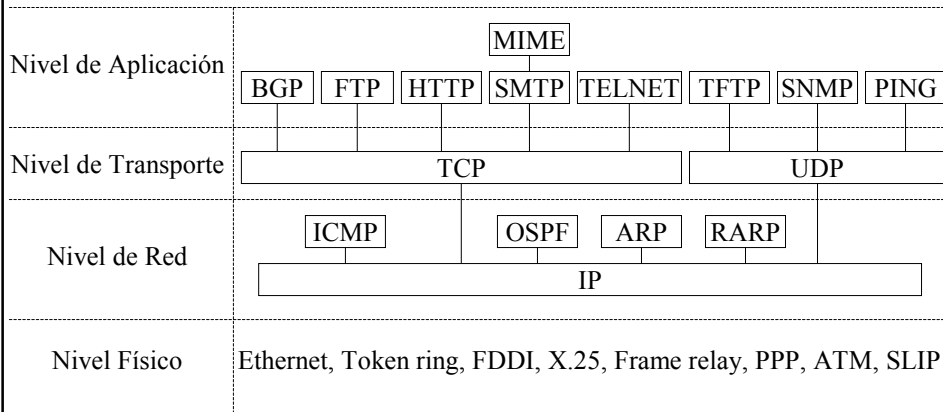
Familia de protocolos TCP/IP.

Se puede describir con modelos de 4 o 5 niveles:

| | | |
|-----------------------|---------------------|--|
| Nivel de Aplicación | Nivel de Aplicación | { Ethernet, Token Ring, FDDI, X.25, Frame Relay, PPP, ATM, SLIP, ... |
| Nivel de Transporte | Nivel de Transporte | |
| Nivel de red | Nivel de red | |
| Nivel de acceso a red | Nivel Físico | |
| Nivel Físico | | |

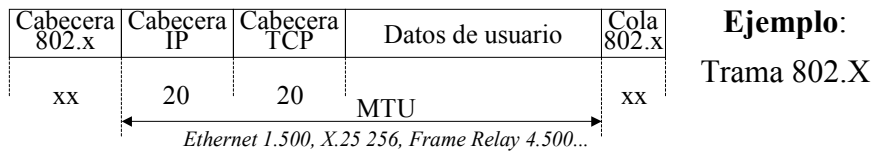
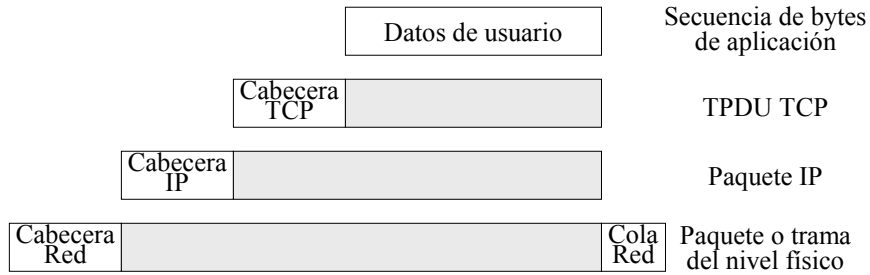
Puede implementarse sobre cualquier tipo de red (S.O. y HW): en TCP/IP sólo se definen normas y protocolos para los niveles de aplicación, transporte y red.

Protocolos TCP/IP más importantes

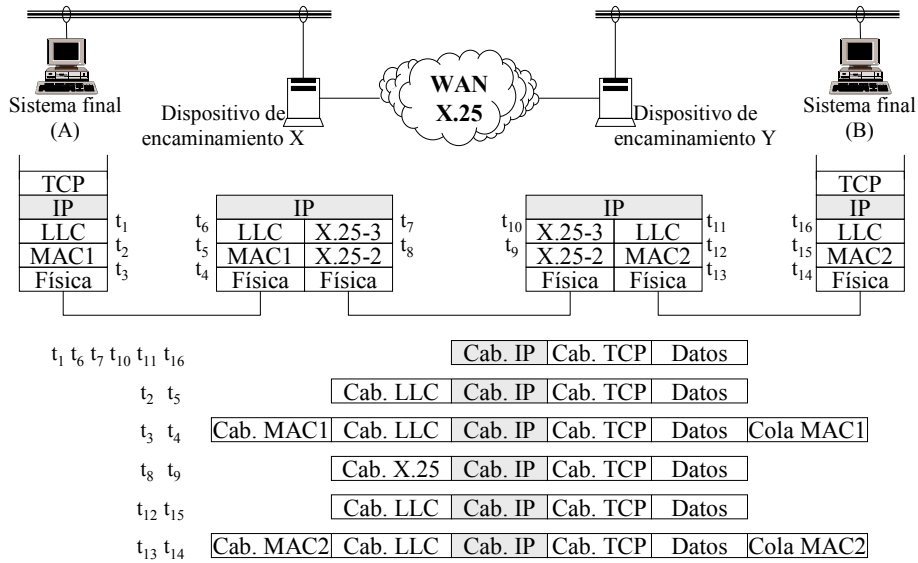


BGP: Border Gateway Protocol; **FTP:** File Transfer Protocol; **HTTP:** Hipertext Transfer Protocol; **SMTP:** Simple Mail Transfer Protocol; **MIME:** Multipurpose Internet Mail Extension; **TFTP:** Trivial File Transfer Protocol; **SNMP:** Simple Network Management Protocol; **TCP:** Transmission Control Protocol; **UDP:** User Datagram Protocol; **ICMP:** Internet Control Messages Protocol; **OSPF:** Open Shortest Path First; **ARP:** Address Resolution Protocol; **RARP:** Reverse Address Resolution Protocol; **IP:** Internet Protocol.

Transmisión de datos en TCP/IP



Ejemplo de interconexión de redes en Internet



☞ **Nivel Físico:** Se corresponde con los niveles físico y de enlace (LLC y MAC) de OSI (puede que incluso parte del de red).

Objetivo: transmitir datagramas IP por el medio físico.

Tiene un conocimiento específico de la red subyacente: Los modelos detallados en este nivel dependen de los protocolos de acceso al medio y de transmisión.

Funciones:

- ☞ Encapsular paquetes IP en tramas que se transmiten por la red.
- ☞ Trasladar direcciones IP a direcciones físicas (MAC) de la red.
- ☞ Operaciones necesarias para transmitir tramas por el medio.

| | | | | | |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|----------|---------------|
| Cabecera 802.3 | | MTU: 1.500 | | | Cola 802.3 |
| Preámbulo | Delimitador | Dir. Fís. D | Dir. Fís. O | Longitud | CRC |
| 7 | 1 | 6 | 6 | 2 | 4 |

Ejemplo:
Trama 802.3
(Ethernet)

Pág. 7.19

☞ **Nivel de Red (nivel de conexión de redes, o nivel Internet):** Se corresponde con el nivel de red de OSI.

Protocolo principal: IP.

Otros protocolos: ICMP, el ARP, el RARP y el OSPF (IGP).

Funciones:

- ☞ Encaminamiento.
- ☞ Segmentación y ensamblado.
- ☞ Control de tiempo de vida de datagramas.
- ☞ Dar calidad de servicio (seguridad, prioridad, retardo y rendimiento)
- ☞ Control de errores.
- ☞ Control de flujo.

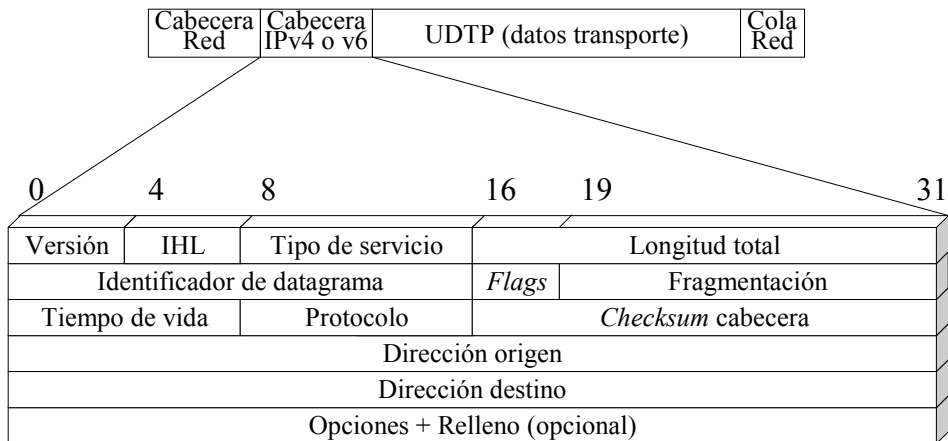
IP, Protocolo Internet (RFC 791)

Transmite y recibe UDPTs encaminando paquetes por la red, para ello antepone una cabecera IP.

Versiones activas: IPv4 e IPv6.

Pág. 7.20

7.2.3. Formato de paquete IP v4 y v6.



📁 **Cabecera IP IPv4** (mínimo de 20 bytes = 160 bits)

Campos de cabecera IPv4

- 📁 **Versión:** Número de versión de protocolo IP (4).
- 📁 **IHL:** Longitud de la cabecera IP (indica si existen opciones).
- 📁 **Tipo de servicio:** Indica importancia de datos.
- 📁 **Longitud total:** Longitud total del datagrama .
- 📁 **Identificador de datagrama:** Ayuda a ensamblar datagramas.
- 📁 **Flags:** Indicadores empleados en la fragmentación.
- 📁 **Fragmentación:** Valor para ensamblar datagramas.
- 📁 **Tiempo de vida:** Número de saltos para descartarse (se resta).
- 📁 **Protocolo:** Indica tipo de protocolo al que pertenece.
- 📁 **Checksum cabecera:** Suma para comprobar errores en cabecera.
- 📁 **Direcciones origen y destino:** Direcciones IPv4 de 32 bits.

Direcciones IPv4.

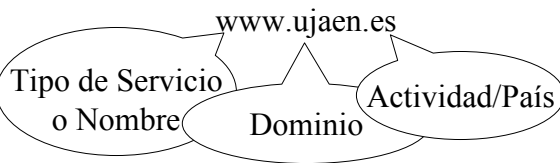
Nº de 32 bits (4 octetos). Posibles notaciones:

| | |
|-------------------|-------------------------------------|
| Binario: | 11000000 10101000 00010010 00000001 |
| Decimal punto: | 192.168.18.1 |
| Mediante nombres: | www.ujaen.es |

Partes de una dirección IP:

| | | |
|--------------|-------------|------|
| Parte de red | Parte local | |
| Parte de red | Host | |
| Parte de red | Subred | Host |

Direcciones IPv4 con nombres.

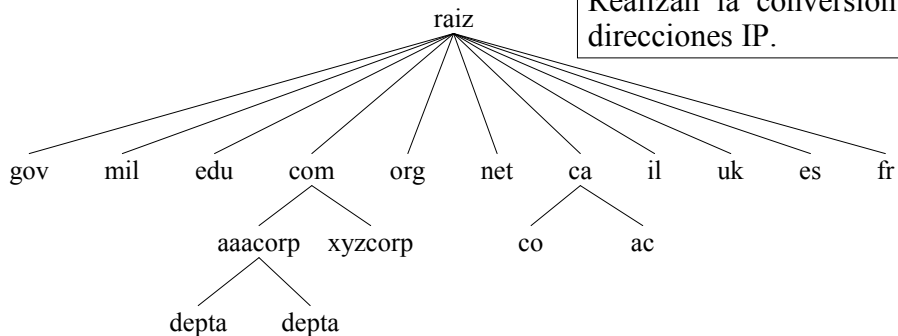


DNS, Sistema de Nombres de Dominio

Base de datos distribuida:

Servidores de nombres de dominio con registros de direcciones y dominios.

Realizan la conversión a direcciones IP.



Códigos de países

| | | | |
|-------------------|----------------|------------------|--------------------|
| ar Argentina | eg Egypt | kw Kuwait | se Sweden |
| at Austria | es Spain | li Liechtenstein | sg Singapore |
| au Australia | fi Finland | lu Luxembourg | si Slovenia |
| be Belgium | fj Fiji | mo Macau | sk Slovak Republic |
| bg Bulgaria | fr France | mx Mexico | th Thailand |
| br Brazil | gr Greece | my Malaysia | tn Tunisia |
| ca Canada | hk Hong Kong | ni Nicaragua | tr Turkey |
| ch Switzerland | hr Croatia | nl Netherlands | tw Taiwan |
| cl Chile | hu Hungary | no Norway | uk U.K. |
| cn China | id Indonesia | nz New Zealand | us USA |
| co Colombia | ie Ireland | pa Panama | uy Uruguay |
| cr Costa Rica | il Israel | pe Peru | ve Venezuela |
| cy Cyprus | in India | ph Philippines | za South Africa |
| cz Czech Republic | ir Iran | pl Poland | |
| de Germany | is Iceland | pr Puerto Rico | |
| dk Denmark | it Italy | pt Portugal | |
| dz Algeria | jp Japan | ro Romania | |
| ec Ecuador | kr South Korea | sa Saudi Arabia | |

Tipos de direcciones:

↳ De Red. Identifican una red (subred).

| | | | | |
|-----|------------|-----|--------|-----------|
| Red | 000.....00 | Red | Subred | 000....00 |
|-----|------------|-----|--------|-----------|

↳ De Host. Identifican un dispositivo de una red (subred).

| | | | | |
|-----|------|-----|--------|------|
| Red | Host | Red | Subred | Host |
|-----|------|-----|--------|------|

↳ De Difusión (*broadcast*). Identifican a todos los dispositivos.

| | | | | |
|-----|------------|-----|--------|-----------|
| Red | 111.....11 | Red | Subred | 111....11 |
|-----|------------|-----|--------|-----------|

Tipos de Redes:

| | | | | |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| ↳ Clase A:(pocas redes, muchos hosts) | 0xxxxxxx | 00000000 | 00000000 | 00000000 |
| ↳ Clase B: | 10xxxxxx | xxxxxxx | 00000000 | 00000000 |
| ↳ Clase C:(pocos hosts, muchas redes) | 110xxxxx | xxxxxxx | xxxxxxx | 00000000 |
| ↳ Clase D:(CSCW) | 111xxxxx | xxxxxxx | xxxxxxx | xxxxxxx |

Cuadro resumen

| 1 ^{er} Octeto | Clase/Tipo (Redes/Hosts) | Máscara | Dirección tipo | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | 1 ^{er} Octeto | 2 ^o Octeto | 3 ^{er} Octeto | 4 ^o Octeto |
| 0-00000000 | <i>Host o red local</i> | - | | | | |
| 1-00000001 ⋮ 126-01111110 | A (126/16.387.064) | 255.0.0.0 | 0 Red | Subred | Host | |
| 127-01111111 | <i>*Loopback</i> | - | | | | |
| 128-10000000 ⋮ 191-10111111 | B (16.256/64.516) | 255.255.0.0 | 10 Red | Subred | Host | |
| 192-11000001 ⋮ 223-11011111 | C (2.064.512/254) | 255.255.255.0 | 110 Red | | Subred Host | |
| 224-11100000 ⋮ 254-11111110 | D (Experimental) | 255.255.255.0 | 111 | No definido | | |
| 255-11111111 | <i>Broadcast</i> | - | | | | |

Pág. 7.27

Direcciones especiales

✦ **Dirección de loopback:** Permite a cliente de una máquina dirigirse a un servidor de la misma máquina sin saber su dirección (TCP/IP no distingue conexiones locales de remotas):

127.0.0.1 **01111111.00000000.00000000.00000001**

✦ **Dirección de broadcast limitado:** Identifica a todas las máquinas de la red:

255.255.255.255 **11111111.11111111.11111111.11111111**

✦ **Redes no conectadas a Internet (o conectadas mediante proxy):**

Redes desde la **10.0.0.0** hasta la **10.255.255.255**

Redes desde la **172.16.0.0** hasta la **172.31.255.255**

Redes desde la **192.168.0.0** hasta la **192.168.255.255**

Pág. 7.28

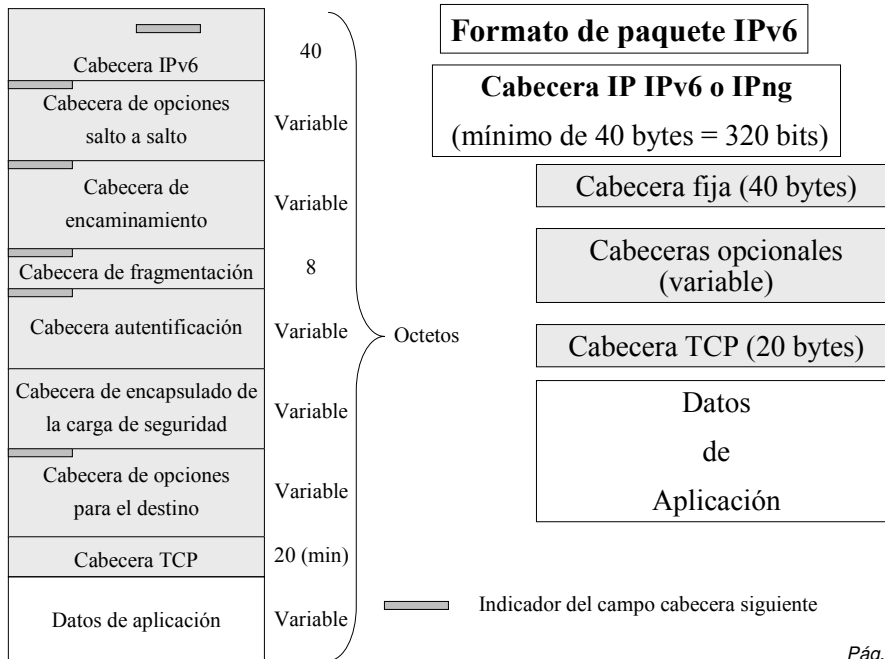
IPv6 (IPng) (RFC1883)

Mejoras sobre IPv4:

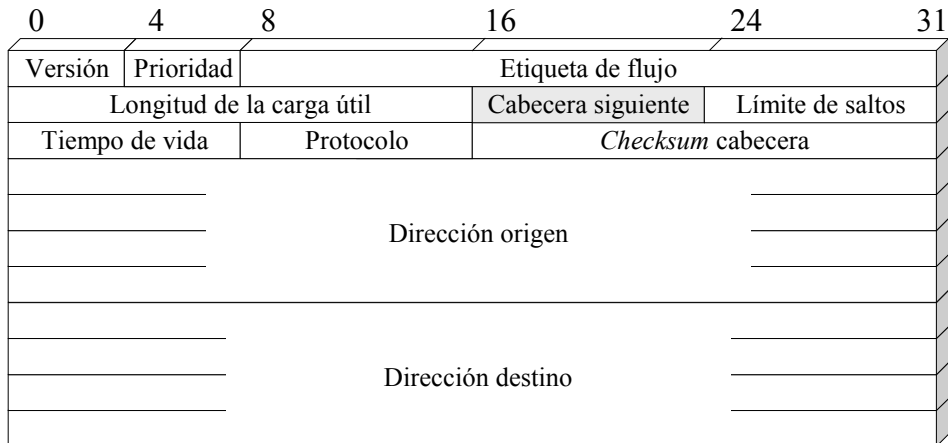
- ↳ **Espacio de direcciones ampliado:** (32 a 128 bits ($6 \cdot 10^{23}$ dir/m²)).
- ↳ **Mecanismo de opciones mejorado:** cabeceras separadas opcionales no examinadas en encaminamiento (si no es preciso).
- ↳ **Direcciones de autoconfiguración:** asignación dinámica tipo *plug&play*.
- ↳ **Direccionamiento más flexible:** direcciones monodistribución (*anycast*) y mejora de las de multidifusión (*broadcast*).
- ↳ **Facilidad para asignar recursos:** Distingue tipos de datos para asignar recursos a esos paquetes si son especiales.
- ↳ **Capacidades de seguridad:** Permite autenticación y privacidad.

Formato de paquete IPv6

Cabecera IP IPv6 o IPng
(mínimo de 40 bytes = 320 bits)



Cabecera IPv6



Campos de cabecera IPv6

- ☞ **Versión:** Número de versión de protocolo IP (6).
- ☞ **Prioridad:** Indica importancia de datos.
- ☞ **Etiqueta de flujo:** Etiqueta paquetes para ser tratados de forma especial al encaminarlos por la red .
- ☞ **Longitud de carga útil:** Longitud del resto del paquete IPv6 excluida la cabecera (longitud de cabeceras adicionales más UDPT).
- ☞ **Cabecera siguiente:** Identifica tipo de cabecera que sigue.
- ☞ **Límite de saltos:** Número de saltos para descartarse (se resta).
- ☞ **Direcciones origen y destino:** Direcciones IPv6 de 128 bits.

Cabeceras opcionales IPv6

Se añaden tras la cabecera del paquete IP cuando son necesarias. Se recomienda cumplir un orden.

1. **Opciones salto a salto:** Define opciones especiales que deben aplicarse (procesarse) en cada salto
2. **Encaminamiento:** Proporciona encaminamiento ampliado similar al encaminamiento por fuente IPv4.
3. **Fragmentación:** Información para fragmentación y reensamblaje.
4. **Autenticación:** Proporciona la integridad del paquete y la autenticación.
5. **Encapsulado de la carga de seguridad:** Proporciona seguridad.
6. **Opciones para el destino:** Opciones a procesar por el nodo destino del paquete.

Direcciones IPv6. (RFC1884)

Nº de 128 bits (16 octetos). Posibles notaciones:

- ↳ Binario (inviabile): 011000.....0001
- ↳ Hexadecimal dos puntos: 19A2:168:45B1:45E:AAC1:0:345D:34
- ↳ Mediante nombres: www.ujaen.es

Características:

- ↳ Se asignan a interfaces no a nodos.
- ↳ Direcciones agrupadas por jerarquías de red, proveedores de acceso, proximidad geográfica, institución, etc...
- ↳ La estructura ayuda a encaminar (dispositivos de encaminamiento con tablas más simples y rápidas).
- ↳ Campo 1º: Prefijo de formato, identifica categorías de direcciones.

| Espacio de asignación | Prefijo (binario) | Fracción del espacio de direcciones |
|--|-------------------|-------------------------------------|
| Reservado | 0000 0000 | 1/256 |
| No asignado | 0000 0001 | 1/256 |
| Reservado para asignación de NSAP | 0000 001 | 1/128 |
| Reservado para asignación de IPX | 0000 010 | 1/128 |
| No asignado | 0000 011 | 1/128 |
| No asignado | 0000 1 | 1/32 |
| No asignado | 0001 | 1/16 |
| No asignado | 001 | 1/8 |
| Direcciones <i>unicast</i> basadas en proveedor | 010 | 1/8 |
| No asignado | 011 | 1/8 |
| Direcciones <i>unicast</i> basadas geográficamente | 100 | 1/8 |
| No asignado | 101 | 1/8 |
| No asignado | 110 | 1/8 |
| No asignado | 1110 | 1/16 |
| No asignado | 1111 0 | 1/32 |
| No asignado | 1111 10 | 1/64 |
| No asignado | 1111 110 | 1/128 |
| No asignado | 1111 1110 0 | 1/512 |
| Direcciones de uso de enlace local | 1111 1110 10 | 1/1024 |
| Direcciones de uso de zona local | 1111 1110 11 | 1/1024 |
| Direcciones <i>multicast</i> | 1111 1111 | 1/256 |

Tipos de direcciones IPv6.

- ↳ *Unicast* Identifica una interfaz.
 - ↳ De enlace local.
 - ↳ De zona local.
 - ↳ Globales basadas en proveedor.
 - ↳ Compatible IPv4.
 - ↳ De bucle.
- ↳ Monodistribución (*anycast*) Identifica un conjunto de interfaces. Paquete se entrega a la interfaz más cercana del conjunto (según medida de distancia del protocolo de encaminamiento). Tienen el mismo prefijo de formato que las *unicast*.
- ↳ Multidistribución (*multicast*) Identifica un conjunto de interfaces. Paquete se entrega a todas las interfaces identificadas.

Redes de Computadores (Plan 99). E.U.P. Linares. I.T³. Tema 7: Redes WAN (II)

| | | | | | |
|---|----------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------|
| 3 | n | m | o | p | 125-n-m-o-p |
| 010 | ID de registro | ID de proveedor | ID de subscriptor | ID de subred | ID de interfaz |
| Dirección <i>unicast</i> global basada en proveedor | | | | | |
| 10 | | | | n | 118-n |
| 111111010 | 0 | | | ID de interfaz | |
| Dirección de enlace local | | | | | |
| 10 | | | n | m | 118-n-m |
| 111111011 | 0 | | ID de subred | ID de interfaz | |
| Dirección de zona local | | | | | |
| 80 | | | 16 | 32 | |
| 000000.....000000 | | | XXXX | Dirección IPv4 | |
| Dirección compatible IPv4 | | | | | |
| n | | | | | 128-n |
| Prefijo de subred | | | | | 0000.....0000 |
| Dirección <i>anycast</i> subred-dispositivo de encaminamiento | | | | | |
| 8 | 4 | 4 | 112 | | |
| 11111111 | <i>Flags</i> | Ámbito | ID de grupo | | |
| Dirección <i>multicast</i> . | | | | | |

Pág. 7.37

Redes de Computadores (Plan 99). E.U.P. Linares. I.T³. Tema 7: Redes WAN (II)

7.2.4. Otros protocolos del nivel de red de redes TCP/IP.

ICMP, Protocolo de Mensajes de Control de Internet (RFC 792)

Realiza indicación de errores, control de flujo y funciones informativas para IP.

Características:

- ☞ Es un protocolo obligatorio.
- ☞ Sólo informa de errores de datagramas IP, no ICMP y sólo el primero si está fragmentado (no hace fiable a IP).
- ☞ Versiones ICMPv4 e ICMPv6 (RFC1885).
- ☞ Introduce una cabecera de 64 bits.
- ☞ IP encapsula unidades de datos ICMP.

| | | |
|----------------|------------------|---------------|
| Cabecera IP | Cabecera ICMP | Datos de ICMP |
|----------------|------------------|---------------|

Pág. 7.38

ARP y RARP (RFC826 Y RFC 903)

ARP traduce direcciones de red IP a direcciones MAC: se manda petición ARP a red y el dispositivo que reconoce su dirección IP devuelve una respuesta ARP con su dirección MAC.

RARP traduce direcciones MAC a direcciones IP: Un dispositivo que no conoce su dirección IP manda petición RARP y le responde un servidor RARP con su dirección IP.

OSPF (IGP) (RFC 1583)

Protocolo abierto del primer camino más corto, Protocolo de Gateway Interno, se usa como protocolo de dispositivo de encaminamiento interior: Calcula una ruta de coste mínimo a través del conjunto de redes según una métrica configurable.

Puede igualar cargas sobre múltiples caminos de igual coste.

7.3. Retransmisión de tramas: Frame-Relay. Introducción. Características.

Basado en el la transmisión de unidades de datos a nivel 2: Tramas.

Diseñado para eliminar coste de redes tipo X.25: No existe intercambio de tramas de datos y confirmaciones en cada uno de los enlaces del camino entre origen y destino. Diferencias con X.25:

- ☞ Señalización de control de llamadas por conexión lógica independiente a la de datos de usuario.
- ☞ Multiplexación y conmutación de conexiones lógicas en nivel 2.
- ☞ No hay control de flujo ni de errores a nivel de líneas individuales (opcional extremo a extremo por capas superiores).

Ofrece mayor potencia del proceso de comunicaciones, se reduce:

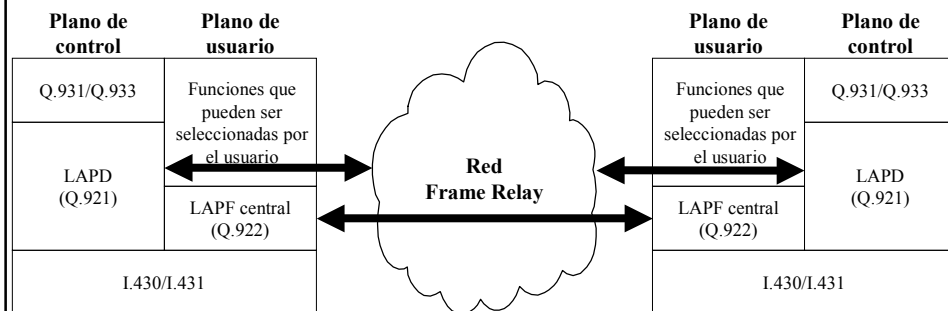
- ☞ La funcionalidad del protocolo para la interfaz usuario-red.
- ☞ El procesamiento interno de la red.

Ofrece menores retardos y mayor rendimiento: Permite velocidades de acceso de hasta 2 Mbps.

7.3.1. Protocolos y formatos Frame Relay

La arquitectura de protocolos presenta 2 planos de operación:

- ☞ Plano de Control (C). Relacionado con establecimiento y liberación de conexiones lógicas. Funcionalidad usuario-red.
- ☞ Plano de usuario (U). Responsable de la transferencia de datos de usuario entre abonados. Funcionalidad extremo-extremo.



Pág. 7.41

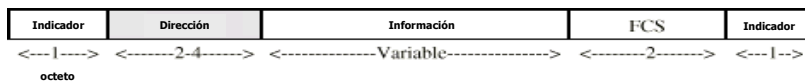
Plano de control

- Entre el usuario y la red.
- Se utiliza un canal lógico diferente:
 - Similar al de señalización por canal común para servicios de conmutación de circuitos.
- Capa de enlace de datos:
 - LAPD (Q.921)
 - Servicio de control de enlace de datos fiable.
 - Control de errores y de flujo.
 - Entre el usuario (TE) y la red (NT).
 - Se usa para el intercambio de mensajes de señalización de control Q.933.

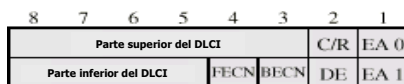
Pág. 7.42

Plano de usuario

- Transferencia real de información entre usuarios finales.
- LAPF (Procedimiento de Acceso al Enlace para Servicio en Modo Trama) Q.922:
 - Delimitación de tramas, alineamiento y transparencia.
 - Multiplexación/demultiplexación de tramas utilizando el campo de dirección.
 - Asegurar que la trama consta de un número entero de octetos (inserción/ extracción de bits cero).
 - Asegurar que la trama no es demasiado larga ni demasiado corta.
 - Detección de errores de transmisión.
 - Funciones de control de congestión.



(a) Formato de trama



(b) Campo de dirección - 2 octetos (por defecto)



(c) Campo de dirección - 3 octetos



(d) Campo de dirección - 4 octetos

- | | |
|------|---|
| EA | Bit de ampliación del campo de dirección |
| C/R | Bit de orden/respuesta |
| FECN | Notificación explícita de congestión hacia adelante |
| BECN | Notificación explícita de congestión hacia atrás |
| DLCI | Identificador de conexión de enlace de datos |
| D/C | Indicador DLCI o de control DL central |
| DE | Conveniencia de rechazo |

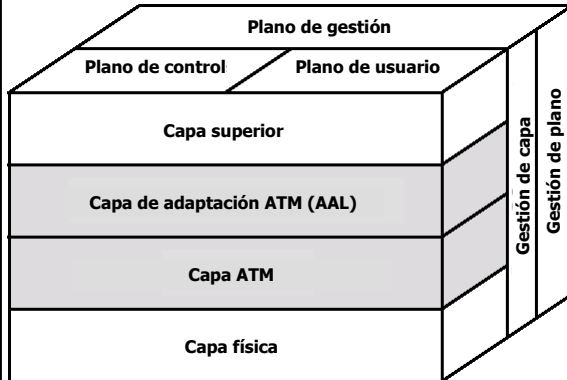
Formatos del protocolo central LAPF

- No existe campo de control:
 - Sólo hay un tipo de trama usada para datos de usuario (no hay tramas de control)
 - No hay señalización en banda. Sólo se transmiten datos.
 - No hay control de flujo ni de errores.
- Campo indicador y FCS como en LAPD y LAPB.
- Campo de información posee datos de niveles superiores puede implementar funciones adicionales transparentes a la red.
- Campo dirección de 2, 3 o 4 octetos posee:
 - DLCI: Identificador del circuito de datos de enlace, sólo tiene significado a nivel local, la red hace la conversión correspondiente.
 - Campos relacionados con el control de congestión.

7.4. Redes basadas en celdas: ATM. Introducción. Características.

- ↖ Tecnología de última generación que aprovecha características de los sistemas digitales modernos para aumentar velocidades.
- ↖ ATM (modo de transferencia asíncrono) es similar en muchos aspectos a la conmutación de paquetes:
 - ↖ Transferencia de datos en trozos discretos (celdas).
 - ↖ Multiplexación de varias conexiones lógicas (Conexiones de canal virtual, VCC) a través de una única interfaz física.
- ↖ En el caso de ATM, el flujo de información en cada conexión lógica se organiza en paquetes de tamaño fijo denominados celdas.
- ↖ Mínima capacidad de control de errores y de flujo, reduce:
 - ↖ Coste de procesamiento.
 - ↖ Bits suplementarios en celdas.
- ↖ Las velocidades de transmisión especificadas en la capa física van desde 25,6 Mbps hasta 622,08 Mbps.

7.4.1. Protocolos y formatos ATM.



↳ Plano de usuario:

↳ Permite la transferencia de información de usuario.

↳ Plano de control:

↳ Realiza funciones de control de llamada y de control de conexión.

↳ Plano de gestión:

↳ Gestión de capa:

↳ Funciones de gestión relativas a los recursos y a los parámetros residentes en las entidades de protocolo.

↳ Gestión de plano:

↳ Funciones de gestión relacionadas con un sistema como un todo.

Pág. 7.47

Niveles ATM

↳ **Capa ATM:** Común a todos los servicios de transferencia de paquetes, define la transmisión de datos en celdas de tamaño fijo y el uso de circuitos lógicos.

↳ **Capa AAL:** Dependiente del servicio, da soporte a protocolos de transferencia que no se basan en ATM:

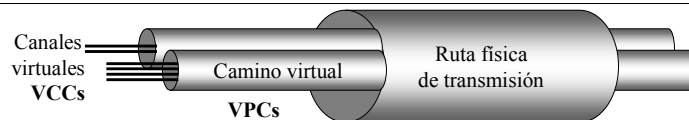
↳ Convierte la información de niveles superiores en celdas ATM para enviarlas a través de la red.

↳ Extrae la información de celdas ATM provenientes de la red para dársela a los niveles superiores.

Pág. 7.48

Conexiones de Caminos/Canales Virtuales: VCC/VPC

- ↖ **VCC**, Conexión de Canal Virtual: Conexiones lógicas en ATM, es la unidad básica de conmutación ATM, puede ser ETD-ETD, ETD-red o red-red.
- ↖ **VPC**, Conexión de Camino Virtual: Haz de VCCs con los mismos extremos, las celdas transmitidas a través de los VCCs de un VPC se conmutan conjuntamente.



Características de las VCC

Especificadas en la recomendación I.150 de ITU-T.

- ↖ Calidad de servicio ($Celdas_{Perdidas} / Celdas_{Tx}$, $\Delta Retardo_{Celdas}$)
- ↖ Conexiones de canales virtuales: conmutadas y semipermanentes.
- ↖ Integridad de la secuencia de celdas.
- ↖ Negociación de parámetros de tráfico y supervisión del uso.

Pág. 7.49

Características de las VPC

Especificadas también en la recomendación I.150 de ITU-T. Duplicadas para que el servicio de red gestione los requisitos que deba cumplir de forma flexible y se puedan negociar de forma independiente las características de VPCs y de los VCCs que pueda soportar. Son:

- ↖ Las mismas que las de los VCC.
- ↖ Restricción de identificador de canal virtual en una VPC, puede que no se permitan más identificadores de CV de usuario pero si de red para su gestión.

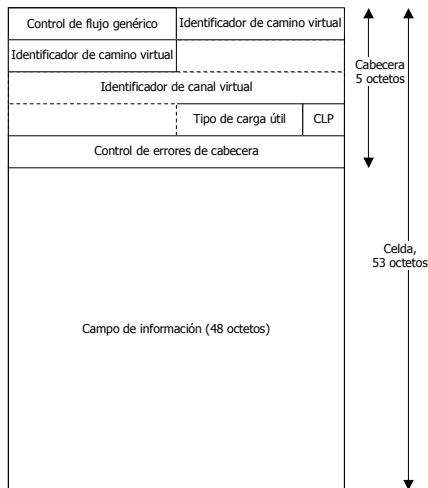
Señalización de control

Intercambio de información que permite establecer los mecanismos de establecimiento y liberación de VPC y VCC, se realiza en conexiones independientes. Especificado por ITU-T I.150.

Hay 4 métodos de establecer/liberar VCC y 3 métodos de establecer/liberar VPC.

Pág. 7.50

Celdas ATM



Formato de celda Interfaz usuario-red

- ↪ Tamaño fijo.
- ↪ 5 octetos de cabecera.
- ↪ Campo de información de 48 octetos.
- ↪ Celdas pequeñas pueden reducir el retardo de cola para celdas de alta prioridad.
- ↪ Celdas de tamaño fijo se pueden conmutar de forma más eficiente.
- ↪ Implementación física de mecanismos de conmutación es más fácil para celdas de tamaño fijo.
- ↪ El formato difiere para las celdas internas a la red.

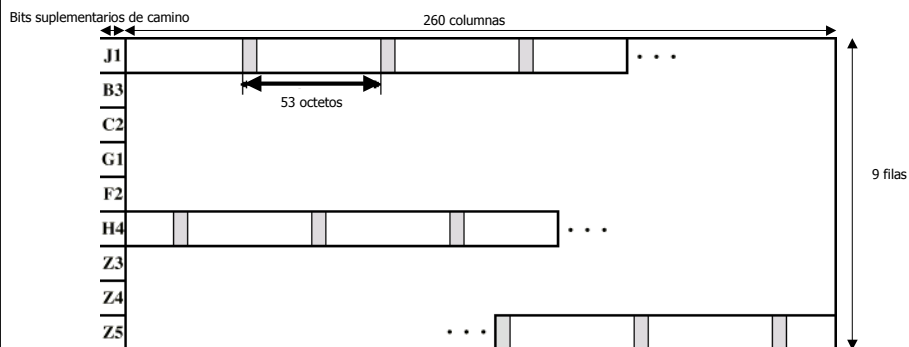
Formato de las cabeceras de las celdas. Campos:

- ↪ **GFC**, Control de flujo genérico: lleva a cabo el control de flujo de tráfico en la interfaz usuario-red para solucionar sobrecargas.
- ↪ **VPI**, Identificador de camino virtual: Campo para encaminamiento para la red de 8 bits (12 internamente, puede haber más caminos).
- ↪ **VCI**, Identificador de canal virtual: encamina a y desde usuario final.
- ↪ **PT**, Tipo de carga útil: Tipo de datos del campo información y características de la misma y su tráfico.
- ↪ **CLP**, Bit de Prioridad de pérdida de celdas: 0 indica celda de prioridad alta no descartable, 1 lo contrario, la red puede poner convertir un 0 en 1 si se excede de los valores acordados.
- ↪ **HEC**, Control de errores de cabecera: CRC generado con el polinomio X^8+X^2+X+1 que permite detectar errores en los 32 bits anteriores de la cabecera y corregirlos si son simples. También se usa para la sincronización de celdas.

Transmisión de celdas ATM

Se pueden transmitir a distintas velocidades (25,6, 51,84, 155,52 o 622,08 Mbps) empleando 2 estructuras:

- Basada en celdas, secuencia seguida de celdas de 53 octetos sincronizadas por el campo HEC.
- Basada en SDH (Synchrous Digital Hierarchy), Se crea una estructura formada por celdas ATM, depende de la velocidad.



Clases de servicios ATM

Las redes ATM están diseñadas para transmitir diferentes tipos de tráfico a la vez (voz, vídeo, ráfagas TCP, etc). Todos se transmite de la misma forma (celdas de 53 octetos a través de un CV) pero se gestiona de forma diferente según su naturaleza. Tipos de servicio:

Servicios de tiempo real:

- A velocidad constante (CBT), precisan velocidad constante y retardo máximo estable: Videoconferencia, audio interactivo, distribución de audio/vídeo, recuperación de audio/vídeo.
- A velocidad variable (rt-VBT), aplicaciones sensibles a retardos y modificaciones de este: vídeo comprimido (imágenes de tamaño vble)...

Servicios de no tiempo real:

- A velocidad variable (nrt-VBT), aplicaciones de no tiempo real pero con requerimientos de QoS: Reservas de vuelos, transacciones bancarias,...
- A velocidad disponible (ABT), aplicaciones a ráfagas mejoradas tendrán una velocidad entre 2 límites V_{\min} y V_{\max} , siempre se cumplirá V_{\min} .
- A velocidad no especificada (UBT), aplicaciones que toleran retardos se transmiten usando capacidad no usada por CBT y VBT, FTP, SMTP,...